Rebecca Meredith,
Meike Wittmann und
Pleuni Pennings

5.5 Lösungen zu den Unterrichtsmaterialien

Material 1: Fallstudie – Malaria-Bekämpfung in Südostasien: mit medizinischem und evolutionärem Sachverstand!

Aufgabe 1

Tabelle 5.1 (in Unterrichtsmaterialien) nennt eine Reihe von Faktoren, die das Auftreten von Medikamentenresistenzen erst ermöglichen. Überlegt, wie sich die Faktoren evolutionsbiologisch auswirken können. Bearbeitet die Aufgabenstellung in Partner- oder Kleingruppen.

Tab. 5.5: Lösung zu Faktoren, die bei Malaria das Auftreten von Medikamentenresistenzen erst ermöglichen

Faktor	Evolutionsbiologie
natürliche Selektion (U1)	Resistenzen werden in der Regel durch Mutationen im Genom des Malaria-Erregers *Plasmodium* verursacht. Eine Unempfindlichkeit ist hier ein Selektionsvorteil und erlaubt es, sich in Anwesenheit eines Wirkstoffs zu vermehren. Die empfindlichen Erreger werden weiterhin abgetötet, sodass nur noch resistente Erreger vorhanden sind, die dann von Wirt zu Wirt übertragen werden können.
qualitativ schlechte Medikamente (U2)	Kommt es zu einer eingeschränkten Medikamentenwirkung, begünstigt diese wiederum die Selektion resistenter Parasitenstämme. Es ist denkbar, dass einzelne Erreger mit reduzierten Wirkstoffkonzentrationen besser zurechtkommen, d. h., sie haben eine höhere Fitness. Sie vermehren sich rascher und effektiver und setzen sich unter diesem Selektionsdruck besser durch.
Einwirkstoff-Therapie (U3)	Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Malaria-Erreger gegenüber nur einem Wirkstoff tolerant wird, ist viel höher als bei sogenannten Kombinationstherapien. Dies hängt mit den unterschiedlichen Resistenzmechanismen zusammen, die durch verschiedene Gene kodiert werden. Für die Entwicklung einer Resistenz müssten hier nämlich zwei oder mehr Gene gleichzeitig mutieren, was viel unwahrscheinlicher ist. Kombinationstherapien sind daher auch dann noch erfolgreich, wenn der Erreger bereits gegen einen Wirkstoff resistent geworden ist.
Migration und Tourismus (U4)	Erreger, die gegen ein Medikament resistent sind, das in einer anderen Region der Welt erfolgreich bei den dort vorkommenden Stämmen eingesetzt wird, haben einen großen Selektionsvorteil und breiten sich – häufig unbemerkt – sehr schnell aus.

Aufgabe 2

Lies den kurzen Infotext über Malaria in Kambodscha und informiere dich mithilfe des Materials über die geografischen und klimatischen Verhältnisse in diesem südostasiatischen Land.

Individuelle Schülerleistung

Aufgabe 3

Alarmiert von dem hohen Anteil an resistenten Erregern, hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Sofortmaßnahmen ergriffen.

Wenn du WHO-Berater wärst, wie würdest du die kambodschanische Regierung unter Berücksichtigung deines medizinischen und evolutionsbiologischen Wissens beraten?

Orientiere dich bei deinen Überlegungen an Tabelle 5.2 (in Unterrichtsmaterialien). Bedenke zudem, dass unter Umständen weitere, nicht medizinische Faktoren von Bedeutung sein können, um die Malaria erfolgreich zu bekämpfen!

Tab. 5.6: Lösungen und Anmerkungen zu den empfohlenen Maßnahmen zur Bekämpfung der Malaria und resistenter Malaria-Erreger in Kambodscha

Ziel	empfohlene Maßnahmen
Eliminierung Artemisinin-resistenter Parasiten in den besonders betroffenen Gebieten beziehungsweise Durchbrechung des Infektionszyklus Mensch – Mücke – Mensch	■ Verbot von Artemisinin-Monotherapien: Dies wurde in Kambodscha im März 2009 gesetzlich geregelt. Zudem werden alle privaten Apotheken und Medikamentenverkäufer regelmäßig vom Staat kontrolliert. ■ Verteilung von Mückennetzen und Insektiziden
Absenkung des Selektionsdrucks für die Ausbildung von Artemisinin-Resistenzen	■ Verwendung anderer Antimalaria-Medikamente: Soweit diese vorhanden und für die betroffenen Menschen bezahlbar sind. Hierdurch kommt es zur Absenkung des Selektionsdrucks für die Ausbildung von Artemisinin-Resistenzen.
Verhinderung von Neuinfektionen mit resistenten Erregern	■ Monitoring von Neuinfektionen: Durch ein engmaschiges Erfassungsverfahren wird erreicht, dass nicht unbemerkt Neuinfektionen auftreten. ■ Monitoring von bestimmten Patienten: Patienten, bei denen die Medikamente nach dem 3. Tag nicht anschlagen, werden hinsichtlich einer möglichen Medikamentenresistenz untersucht.
Verhinderung der Verbreitung resistenter Erreger in andere Landesteile	■ Monitoring von Neuinfektionen: Durch ein engmaschiges Erfassungsverfahren wird erreicht, dass nicht unbemerkt Neuinfektionen auftreten. ■ Monitoring bestimmter Personengruppen: Gezielte Untersuchung von Personengruppen, die häufig ihren Arbeits- und Wohnort wechseln.

Tab. 5.6: Lösungen und Anmerkungen zu den empfohlenen Maßnahmen zur Bekämpfung der Malaria und resistenter Malaria-Erreger in Kambodscha

Ziel	empfohlene Maßnahmen
bessere Aufklärung der Bevölkerung	■ Aufbau eines effektiven Beratungssystems: Nur ein Verständnis der Entstehung und des Schutzes vor medikamentenresistenten Malaria-Erregern kann dauerhaft vor einer Zunahme der Resistenzen schützen. Hierzu zählt die Rekrutierung und Ausbildung von sogenannten *village malaria workers*, die direkt vor Ort eine Diagnose und Behandlung von Malaria-Fällen durchführen können. ■ Beratung zum Mückenschutz: Beratung und Aufklärung ist nicht nur hinsichtlich der Medikamentenverwendung, sondern auch des Einsatzes von Mückennetzen erforderlich. Lediglich 70 % der in Dörfern verteilten Netze werden regelmäßig nachts verwendet, bei Wanderarbeitern nur 65 % (Stand 2009; WHO 2010c).
Steigerung der Effektivität des staatlichen Gesundheitswesens, zum Beispiel schnellere Information über neue Resistenzfälle	■ Aufbau entsprechender online-Systeme ■ präzise räumliche Erfassung neuer Fälle mithilfe von GPS-Systemen ■ schnelle Information über neue Fälle durch SMS-Systeme

Material 2: Das „Antibiotika-Dilemma" – ein Spiel über den Wettlauf zwischen Medikamentenwirkung und bakteriellen Krankheitserregern

Aufgabe 4

Der Infotext (in Unterrichtsmaterialien) beschreibt die Ausgangssituation und nennt die möglichen Haftstrafen in Abhängigkeit des Verhaltens der Gefangenen. Übertrage diese zunächst in Tabelle 5.3 (in Unterrichtsmaterialien).

Tab. 5.7: Lösung zum Strafmaß für die zwei Gefangenen (A und B), je nach ihrem Verhalten

	B schweigt			B gesteht		
	Strafe (in Jahren)		Σ	Strafe (in Jahren)		Σ
A schweigt	für A 2	für B 2	4	für A 6	für B 1	7
A gesteht	für A 1	für B 6	7	für A 4	für B 4	8

Aufgabe 5

Betrachte in allen vier Fällen die Gesamtsumme der Haftstrafen.

a Welches Verhalten ist das günstigste?

Individuelle Betrachtung: Es ist günstiger zu gestehen, wobei hier das Verhalten des Komplizen über das eigene Strafmaß mitentscheidet: Gesteht er oder schweigt er?

b Welche Schlussfolgerungen kannst du hinsichtlich der unterschiedlichen Strategien der Gefangenen ziehen?

Das Gefangenendilemma beruht darauf, dass die kollektive und individuelle Analyse zu unterschiedlichen Handlungsempfehlungen führt. Das heißt, dass das Strafmaß eines Gefangenen somit nicht nur von der eigenen, sondern auch von der Entscheidung seines Komplizen abhängt.

Aufgabe 6

Angenommen, die Gefangenen hätten kurz die Möglichkeit, ihr Vorgehen abzusprechen. Wie würde diese Kommunikation das Ergebnis verändern?

Kollektive Betrachtung: Es ist für beide vorteilhafter zu schweigen, denn jede andere Kombination aus Gestehen und Schweigen führt zu einem höheren Strafmaß für einen von beiden.

Aufgabe 7

Das Gefangenendilemma der Antibiotika-Resistenzen: Auch hier gibt es zwei Möglichkeiten, für die sich die Ärzte A und B entscheiden können. Entweder sie setzen sich für, teilweise kostenintensive, Maßnahmen ein, auftretende Resistenzen zu bekämpfen. Oder aber sie ignorieren dieses Problem, indem sie Antibiotika weiterhin in hohem Maß verschreiben.

Übertrage deine bisherigen Erkenntnisse auf die in Tabelle 5.4 (in Unterrichtsmaterialien) dargestellte Situation.

Tipp**:** Was geschieht in den weißen, was in den grauen Feldern aus Sicht von A und B?

Tab. 5.8: Lösung zum Gefangenendilemma der Antibiotika-Resistenzen

	B bekämpft Resistenzen	**B ignoriert Resistenzen**
A bekämpft Resistenzen	Auftreten und Verbreitung werden weitgehend verhindert.	Auftreten und Verbreitung können nicht verhindert werden. Investitionen von A werden vergeudet.
A ignoriert Resistenzen	Auftreten und Verbreitung können nicht verhindert werden. Investitionen von B werden vergeudet.	Das Resistenzproblem nimmt dramatisch zu.

Aufgabe 8

Wie bewertest du den Einfluss von Kommunikation auf das jeweilige „Strafmaß“, d. h. die Verhinderung weiterer Antibiotika-Resistenzen?

In dieser Anwendung des Gefangenendilemmas kommt der Kommunikation zwischen A und B eine größere Bedeutung zu als in der ursprünglichen Variante, da hier die Chance besteht, dass das Auftreten neuer Resistenzen komplett verhindert wird.