

1. Die zwei Seiten der Bakterien: Helfer bei der unspezifischen Immunabwehr und Auslöser vieler Infektionskrankheiten

Nur eine kleine Anzahl der Bakterien lösen bei uns Erkrankungen aus. Viel mehr Bakterienarten sind als Krankheitserreger nicht relevant oder sogar leben mit uns in einer **Symbiose** zusammen:

- Im Darm helfen Bakterien beim Aufschluss der Nahrung im Darm. Sie erhalten dabei selbst wichtige Nährstoffe und konstante Umgebungsbedingungen.
- Milchsäurebakterien bauen den wichtigen Säureschutzmantel unserer Haut und Schleimhäute auf und sind somit ein wichtiger Bestandteil der unspezifischen Immunabwehr. Sie erhalten abgestorbenes organisches Material und Nährstoffe für ihren eigenen Stoffwechsel. Das Endprodukt ihres Stoffwechsels ist die Milchsäure, die sie in ihre Umgebung absondern.

Diese Symbiosen können aber leicht aus dem Gleichgewicht geraten, wenn das Immunsystem nicht mehr richtig arbeitet. Dann können selbst harmlose Symbionten Überhand gewinnen und Krankheiten auslösen, die bis zum Tod führen.

Die einfache Zellteilung der Bakterien ist viel weniger komplex als die Mitose und Cytokinese der Eukaryoten. Zur Steigerung der Replikationsgeschwindigkeit besitzen bakterielle **DNA-Polymerasen keine Fehlerkorrektur-Funktionen**. Das zeigt sich in der kurzen Generationszeit: Unter idealen Bedingungen können typische Bakterien sich alle 20 Minuten teilen! Die hohe Teilungsaktivität hilft den Bakterien, schnell in neuen Lebensräumen zu dominieren.

Zur Bekämpfung bakterieller Erkrankungen stehen die Antibiotika zur Verfügung. Vor allem durch den verantwortungslosen und nicht bestimmungsgemäßen Einsatz, beispielsweise in der Massentierhaltung und durch Patienten, die eigenmächtig und zu früh Antibiotikatherapien abbrechen verlieren diese Waffen an Wirkung.

Bakterienstämme die nahezu gegen alle bekannten Antibiotika resistent sind, bereiten Anlass zur Sorge. Weltweit sterben nach Schätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) jedes Jahr 1,3 Millionen Menschen an den Folgen von Antibiotikaresistenzen von Bakterienstämmen.

1.1 Entwickeln Sie eine Hypothese, weshalb ein verfrühter Abbruch der Antibiotikatherapie zu Resistenzen führen kann.



1.2 Auf dem Foto sind mehrere resistente Keime zu sehen: Die Papierplättchen wurden mit verschiedenartigen Antibiotika getränkt und auf einen Bakterienrasen, der aus dem Rachenbereich eines Patienten isoliert und angezchtet wurde, gelegt. Der Krankheitserreger ist gegen fünf der sieben Antibiotika resistent. Woran lässt sich die Resistenz der Keime erkennen? Q der

Abb.: wikicommos A: Uwe Gilte

1.3 Wie viel Nachkommen können sich innerhalb von 12 Stunden aus einem einzigen Bakterium unter optimalen Bedingungen entstehen? Berechnen Sie anhand der Angaben im Text.

2. Kennzeichen der Bakterien

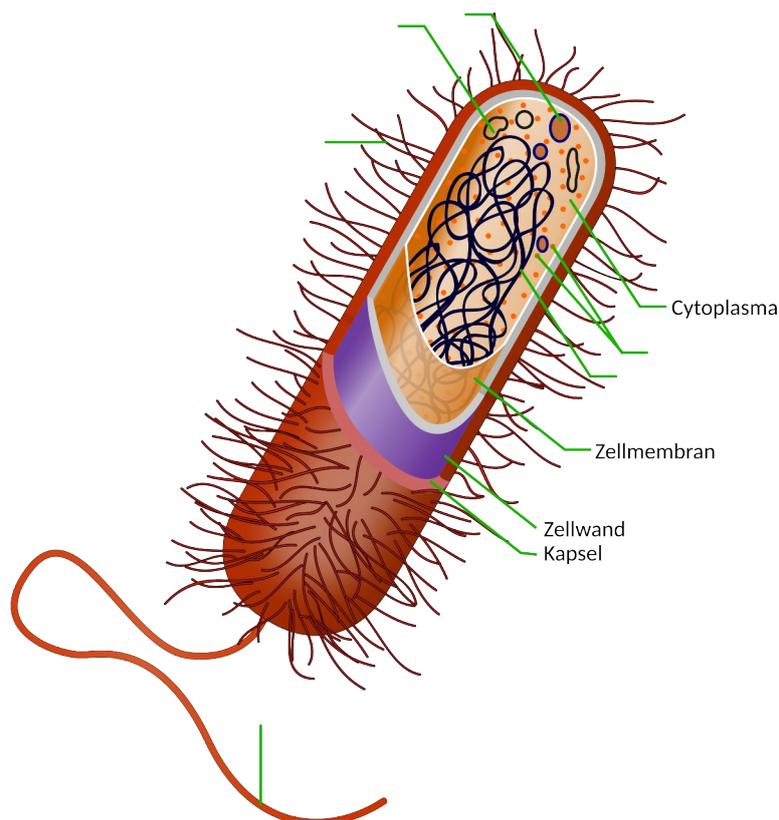
Bakterien besitzen keine Zellorganellen, nicht einmal einen Zellkern. Man spricht deshalb auch vom **prokaryotischen Zellen** („karyon“= gr. für Kern). Zur Erinnerung: Zellorganellen haben wir als kleine Zellbestandteile definiert, die von einer Zellmembran umgeben sind und nicht nur temporär auftreten. Die zahlreich vorkommenden **Bakterienribosomen** sind lediglich Protein-RNA-Partikel und nicht durch eine Membran begrenzt, also nach dieser Definition ebenfalls keine Zellorganellen. Auch die **Vesikel**, temporärer Einschlüsse durch eine Zellmembran, die beispielsweise bei einer Endocytose entstehen, sind demnach keine Zellorganellen. Hier gibt es aber auch Autoren, die solche Strukturen zu den Zellorganellen rechnen.

Der Zellmembran von Bakterien nach außen hin aufgelagert ist eine Bakterienzellwand. Sie besteht aus Murein. Wie ein dichtes Bändergeflecht umschließt die Zellwand die Zelle. Durch den hohen Innendruck im Cytoplasma, wird die Zellmembran von innen an dieses Geflecht gepresst. Ohne die Zellwand würden die Bakterienzellen aufgrund des hohen Innendrucks sofort platzen. Je nach Bakterienart werden nach außen hin zusätzliche Kapseln oder Schleimschichten ausgebildet. Viele frei lebenden Bakteriengesellschaften bilden einen gemeinsamen widerstandsfähigen Biofilm. Der Anhaftung

an Untergründe dienen auch kurze Proteinfortsätze, die **Pili** (singular: **Pilus**), wobei deren Anzahl je nach Bakterienart hoch variabel ist und auch fehlen kann. Diejenigen Bakterien, die zur aktiven Fortbewegung befähigt sind, besitzen meist eine **Bakteriengeißel**. Dieser Proteinfaden kann sich propellerartig drehen mit einem Antriebselement an der Basis, der sich noch im Zellinneren befindet.

Die DNA-Doppelhelix der Bakterien liegt frei im Cytoplasma. Sie besitzt in der Regel keine losen Enden, denn diese sind miteinander verbunden. Letzten Endes liegt also ein riesiger zusammengelegter DNA-Ring vor, der als **Bakterienchromosom** bezeichnet wird. Bei den meisten Bakterien gibt es weitere, allerdings viel kleinere DNA-Ringe, die **Plasmide**. Die Erbinformation auf den Plasmiden ist für das Bakterium nicht überlebenswichtig, es handelt sich vielmehr um optionale Informationen, die die Zelle zu besonderen Eigenschaften befähigt. So gibt es Plasmide mit Antibiotika-Resistenzgenen. Zellen die solche Plasmid besitzen, sind gegen die entsprechenden Antibiotika resistent, indem sie die Wirkstoffe beispielsweise enzymatisch abbauen können. Gegenüber anderen Bakterienzellen der gleichen Art, die diesen Bonus nicht besitzen, haben sie also einen klaren Wettbewerbsvorteil.

2.1 Beschriften Sie anhand des oberen Textes die folgende Abbildung.



3. Einzigartige genetische Eigenschaften machen Bakterien zu Gewinnern der Evolution

Als **vertikaler Gentransfer** wird die Weitergabe von Erbinformation an die Nachkommen bezeichnet. Das ist auch bei Bakterien der Standardfall. Die sich teilende Zelle gibt beispielsweise die Erbinformation an die Tochterzellen weiter. Da vorkommende Plasmide unabhängig vom Bakterienchromosom und häufig replizieren, liegen sie in der Zelle in vielfacher Kopie vor. Bei der Zellteilung bekommen daher beide Tochterzellen die DNA-Ringe also auch mitgegeben. Die Weitergabe der Plasmide kann jedoch auch auf anderem Weg erfolgen. Bei widrigen Umweltbedingungen, können die Basensequenzen in die große Bakterienchromosom-DNA integriert werden. Bei der Replikation des Bakterienchromosoms und der anschließenden Zellteilung bekommen die Tochterzellen die entsprechenden Gene als Bestandteil des Bakteriumchromosoms weitergegeben. Zu einem späteren Zeitpunkt können die Tochterzellen die DNA wieder als Plasmide ausgliedern.

Viel außergewöhnlicher ist der **horizontale Gentransfer**, zu dem die meisten Bakterien befähigt sind. Das bezeichnet eine Übertragung von genetischem Material von einem Organismus in einen bereits existierenden anderen Organismus hinein, der sie dann in ein Genom integriert und nutzt. Die Fähigkeit zum horizontalen Gentransfer gibt es fast ausschließlich bei den Bakterien und ist an ein besonderes Plasmid, dem **F-Plasmid** gekoppelt. Besitzt die Bakterienzelle das F-Plasmids kann sie eine Cytoplasmabrücke zu der Empfänger-Bakterienzelle ausbilden. Über diese wird Erbmateriale, zumindest das F-Plasmid selbst, meist aber auch andere Plasmide, Gene oder sogar ganze Bakterienchromosomen übertragen. Allgemein wird in der Mikrobiologie die Übertragung von DNA von einem Spender an einen Empfänger als **Konjugation** bezeichnet. Der horizontale Gentransfer ist nicht an die Vertreter einer Art gebunden. Konjugation kann auch zu artfremden Bakterien erfolgen, so dass über die Artgrenze hinweg beispielsweise Antibiotika-Resistenzen erworben werden können.

Bakterien besitzen auch andere verblüffende genetische Flexibilität: So können einige Bakterien DNA von toten Bakterien, darunter sogar auch fossile DNA, in das eigene Genom integrieren. Die Aufnahme von freier DNA aus der Umgebung durch dazu befähigte Bakterienarten wird als **Transformation** bezeichnet.

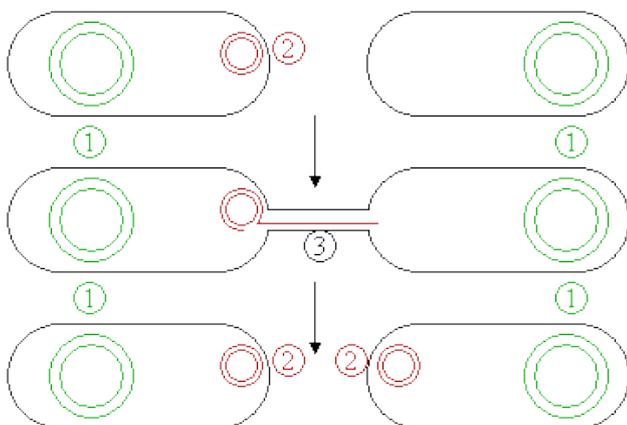


Abb. 3.1: Schematische Darstellung bakterieller Konjugation. (1) Chromosomale DNA. (2) Plasmide. (3) Plasmabrücke. cc