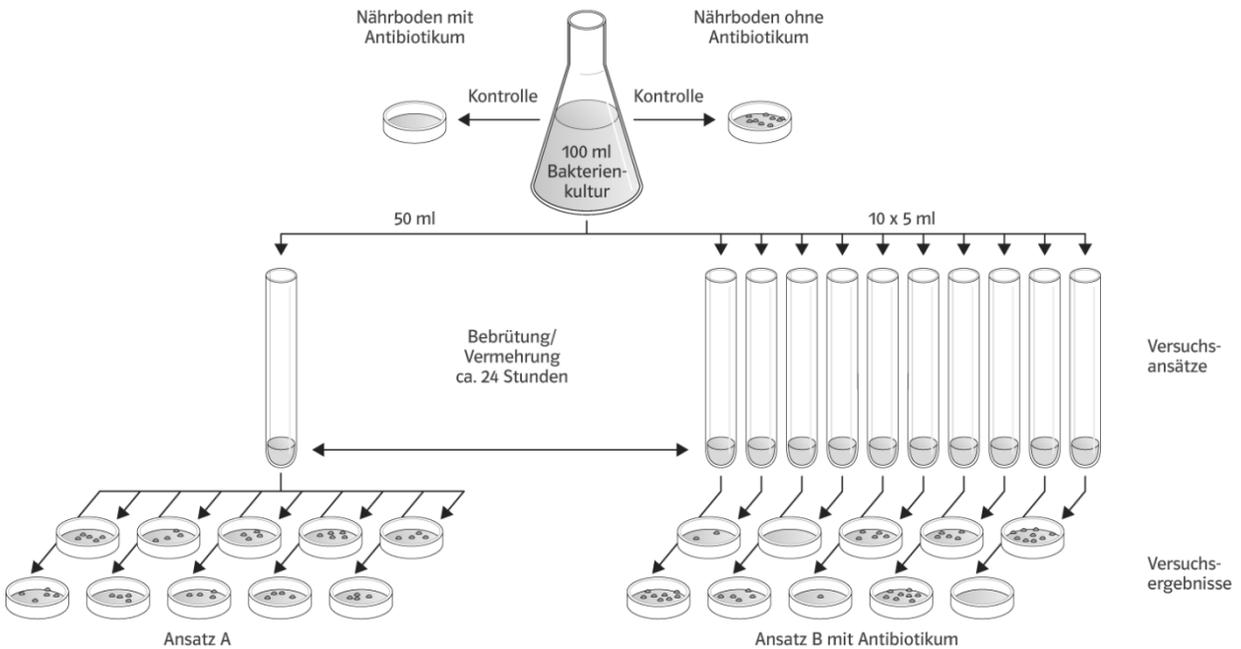


Die Evolution geht weiter!

Im Jahr 1926 entdeckte der britische Bakteriologe Sir Alexander Fleming (1881 – 1955) durch Zufall, dass der Schimmelpilz *Penicillium notatum* eine Substanz absondert, die Bakterien abtötet. Später fand man heraus, dass er deren Zellwand zerstört. Damit begann das Antibiotika-Zeitalter. Bereits einige Jahre später wurde der „Sieg über die Seuchen“ angekündigt – leider ein Irrtum, wie man heute weiß. Unsere wichtigste Waffe gegen bakterielle Infektionen wird zunehmend stumpf.

Anhand dieses Beispiels kann gezeigt werden, dass die Evolution keineswegs abgeschlossen ist, sondern stetig voranschreitet. Mit dem folgenden Experiment, dem sogenannten *Fluktuationstest*, soll die Frage beantwortet werden, wie Antibiotika-Resistenzen entstehen.



1 Fluktuationstest

<p>Hypothese I</p> <p>Die Bakterien könnten durch den Kontakt mit dem Antibiotikum resistent werden, d. h. sie müssen die Fähigkeit erlangen, den Wirkstoff unwirksam werden zu lassen und diese Fähigkeit an ihre Nachkommen weitergeben.</p> <p>Eine solche Vorstellung kann man als Instruktionstheorie bezeichnen, da die Bakterien anscheinend durch das Antibiotikum instruiert werden, die Resistenz zu entwickeln.</p>	<p>Hypothese II</p> <p>Es könnte auch bereits vor dem Einsatz des Antibiotikums dagegen unempfindliche (resistente) Bakterien gegeben haben. Diese Eigenschaft zeigt sich dann erst beim Einsatz des Stoffes, indem die nicht resistenten Bakterien abgetötet werden und sich nur die resistenten Bakterien weiter vermehren können.</p> <p>Diese Theorie könnte man als Selektionstheorie bezeichnen, da eine Selektion bezüglich einer auf genetischer Grundlage beruhenden vorteilhaften Eigenschaft geschieht.</p>
---	---

2 Hypothesen zur Resistenzentstehung

- 1 Beschreiben Sie die Durchführung und das Ergebnis des Fluktuationstests (Fluktuation = Schwankungen).
- 2 Entscheiden Sie, ob die Instruktions- oder die Selektionstheorie für den Erwerb der Antibiotikaresistenz zutrifft (Abb.2) und begründen Sie Ihre Entscheidung.
- 3 Stellen Sie dar, wie das Versuchsergebnis aussehen müsste, wenn die andere Theorie korrekt wäre.
- 4 Ordnen Sie die Instruktions- und Selektionstheorie den Evolutionstheorien von Lamarck und Darwin zu und begründen Sie Ihre Zuordnung.

ARBEITSBLATT

Die Evolution geht weiter!

Lösungen

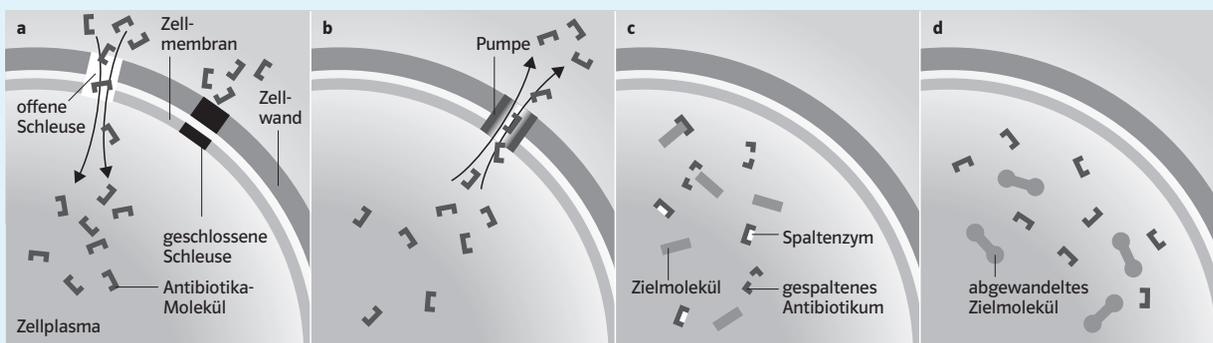
- 1 Durchführung: Von einer Bakterienkultur, in der keine Resistenzen gegen ein bestimmtes Antibiotikum vorkommen, werden 100 ml auf zwei Versuchsansätze verteilt: Beim Ansatz A werden 50 ml in einem Kulturgefäß belassen. Beim Ansatz B werden 50 ml auf 10 Kulturröhrchen zu je 5 ml Lösung verteilt. Dann werden die Ansätze ca. 24 Stunden bebrütet, sodass sich die Bakterien vermehren. Danach werden vom Ansatz A jeweils Proben auf 10 Nährböden mit Antibiotikum aufgebracht, ebenso von den 10 Einzelproben von Ansatz B. Ergebnis: Bei Ansatz A sind insgesamt 43 Kolonien entstanden, die auf allen Nährböden etwa gleichmäßig verteilt sind. Bei Ansatz B sind insgesamt 44 Kolonien entstanden (also etwa gleich viele wie bei Ansatz A), allerdings ungleichmäßig verteilt; auf einige Nährböden finden sich gar keine Kolonien, während auf anderen unverhältnismäßig viele (bis zu 10) zu finden sind.
- 2 Die starke Streuung („Fluktuation“) der Anzahl resistenter Bakterienkolonien bei Ansatz B widerlegt die Annahme, dass die Resistenz durch den Kontakt mit dem Antibiotikum zustande kommt. Die resistenten Bakterien entstehen während der Vermehrungsphase; die unterschiedliche Anzahl resultiert aus der zufällig unterschiedlichen Häufigkeit dieses Prozesses — es trifft also eindeutig die Selektionshypothese zu.
- 3 Würde die Instruktionstheorie zutreffen, müssten die resistenten Kolonien auch bei Ansatz B auf allen Nährböden etwa gleich häufig vorkommen (wie bei Ansatz A).
- 4 Instruktionstheorie: Theorie von LAMARCK. Durch den inneren Drang nach Anpassung an die Lebensbedingungen kommt es zum stärkeren Gebrauch bzw. Nichtgebrauch eines Körperteils, wodurch sich dieser stärker ausprägt bzw. zurückbildet. Diese Eigenschaft wird dann an die Nachkommen weitergegeben. Im Experiment bedeutet das, die Bakterien passen sich aktiv an das Vorhandensein des Antibiotikums an und entwickeln die Resistenz, die sie dann an Ihre Nachkommen weitervererben.
Selektionshypothese und Theorie von DARWIN: Durch zufällige Mutationen gibt es verschiedene Varianten aller Lebewesen. Im vorliegenden Fall entstand durch Mutationen die Resistenz gegen das Antibiotikum und damit ein Selektionsvorteil auf den Nährböden mit Antibiotikum. Sie konnten sich weiter vermehren, während die nicht resistenten Bakterien abstarben.

Zusatzinformation

Schützende Wirkung der Resistenz-Gene

Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, wie Resistenz-Gene ihre schützende Wirkung entfalten. Gemeinsam haben alle Mechanismen, dass das Bakterium durch das zusätzlich vorhandene Gen eine Veränderung im Phänotyp aufweist, durch die es in die Lage versetzt ist, trotz Vorhandensein des Antibiotikums zu überleben. In der Abbildung 1 werden die vier häufigsten Wirkmechanismen dargestellt.

- a) Die Bakterien können sich schützen, indem sie den Antibiotikum-Molekülen den Eintritt in die Zelle verwehren. Das Resistenz-Gen bewirkt in diesem Fall also den Umbau einer Schleuse (Carrier- bzw. Kanalprotein).
- b) In einem anderen Fall kann es zur Neubildung von Carriern bzw. Pumpen kommen, die die eingedrungenen Moleküle aktiv wieder aus der Zelle entfernen.
- c) Das Resistenz-Gen führt häufig zur Bildung von speziellen Enzymen, die Antibiotikum-Moleküle spalten und damit unschädlich machen.
- d) Der vierte Mechanismus zeigt, dass die bakteriellen Strukturen, die im Normalfall durch das Antibiotikum angegriffen werden, derart verändert sein können, dass das Antibiotikum keine Angriffsfläche mehr findet.



1 Schutzmechanismen gegen Antibiotika