

Bist du zu schwach, werden sie zu stark: Bakterien

Bakterien sind im Bewusstsein vieler Menschen vor allem „böse“. Doch im menschlichen Körper leben zahlreiche „gute“ Bakterien, die entweder harmlos oder sogar wichtig für seine Gesundheit sind. Wenn aber die Immunabwehr zu schwach ist, um eine übermäßige Vermehrung zu verhindern, können aus nützlichen Kommensalen Krankheitserreger werden.

Ziele Bakterien als heterotrophe, potenziell pathogene Organismen beschreiben; die symbiontische Beziehung zwischen Darmbakterien und Mensch erklären; Wechselwirkungen zwischen besiedelnden Bakterien und Immunabwehr erläutern

Der Mensch ist ein Biotop für zahlreiche Mikroben, darunter vor allem Bakterien. Manche besiedeln den Organismus nur vorübergehend (transiente Arten), andere dauerhaft. Die meisten dieser re-

sidenten Bakterien leben in Körperregionen, die in direkter Verbindung mit der Außenwelt stehen und ein reiches Angebot an organischen Nährstoffen bieten. Bevorzugte Siedlungsbereiche sind daher Darm und (Schleim-) Häute (► Material 3).

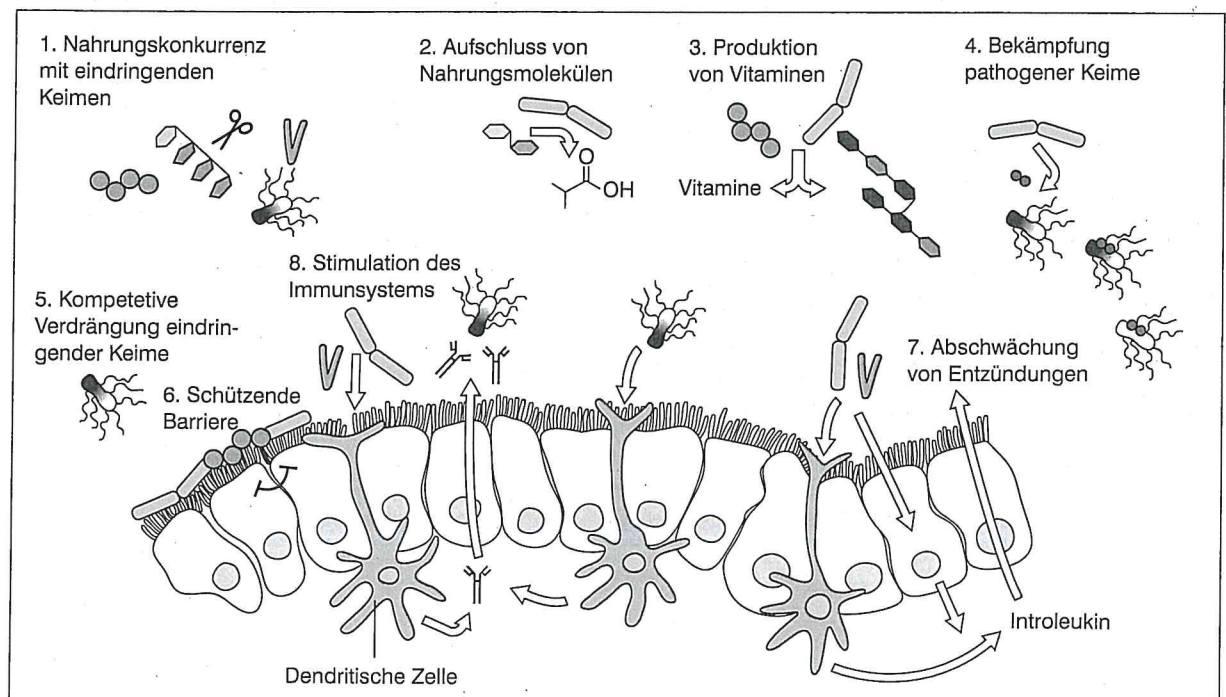
Das Bakterium *Staphylococcus aureus* besiedelt bei vielen Menschen die oberen Atemwege, die ihm relativ konstante Lebensbedingungen mit reichlich Sauerstoff bieten. Es ist normalerweise ein harmloser Kommensale, der sich auf den Wirt nicht nachteilig auswirkt und daher nicht medikamentös bekämpft werden muss (Nentwig 2004).

Der Darm des Menschen gilt als das am dichtesten besiedelte mikrobielle Ökosystem auf der Erde (Blech 2010). Ein erwachsener Mensch beherbergt in seinem Darm mehr als 10^{14} Mikroorganismen, die mehr als 2 kg wiegen. Darunter sind Hunderte verschiedene Bakterienarten, zwischen denen bei einem gesunden Menschen ein dynamisches, ausgewogenes Verhältnis besteht. Die Darmflora unterstützt die Verdauung der Nahrung (vor allem der

Zelluloseanteile) und stellt wichtige Stoffe bereit (z. B. Vitamin K und B-Vitamine wie Pantothen- und Folsäure). Die nützlichen Darmbakterien konkurrieren mit eindringenden pathogenen Bakterien um Siedlungsplatz und Nahrung und produzieren antimikrobielle Stoffe, die deren Wachstum hemmen (Abb. 1). Zusätzlich stimuliert die Darmflora auf noch nicht genau geklärte Weise die körpereigene Immunabwehr. Gegenüber residenten Bakterien besteht eine Immuntoleranz, Antigene auf fremden Mikroben lösen dagegen Immunreaktionen aus (Schumann 2011).

Die Bedeutung der Darmflora für den Menschen wird besonders deutlich, wenn diese gestört ist. Es werden Zusammenhänge mit grippalen Infekten, Allergien, Diabetes, Krebs und sogar mit depressiven Verstimmungen vermutet. Falsche Ernährung, Stress, vor allem aber die Einnahme von Antibiotika kann die Darmflora aus dem Gleichgewicht bringen. Penicillin hemmt selektiv die Zellwandsynthese und damit die Vermehrung vor allem grampositiver Bakterien. Wird auf diese Weise die resi-

1: Überblick über die Funktionen der Darmflora (nach O'Toole/Cooney 2008)



dente Mikroflora des Darmtrakts verringert, können sich opportunistische Mikroorganismen ausbreiten (Madigan 2009). Das kann Auswirkungen auf die Verdauung haben: Frei gesetzte bakterielle Toxine und unverdaute Zellulose, die osmotisch Wasser aus dem umliegenden Gewebe in das Darmlumen zieht, können Durchfälle auslösen.

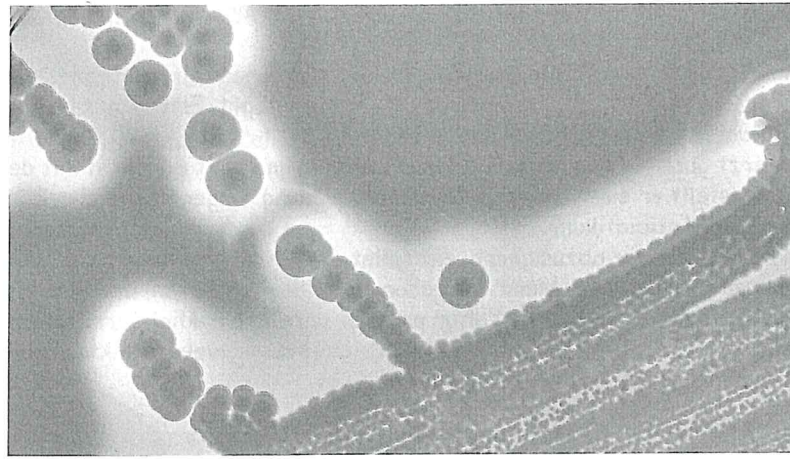
Auch die residenten und normalerweise harmlosen *Staphylococcus aureus*-Bakterien im Rachenraum können krank machen, wenn die Immunabwehr z. B. durch andere Infektionen, übermäßigen Alkoholgenuß, Rauchen, Drogenkonsum, schlechte Ernährung und Stress geschwächt ist und die Vermehrung der Bakterien nicht eindämmen kann. Dann können die Bakterien die schützende Schleimhaut durchdringen und das darunterliegende Gewebe infizieren. Bakterielle Exoenzyme greifen die Körperzellen an und versorgen die Bakterien mit Nährstoffen (Kattmann 2007). Der Übergang von einem vergleichsweise harmlosen, zur normalen Mikroflora des Menschen gehörenden Bakterium zu einem Opportunisten und schließlich zu einem Pathogen ist fließend und vom immunologischen Zustand des Wirts abhängig. Kommt die Immunabwehr mit dem Tod zum Erliegen, können sich die bakteriellen Kommensalen massenhaft vermehren.

Überlegungen zum Unterricht

Es ist davon auszugehen, dass die meisten SchülerInnen bereits Antibiotika gegen bakterielle Infektionen eingenommen haben. Der Unterricht liefert ihnen eine fachlich fundierte Erklärung für eine Alltagsbeobachtung: Durchfall zählt laut Beipackzettel zu den häufigsten Nebenwirkung einer Penicillin-Behandlung. Um die Wirkungsweise von Penicillin verstehen zu können, sollte den SchülerInnen der Bau pro- und eukaryotischer Zellen bekannt sein.

Die Information, dass der Mensch von „guten“ Bakterien besiedelt ist, widerspricht der Alltagsvorstellung von Bakterien als Krankheitserregern. Zur Lösung dieses kognitiven Konflikts kann man im Vorfeld die Bedeutung von Darmbakterien für die Verdauung bei Wiederkäuern, Pferden, Kaninchen und auch dem Menschen besprechen (Brauner 2002 in UB 278).

Die nutzbringende Wechselbeziehung zwischen Mensch und Bakterien vollzieht sich für die Lerner unsichtbar auf zellulärer Ebene. Lediglich Störungen



2: Kultur von *Staphylococcus aureus* auf einem Blutnährboden

Foto: MTECH

gen dieser Symbiose zeigen sich in Form von Krankheitssymptomen. Abklatschtestes von der Haut- oder Mundflora können die SchülerInnen für die Welt des sonst Unsichtbaren begeistern und das Ausmaß der Besiedlung veranschaulichen (Etschenberg 2010 in UB 359).

Bakterien als Krankheitserreger

1. Unterrichtsabschnitt

Das Fallbeispiel eines Patienten, der wegen Krankheitssymptomen zum Arzt geht, knüpft an Alltagserfahrungen und -vorstellungen der SchülerInnen an (► Material 1): Zur Abklärung der Diagnose untersucht der Arzt den Auswurf des Patienten mit dem Mikroskop. Damit richtet sich der Blick zunächst auf Bakterien als Krankheitserreger. Als Auslöser wird anhand der Form (Abb. 2) und bestimmter Eigenschaften (Zerstörung von Blutzellen) *Staphylococcus aureus* identifiziert. Die SchülerInnen fassen zusammen, wie Bakterien krank machen können.

Als Hausaufgabe berechnen die SchülerInnen, wie schnell sich Bakterien vermehren können (Lehmacher 2010 in UB 359, S. 23).

Bakterien als Symbionten

2. Unterrichtsabschnitt

Die Ergebnisse der Hausaufgabe werden verglichen. Anschließend wird das Fallbeispiel fortgesetzt (► Material 2A): Um die Vermehrung der Bakterien zu stoppen, nimmt der Patient ein Antibiotikum ein. Danach verschwinden zwar die Symptome der Lungenentzündung, aber der Patient klagt über Durchfall. Die SchülerInnen suchen nach einer Erklärung. Ihre Hypothesen werden anhand von Material 2B in Partnerarbeit überprüft. Es wird deutlich, dass das Penicillin auch nützliche symbiontische Bakterien im Darm schädigt. Damit wird

sowohl die Verdauung beeinträchtigt als auch Platz für eindringende schädliche Bakterien geschaffen.

Bakterien als Opportunisten

3. Unterrichtsabschnitt

Ein Säulendiagramm (► Material 3, Abb. 1) verdeutlicht die starke Besiedlung des menschlichen Körpers durch harmlose Bakterien. Zu ihnen gehört normalerweise auch *Staphylococcus aureus*, der den Rachenraum besiedelt. Aus Abb. 2 auf Material 3 leiten die SchülerInnen einen Zusammenhang zwischen der Stärke des Immunsystems (= Anzahl der Leukozyten) und der Bakterienzahl ab, die wiederum mit dem Erkrankungsrisiko korreliert ist. Das Fallbeispiel verdeutlicht, dass Stress die Funktion des Immunsystems beeinträchtigen kann, kommensale Bakterien eine Schwäche der Immunabwehr zur Vermehrung ausnutzen und dann krankmachen können.

Literatur

- Blech, J.: Leben auf dem Menschen. Die Geschichte unserer Besiedler. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg 2010
- Brauner, K.: Bakterien helfen bei der Verdauung. In: UB 278, 2002, S. 17–20
- Etschenberg, K.: Hände waschen? ... Hände waschen! In: UB 359, 2010, S. 10–16
- Kattmann, U.: Biologie-Lernen mit Alltagsvorstellungen. In: UB 329, 2007, S. 14–18
- Lehmacher, W.: Vorsicht: Salmonellen! In: UB 359, 2010, S. 21–27
- O'Toole, P. W./Cooney, J. C.: Probiotic Bacteria Influence the Composition and Function of the Intestinal Microbiota. In: Interdis. Pers. on Infect. Diseases. 2008, ID 175285. URL: www.hindawi.com/journals/ipid/2008/175285/
- Madigan, M. T./Martinko, J. M.: Brock Mikrobiologie. Pearson Studium, München 2009
- Schumann, W.: Biotop Mensch. In: Biologie in unserer Zeit 3, 2011, S. 182–189

Autorin

Helen Krause, geb. 1982; Studium der Fächer Biologie und Deutsch für das Lehramt an Gymnasien; 2. Staatsexamen 2011; derzeit Lehrerin an einer Gesamtschule in Köthen

Bakterien – klein, aber oho

Simon Westermann (15 Jahre) ist krank. Er hat Schüttelfrost, hohes Fieber und muss ständig husten, weil zäher Schleim seine Atemwege verstopft. Eingepackt in einen dicken Pullover und einen warmen Schal geht er zum Arzt.

Der Arzt guckt in den Rachen seines Patienten und hört die Brust mit dem Stethoskop ab. Danach stellt er eine Diagnose: Lungenentzündung. Dagegen verschreibt er Simon das Breitband-Antibiotikum Penicillin.

Um seine Diagnose abzusichern, entnimmt der Arzt für eine genauere Laboruntersuchung etwas abgehusteten Schleim. Im Labor, so erklärt er Simon, werde man mit den im Schleim vorhandenen Bakterien eine Kultur anlegen, um die Krankheitserreger zu identifizieren. Zuhause recherchiert Simon, was Bakterien sind und welche Bakterienarten als Auslöser der Lungenentzündung in Frage kommen.

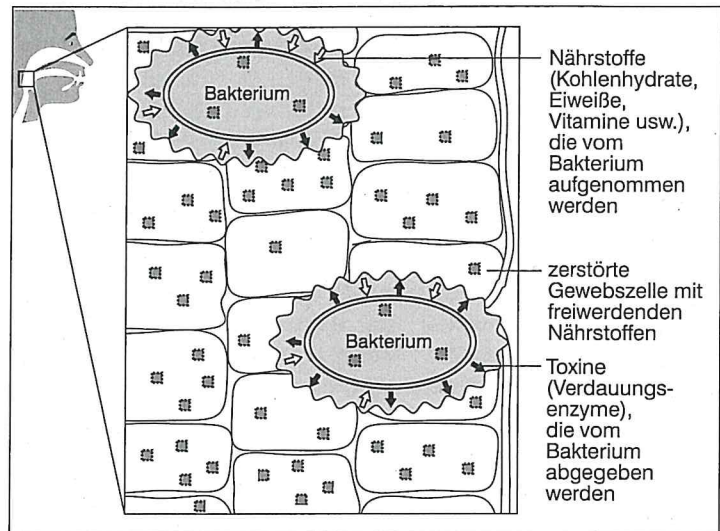


Search

bakterien

Bakterien sind einzellige Lebewesen.

Sie geben nach außen Verdauungsenzyme ab und nehmen die gelösten Nährstoffe anschließend auf. Außerdem produzieren viele Bakterien giftige Stoffe (Toxine). Sowohl die Verdauungsenzyme als auch die Toxine der Bakterien können den Körper schädigen und dadurch krank machen. Wenn Bakterien Krankheiten auslösen, bezeichnet man sie als pathogen (griechisch, *pathos*, = Leiden, Krankheit, *genesis* = Entstehung).



Bakterien lassen sich an ihrer Form unterscheiden: Es gibt rundliche Kokken, längliche Stäbchen und spiralförmige Bakterien. Manche Bakterienarten liegen überwiegend einzeln vor, andere bilden Ketten und Haufen.

Form	Beispiele
	<i>Streptococcus pneumoniae</i> (Erreger von Lungenentzündungen)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (Erreger von Lungenentzündungen)
	<i>Escherichia coli</i> (Auslöser von Darm- und Harnwegsinfektionen)
	<i>Borrelia burgdorferi</i> (Erreger von Borreliosen)

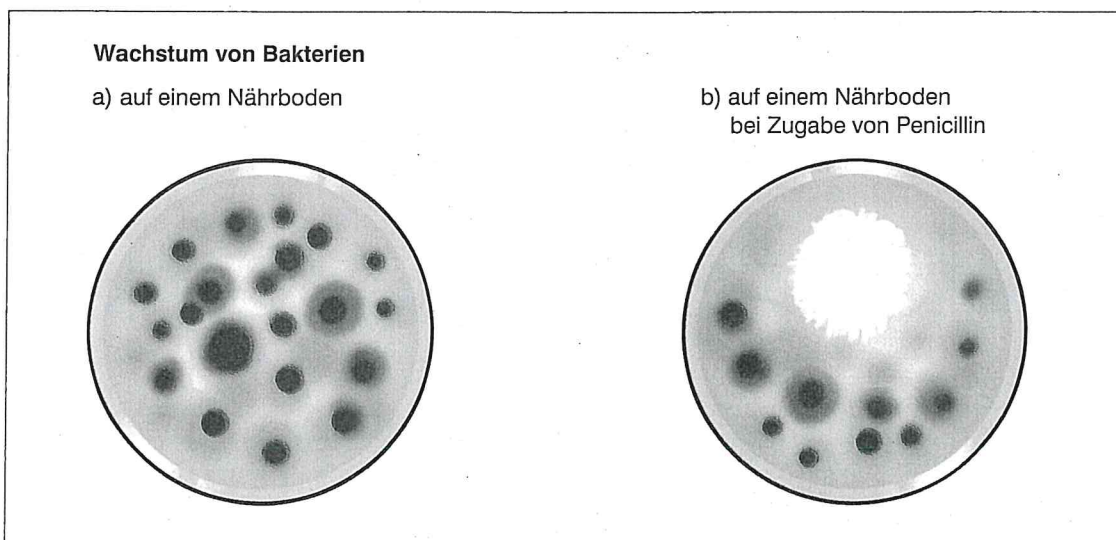
Ein paar Tage später geht Simon erneut zum Arzt, um das Ergebnis der Laboruntersuchung zu erfahren.

Aufgaben

- Im Labor wurden die Bakterien, die man aus Simons Probe isoliert hat, auf einem Blutnährboden gezüchtet. Laut Untersuchungsbericht handelt es sich um rundliche Kokken, die in Haufen wachsen. Benenne die Bakterienart, die Simons Erkrankung ausgelöst hat. *Staphylococcus aureus*.
- Die meisten Bakterien vermehren sich sehr schnell durch Teilung. Die Zeit, die von einer Zellteilung zur nächsten vergeht, nennt man **Generationszeit**. Die Bakterienart, die bei Simon nachgewiesen wurde, hat eine Generationszeit von 30 Minuten. Berechne, wie viele Bakterien innerhalb von 10 Stunden aus einer einzigen Bakterienzelle entstanden sind. $2^{24} = 16.777.216$.
- Beschreibe zusammenfassend, wie Bakterien krank machen können.

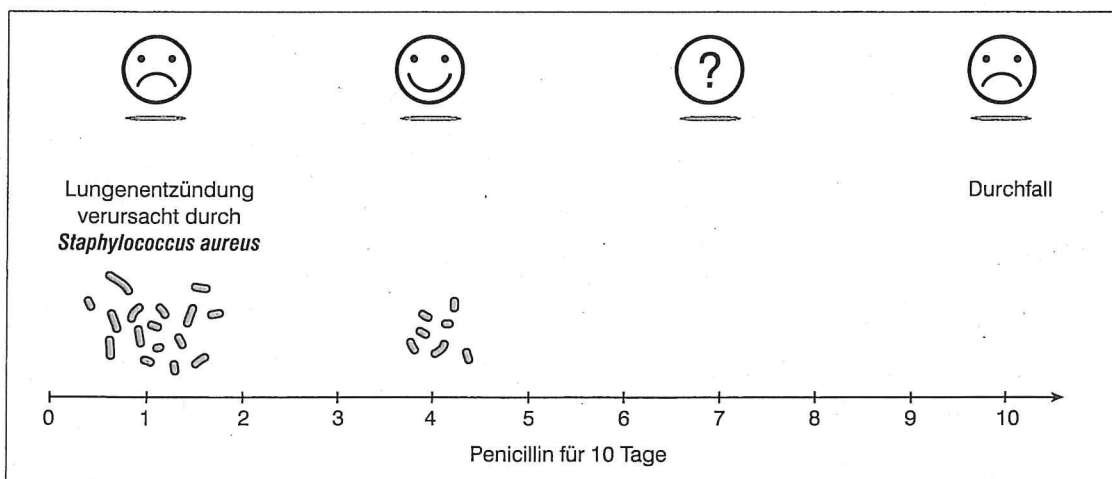
Die Krankengeschichte von Simon Westermann

Gegen den bakteriellen Erreger der Lungenentzündung nimmt Simon Westermann Penicillin. Der Arzt erklärt, wie dieses Antibiotikum wirkt: Es verhindert den Aufbau einer stabilen Zellwand (Abb. 1).



1: Wirkung von Penicillin auf Bakterienkolonien; jeder Punkt entspricht vielen Bakterien, die nur durch ihre große Anzahl mit bloßem Auge sichtbar sind

Der Arzt schärft Simon ein, dass er auch nach Abklingen der durch die Lungenentzündung verursachten Beschwerden das Penicillin weiternehmen muss. Bei zu kurzer Einnahme besteht die Gefahr, dass einige Bakterien überleben und die Krankheit erneut ausbricht. In den folgenden Tagen ändert sich Simons Gesundheitszustand (Abb. 2).



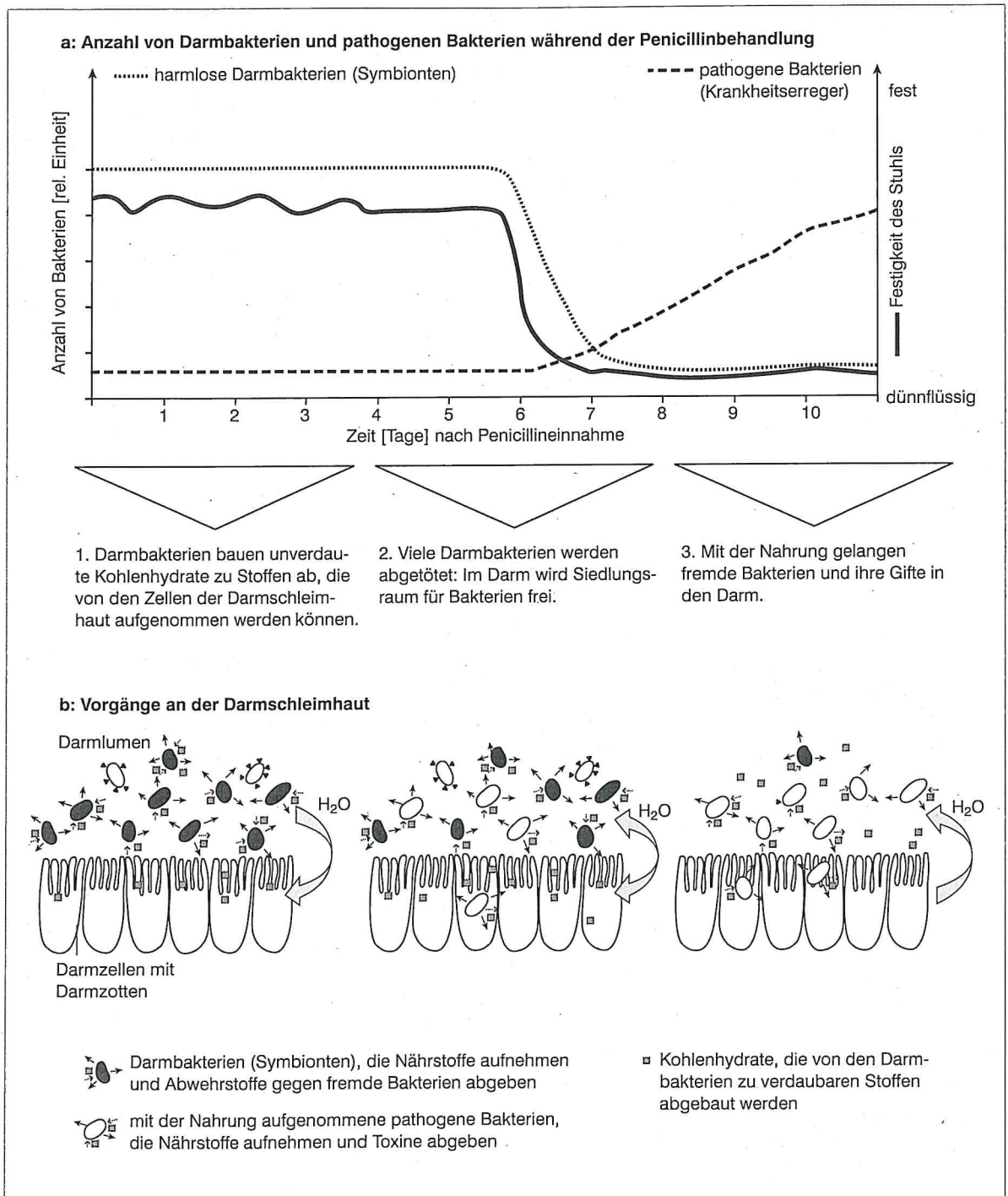
2: Simons Krankheitsverlauf

Aufgaben

1. Beschreibe die Wirkung von Penicillin anhand von Abb. 1.
2. Beschreibe Simons Krankheitsverlauf anhand von Abb. 2 und suche nach einer Erklärung

Die Darmflora

Als Darmflora wird die Gesamtheit der Bakterien bezeichnet, die den Darm des Menschen dauerhaft besiedeln. Im Darm jedes Menschen leben viele Millionen Bakterien. Dort finden sie reichlich Nahrung. Sie können auch Stoffe wie z. B. Zellulose verwerten und ihrem Wirt zugänglich machen, die der Mensch allein nicht verdauen kann. Durch ihre große Anzahl und die von ihnen abgegebenen Toxine verhindern die Darmbakterien, dass sich pathogene Bakterien ansiedeln, die mit der Nahrung in den Darm gelangen. Da sowohl der Mensch als auch die Bakterien einen Nutzen aus diesem Zusammenleben ziehen, spricht man von einer **Symbiose**.



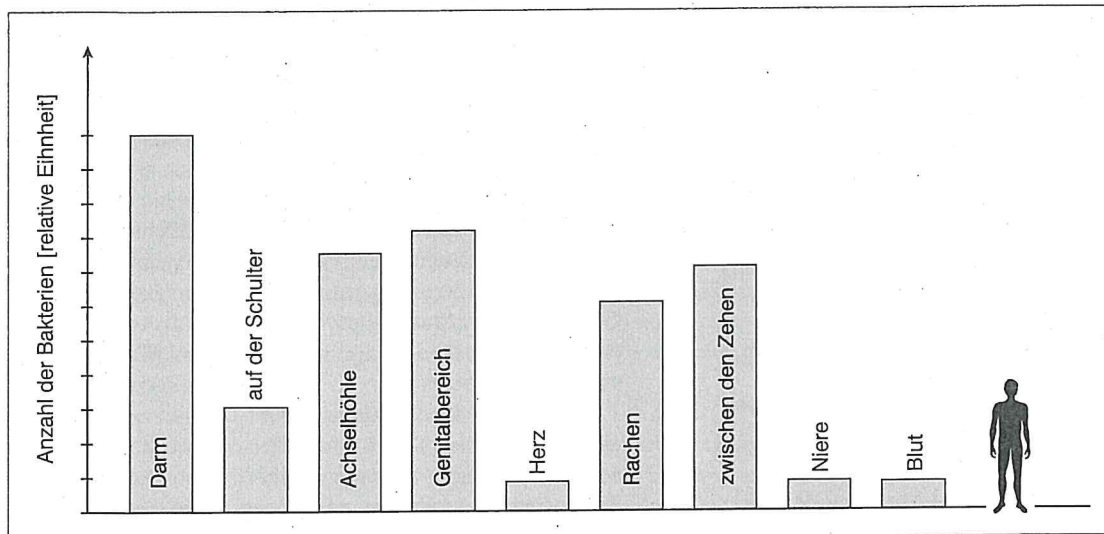
Was in Simon Westermanns Darm während der Penicillin-Behandlung geschieht

Aufgaben

1. Erläutere, wie sich die Behandlung mit Penicillin auf die Darmflora von Simon Westermann auswirkt.
2. Begründe, weshalb Simon Westermann durch die Penicillinbehandlung Durchfall bekommt.
 TIPP: So wie Mehl oder Stärke beim Kochen sehr flüssigen Soßen das Wasser entzieht, „saugen“ unverdaute Kohlenhydrate Wasser aus dem Gewebe in den Darm.

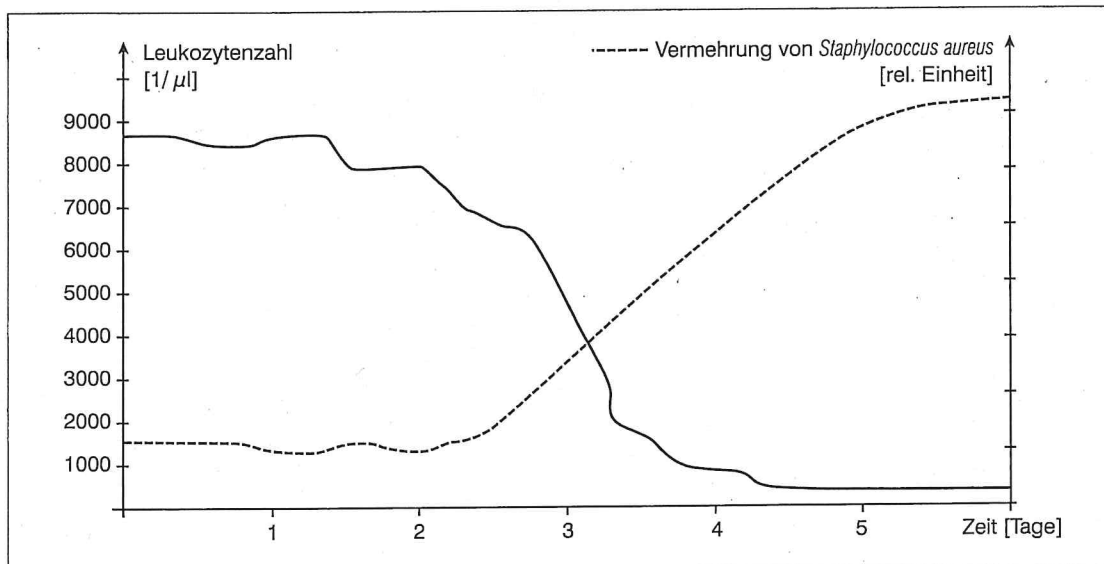
Bist du zu schwach, sind sie zu stark

Der Mensch besteht aus etwa 10 Billionen Zellen – auf jede dieser Körperzellen kommen etwa zehn Bakterien, die den Menschen besiedeln und von denen die überwiegende Anzahl harmlos sind. Die meisten Besiedler findet man dort, wo es warm und feucht ist, wo es reichlich Nahrung gibt und wo sie sich gut „festhalten“ können. *Staphylococcus aureus* gehört zur normalen Flora des Rachenraums.



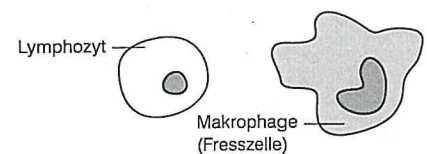
1: Bakterienbesiedlung des menschlichen Körpers

Simon geht es gerade nicht besonders gut: Seine Freundin hat sich von ihm getrennt. Außerdem muss er lauter Klausuren schreiben, deren Ergebnisse wichtig für seine Zeugnisnoten sind. Das bedeutet viel Stress!



2: Anzahl von *Staphylococcus aureus* in Abhängigkeit von Leukozytenzahl

Erinnere dich daran, dass zu den Leukozyten verschiedene Immunzellen mit unterschiedlichen Funktionen gehören.



Aufgaben

- Abb. 1 gibt an, an welchen Stellen des menschlichen Körpers viele bzw. wenige Bakterien leben. Begründe das unterschiedliche Vorkommen.
- Beschreibe die Beziehung zwischen der Anzahl der Immunzellen und der Bakterienzahl.
- Erörtere das Verhältnis zwischen Mensch und seinen bakteriellen Besiedlern.