

Das Malariaprojekt

Copyright 2002, EMBL

Unterrichtspaket für höhere Schulen

vom Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie

Ausgearbeitet im Rahmen des EIROFORUM/EU-Projekts
„Couldn't Be Without It“,
im September 2002

Zusätzliches Material finden Sie auf den
beiden Begleit-CD-ROMS.

**In Kürze wird dieses Paket auch in Französisch, Deutsch und Italienisch
auf den Projekt-Websites zur Verfügung stehen:**

www.cern.ch/scitech
www.embl-heidelberg.de/education

Danksagungen:

Zahlreiche Organisationen, Unternehmen und Personen, gestatteten uns freundlicherweise, ihr Material in diesem Buch und auf der CD-ROM zu nutzen.

Unser Dank gilt:

der Australian Broadcasting Corporation und ABC Online für die Genehmigung, ihr Radioprogramm „The hunt for a malaria vaccine“ zu verwenden, das erstmals am 27. Juli 2002 in der von Wendy Carlisle produzierten „The Science Show“ auf ABC Radio National gesendet wurde. Dieses Programm und andere Features kann man unter: <http://www.abc.net.au/rn/science/ss/features/suitcase/png/default.htm> anhören;

WW Norton and Co., Inc. für die Genehmigung, umfangreiche Auszüge aus „THE MALARIA CAPERS: Tales of Parasites and People“ von Robert S. Desowitz, Copyright © 1991 Robert Desowitz, zu verwenden;

der Wellcome Library, London, für die Bilder zur Geschichte der Malariaforschung, die auf dem Cover und den Seiten 4, 26 und 68 abgebildet sind;

dem Met Office, Hadley Centre for Climate Prediction and Research, für die Verwendung ihrer Veröffentlichung zur globalen Klimaveränderung (CD);

Lombardo Editore für die Genehmigung, die wunderschönen Zeichnungen von Diego de Merich von Malariaforschern zu verwenden (S. 32-34); sie erschienen in der Zeitschrift *Parassitologia* 41: 11-18, 1999;

Dr. Peter Darben für die Abbildung mit den Malariaoozysten im Klappentext.

Unser Dank gilt weiterhin dem EIROFORUM und der Finanzierung durch die Europäische Kommission, die dieses Projekt möglich machten;

dem EMBL Photolab für die stundenlange Bearbeitung der gefilmten Interviews;

Giorgos Christophides, Matthias Hentze, Fotis C. Kafatos, Iain Mattaj und Christian Schwager für ihre Beteiligung an dem Interviewprojekt;

Sarah Sherwood, Jason Soffe und Claudia Lindner vom EMBL Office of Information and Public Affairs für ihre technische Unterstützung;

Halldor Stefansson für seine Unterstützung bei Abschnitt 5;

Rainer Bender und ColorDruck für ihre große Hilfe bei dem Druck dieses Buches und Unterrichtspakets.

Das Malariaprojekt

Ausgearbeitet und verfasst von: Russ Hodge

Mitarbeiter: Christian Schwager, DNA-Chip-Aufgabe
Miguel Andrade, Aufgabe „Erkundung des Genoms im Internet“

Inhaltsverzeichnis

Einleitung zu diesem Buch für Lehrer

1. Wettbewerbe und Preise
2. Fakten und Zahlen über Malaria
3. Geschichte der Malariaforschung
4. Die wissenschaftliche Erforschung von Malaria
5. Wissenschaft, Krankheit und Gesellschaft

Inhalt der CD-ROMs

DAS MALARIAPROJEKT

Sammeln und Trocknen von Chinarinde (aus der Chinin gewonnen wird) im peruanischen Gebirgsregenwald, um 1867.

Bild mit freundlicher Genehmigung der Wellcome Library, London

Einleitung

Wovon dieses Unterrichtspaket handelt ...

Was die Schüler hoffentlich über Biologie lernen werden ...

Praktische Anweisungen

Wovon dieses Unterrichtspaket handelt ...

Dieses Unterrichtspaket soll Ihnen helfen, den Schülern auf interessante und lustige Art zu vermitteln, dass die biologische Forschung, insbesondere im medizinischen Bereich, in der nahen Zukunft wahrscheinlich sehr großen Einfluss auf unser aller Leben haben wird. Die hier vorgestellten Aktivitäten richten sich nicht nur an Lehrer für Biologie und andere Naturwissenschaften; viele davon können auch in anderen Fächern durchgeführt werden. Machen Sie Ihre Kollegen auf Aktivitäten aufmerksam, die für sie von Interesse sein könnten, und arbeiten Sie möglichst zusammen. Sie finden hier eine Fülle von Material, aber die meisten Aktivitäten sind so aufgebaut, dass man sie auch mehr oder weniger unabhängig von den übrigen durchführen kann. Wir hoffen, dass die meisten Lehrer hier etwas finden, das ihrem Unterrichtsstil entspricht und gut in den Lehrplan passt.

Warum die Konzentration auf Malaria? Nun, sie ist gegenwärtig eine der ernstesten Epidemien auf der ganzen Welt, und sie war – wie die schriftlichen Überlieferungen bezeugen – schon immer eine Geißel der Menschheit. Jedes Jahr infizieren sich Hundertmillionen von Menschen und mehrere Millionen davon sterben. Viele Länder sind betroffen, und der Reisende läuft bereits bei einem kurzen Aufenthalt in einer Malariaregion Gefahr, sich anzustecken. Auf Grund der Klimaveränderung und anderer Faktoren können in Kürze noch weitere Teile der Welt betroffen sein. Die traditionellen Arten der Malariabekämpfung verlieren zunehmend an Wirkung, so dass Forscher und Ärzte unter großem Druck stehen, neue Lösungen zu finden. Die Tatsache, dass die meisten Fälle in Afrika auftreten, lassen Wissenschaftler, Politiker und Unternehmen in reichen und armen Ländern in neuer Form zusammenarbeiten, um ein Problem zu lösen, das mit Recht als internationale Krise bezeichnet werden kann.

Genau in dem Zeitraum, in dem dieses Paket in die Klassenzimmer gelangt, werden in der populärwissenschaftlichen Presse wichtige Nachrichten über die Malariaforschung erscheinen. Die Wissenschaftler schließen gegenwärtig die Sequenzierung des Genoms des Malariaerregers (Plasmodium) und des Genoms der Stechmücke ab, die wichtigster Überträger ist (Anopheles). Da die Sequenzierung des menschlichen Genoms ebenfalls demnächst abgeschlossen sein wird, werden die Wissenschaftler jetzt die einzigartige Gelegenheit haben, zu untersuchen, was passiert, wenn ein Krankheitserreger durch einen Vektor und Wirt wandert. Sie werden zahlreiche Berichte und Kommentare in den Medien finden, die Sie in Ihrem Unterricht als interessante Ergänzung einsetzen können.

Die Malariaforschung ist ein ausgezeichnetes Beispiel für die Vorgänge in der modernen Biologie und wirft äußerst wichtige gesellschaftliche Themen auf. Die Wissenschaftler beim Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie leisten auf diesem Gebiet Pionierarbeit, und die Wissenschaftler beteiligten sich begeistert an der Entwicklung dieses Unterrichtspakets. Sie haben Originalmaterial speziell für dieses Paket beigesteuert und freuen sich schon darauf, die kreative Umsetzung durch die Schüler zu erleben.

Außerdem wird das EMBL im November 2002 eine bedeutende Konferenz mit dem Leitmotiv „Wissenschaft und Gesellschaft“ ausrichten, in der es um Infektionskrankheiten

gehen wird. Auf unserer Website werden Sie Berichte und neues Material von der Konferenz finden, mit dem Sie die in diesem Paket vorgestellten Themen noch deutlich vertiefen können.

Was die Schüler hoffentlich über Biologie lernen werden ...

Die Biologie befindet sich gerade inmitten einer unglaublichen technologischen und geistigen Revolution. Die Entdeckungen der Wissenschaftler werden noch zu unseren Lebzeiten dramatische Auswirkungen auf uns alle haben. Sie werden die Art, wie Medizin praktiziert wird oder wie neue Arzneimittel entwickelt werden, ebenso verändern wie die Strategien zur Krankheitsbekämpfung.

Langsam können wir auch in etwa die zellulären Vorgänge nachvollziehen, die hinter der Evolution, dem Altern und Krankheit an sich stehen. Niemand weiß, wohin diese Entwicklungen führen werden, so wie niemand im Voraus absehen konnte, wie schnell sich Computer und die Informationsgesellschaft von heute entwickeln würden. Der Einfluss der modernen Biologie auf die Gesellschaft könnte sogar noch dramatischer sein als jene Veränderungen. Das Tempo ist sowohl aufregend als auch überwältigend und verursacht Gesellschaft und Wissenschaftlern zunehmend Bauchschmerzen. Wie können beispielsweise Lehrer es schaffen, mit den Entwicklungen mitzuhalten? Unabhängig von der Antwort werden sich daraus wesentlich engere Verbindungen zwischen Schulen, Laboren und Wissenschaftlern ergeben. Dies wird für alle Beteiligten eine Bereicherung sein.

Die Biowissenschaften werden Physik-, Mathematik-, Informatik- und Biologiestudenten ausgezeichnete Berufschancen bieten. Wir haben es mit einer beeindruckenden Ära der wissenschaftlichen Forschung zu tun, und eins unserer Ziele ist es, Lehrer dabei zu unterstützen, mit den Entwicklungen Schritt zu halten und die Spannung weiterzugeben. Dieses Paket ist ein erster kleiner Schritt in einer Reihe von Dingen, die das EMBL in naher Zukunft für Lehrer und Schulen tun möchte.

Praktische Anweisungen

Was Sie benötigen:

In den meisten Fällen reicht dieses Buch und das Material, das sie daraus kopieren, aus. Die Begleit-CD-ROMs enthalten Material, das für einige wenige Aktivitäten benötigt wird. Bei anderen Projekten bietet es sich an, dass die Schüler das Internet (innerhalb oder außerhalb des Unterrichts) als Informationsquelle nutzen. Wenn Sie nicht über Internetzugang verfügen, dann enthalten die CDs das meiste, was Sie benötigen, und wahrscheinlich finden Sie alles Übrige in Ihrer Bibliothek. Wenn Sie die Dateien nicht lesen oder die CD nicht benutzen können, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Wir werden uns bemühen, Ihnen behilflich zu sein.

Wie sollten Sie anfangen? Schauen Sie sich jeden Abschnitt an, und entscheiden Sie, welche Aktivitäten für Ihre Klasse interessant sein könnten und wie viel Zeit Sie darauf verwenden möchten. Mit dem Paket und den Interviews auf der CD-ROM werden Sie bestens auf die Durchführung der Projekte vorbereitet sein. Wenn Sie Fragen haben, konsultieren Sie bitte die EMBL-Projekt-Website unter <http://www.embl.de/education>. Wir werden dort Antworten auf Fragen und weiteres Material, das von am Projekt beteiligten Lehrern und Gruppen produziert wird, zur Verfügung stellen. Auch auf zahlreiche andere wertvolle Ressourcen im Web wird hingewiesen werden.

Die Antworten auf Quiz und Fragebögen usw. finden Sie im Buch. Wenn die Zeit reicht, empfiehlt es sich, die Schüler nach den Antworten suchen zu lassen und ihnen nicht einfach Handouts zu geben. Anstatt den Schülern die Informationen der **amerikanischen Zentren für Krankheitskontrolle** auszuhändigen, könnten Sie ihnen beispielsweise dabei helfen, die Informationen in einer Art Quiz oder Rallye selbst einzuholen (Beschreibung in Abschnitt 2). Geben Sie den Schülern keine Karte mit der Verbreitung von Malaria, sondern lassen Sie sie selbst eine solche Karte anfertigen. Verzichten Sie darauf, den Schülern Webadressen mit den Links zu geben, sondern helfen Sie ihnen vielmehr dabei, Suchmaschinen wie Google oder AltaVista effektiv einzusetzen, um genau die Informationen zu finden, die sie suchen (Tipps in Abschnitt 2).

Behalten Sie die Zeitungen und die Medien im Auge, und halten Sie auch Ihre Schüler dazu an. Anfang Oktober 2002 werden viele Nachrichten zum Thema erscheinen. Legen Sie mit Ihren Schülern einen Ordner mit Zeitungsausschnitten an. Sie werden ihn bei vielen der Aktivitäten nutzen können.

Das Paket ist in fünf Abschnitte unterteilt, die Sie in beliebiger Reihenfolge bearbeiten können. Allerdings tauchen die Informationen aus Abschnitt 2 immer wieder in den anderen Teilen des Projekts auf.

Sie können die Aufgaben Ihrem eigenen Stil, Ihrem Zeitplan und Ihren Bedürfnissen anpassen. So können Diskussionsthemen beispielsweise leicht in Berichte, Reportagen, Debatten, Aufsätze usw. verwandelt werden. Aktivitäten wie die DNA-Chip-Aufgabe und die Erkundung des Genoms im Internet können in komprimierter Form in einer Unterrichtsstunde behandelt werden. Die Hauptsache ist aber, dass Sie bei der Übermittlung der Aufgaben möglichst kreativ vorgehen. Wir haben uns bemüht, Aufgaben zur „Informationsbeschaffung“ und „Berichterstattung“ einfallsreich und kreativ zu gestalten. Manchmal bietet es sich bei den Aktivitäten an, Kleingruppen zu bilden oder Schüler mit der Bearbeitung von Teilen

DAS MALARIAPROJEKT

größerer Projekte zu beauftragen. Versuchen Sie, die Lernstile der Schüler und die Aktivitäten aufeinander abzustimmen.

Schicken Sie uns Ihre Ideen! Wir werden sie den anderen Klassen, die mit dem Unterrichtspaket arbeiten, auf unserer Website zugänglich machen, und sie als Grundlage für ein ständiges Materialarchiv für den Unterricht verwenden. Vielleicht gewinnen Sie auch den Preis für das beste Lehrerprojekt!

Manche der Aktivitäten haben interdisziplinären Charakter. Vielleicht wird in Ihrem Schulsystem bei der Art der Aufgaben streng nach Unterrichtsfächern unterschieden – vielleicht vergeben Sie im naturwissenschaftlichen Unterricht tendenziell eher keine schriftlichen Aufgaben. Ermuntern Sie Ihre Kollegen zu einer Zusammenarbeit – Sie können beispielsweise einen Sprachlehrer dazu bewegen, einige der schriftlichen Aufgaben machen zu lassen, oder einen Kunstlehrer dazu, einige der Kunstprojekte durchzuführen.

Außerdem hoffen wir, dass dieses Paket – und vor allem die Wettbewerbe! – etwas in Bewegung setzt, das noch lange nach dem Ende des „Couldn't Be Without It“-Projekts fortgesetzt wird. Wir beginnen gerade mit dem Aufbau eines Archivs für Unterrichtsmaterialien, das Ihnen hoffentlich nutzen wird. Besuchen Sie unsere Website, und wenn Sie gute Ideen haben, dann schicken Sie sie uns!

Abschnitt Eins

Wettbewerbe und Preise

„Couldn't Be Without It“ verleiht Preise für Beiträge aus den folgenden Kategorien:

Für Lehrer:

Das beste Unterrichtspaket / der beste Unterrichtsentwurf zu Malaria oder Gesellschaft und Medizin (400 Euro)

Für einzelne Schüler / Schülergruppen:

Aufsatz oder Bericht über Gesellschaft und Medizin (300 Euro)

Geschichte über Wissenschaft, Medizin und Gesellschaft in der Zukunft (300 Euro)

Kunstwerk, Film usw. über Malaria oder Malariaforschung (300 Euro)

Wissenschaftliches Projekt über Stechmücken, Genome, Malaria usw. (300 Euro)

Spiel über Malaria oder Krankheit und Gesellschaft (300 Euro).

Wettbewerbsrichtlinien:

1. Die Wettbewerbe stehen Lehrern und Schülern offen, die an dem „Couldn't Be Without It“-Projekt teilnehmen. Die Gewinner müssen in einem der EU- oder EIROFORUM-Mitgliedstaaten leben, **d. h.:**

2. Die Beiträge müssen bis zum 15. Dezember bei folgender Adresse eingehen:
Office of Information and Public Affairs, EMBL, Meyerhofstr. 1, 69117 **Heidelberg**.

3. Die Gewinner werden Anfang 2003 auf den Websites von CBWI und EMBL bekannt gegeben.

4. Alle Beiträge werden Teil des vom EMBL und EIROFORUM verwalteten Archivs für Unterrichtsmaterialien. Mit der Einreichung eines Projekts berechtigen Sie uns, das Projekt (unter entsprechendem Verweis auf dem Urheber) ohne Einschränkungen an andere weiterzugeben und es als Bestandteil zukünftiger Unterrichtspakete / Materialarchive / EIROFORUM-Veröffentlichungen usw. zu nutzen. Die Urheber können ihre Arbeit weiterhin nach Gutdünken nutzen, sofern die Nutzung nicht mit der von EIROFORUM konfligiert.

5. Die Beiträge werden nicht zurückgegeben, es sei den, vor der Einreichung wurde für einen Ausnahmefall etwas anderes vereinbart.

6. Wir werden uns bei herausragenden Beiträgen bemühen, die Aufmerksamkeit der Presse, Verleger und Materialentwickler darauf zu lenken. So besteht die Möglichkeit, dass diese mit den Autoren / Künstlern an der Weiterentwicklung der Werke arbeiten.

DAS MALARIAPROJEKT

7. Die Preise werden für Gesamtprojekte vergeben; wenn mehr als eine Person an dem Projekt beteiligt war, dann ist es Sache der Urheber, den Preis gerecht unter sich aufzuteilen. Bei jedem Beitrag muss es einen verantwortlichen Mitarbeiter geben, dem der Preis verliehen wird und der für eine gerechte Verteilung verantwortlich ist.

8. Die Texte müssen in Englisch, Deutsch, Französisch oder Italienisch geschrieben sein (oder es muss eine vollständige Übersetzung in einer dieser Sprachen beigelegt sein).

9. Elektronische Einreichungen müssen in einem der folgenden Formate geliefert werden:

PDF-Dateien

RealMovie- oder QuickTime-Dateien

Mit Microsoft Word lesbare Textdateien

Mit Adobe Photoshop / Adobe Illustrator lesbare Bilddateien

QuarkXPress-Dateien

Gegebenenfalls werden auch andere Dateitypen angenommen; bitte sprechen Sie dies vor der Einsendung mit uns ab.

10. Sämtlichen Beiträge muss ein ausgefülltes Formular zur Einreichung eines Wettbewerbsbeitrags beigelegt sein (nächste Seite).

Formular zur Einreichung eines Wettbewerbsbeitrags

Name des verantwortlichen Mitarbeiters: _____

Alter: _____ (sofern Schüler)

Privatadresse:

Telefon (privat): _____

E-Mail: _____

Namen der anderen Urheber / Mitarbeiter:

Name des betreuenden Lehrers / oder der Schule und Adresse:

Für welchen Wettbewerb ist der Beitrag gedacht?

Projekttitel:

Bei elektronischen Einreichungen:

Dateiname

Dateityp

Dateigröße

„Dieser Beitrag ist eine Originalarbeit von mir und meinen Partnern. Mir sind die Wettbewerbsregeln bekannt, und ich erkläre mich mit ihnen einverstanden. Hiermit erteile ich außerdem EIROFORUM die Genehmigung, meinen Beitrag in der in den Richtlinien für die Wettbewerbsbeiträge erläuterten Art und Weise zu verwenden.“

Datum: _____

Unterschrift: _____

Abschnitt zwei

Malaria – Fakten und Zahlen

Ziele:

Die Klasse soll einen allgemeinen Überblick über die grundlegenden Fakten zu Malaria bekommen: Art der Krankheit, Verbreitung, Ursache und Ausmaß des Problems in den betroffenen Regionen.

Aktivitäten:

Was weißt du über die Krankheit?

Lektüre / Diskussion: Die menschliche Tragödie hinter der Krankheit Malaria

Rallye / Quiz

Forschungsberichte von Kleingruppen

Malaria und Klimaveränderung

Gastredner

Kreativaufgaben

Diskussion / Debatte

Fähigkeiten, die Ihre Schüler benötigen:

Nutzung des Internets oder der Bibliothek, um grundlegende Informationen über Malaria (und andere Infektionskrankheiten) einzuholen.

Was Sie benötigen:

(CD und diese Broschüre)

Das in dieser Broschüre abgedruckte **Lesestück** „In Another Village a Mother Dies“.

Malaria-Weltkarte der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

CDC-Informationen über Gesundheitsrisiken für Reisende

Klimavorhersagekarten

Informationen über Plasmodium, Stechmücken und Infektionen

Auflistung der Aktivitäten

1. Einführendes Brainstorming

Fertigen Sie eine Liste mit den zehn Krankheiten an, die ihren Schülern zuerst einfallen. Stellen Sie zu jeder Krankheit folgende Fragen (und lassen Sie die Schüler raten, wenn sie die Antwort nicht wissen):

Was verursacht die Krankheit? (Viren, Bakterien usw.)

Wie wird sie von Mensch zu Mensch übertragen?

Wie viele Menschen sterben jedes Jahr daran?

Was glaubt ihr: Wie viele Menschen sterben jedes Jahr an übertragbaren Krankheiten verglichen mit „nicht übertragbaren“ Krankheiten, Verletzungen usw.?

Haben die Schüler Malaria erwähnt? Falls Ja, finden Sie heraus, was sie darüber wissen. Wissen sie, wie Malaria übertragen wird? Welche Regionen der Welt sind betroffen? Wie viele Menschen erkranken / sterben jedes Jahr daran?

Falls Nein, weisen Sie darauf hin, dass es sehr interessant ist, dass sie eine der weltweit am weitesten verbreiteten Krankheiten weggelassen haben.

Diskutieren Sie darüber, welche gesellschaftlichen / politischen Faktoren ihre Einschätzung der relativen Bedeutung unterschiedlicher Krankheiten möglicherweise beeinflussen.

Besprechen Sie die Informationen in dem Kasten auf der nächsten Seite.

**Einige ernüchternde Fakten über Krankheiten:
Entwickelte Länder vs. Entwicklungsländer**

Auszug aus der Studie „A Global Burden of Disease“ (Weltweite Belastung durch Krankheiten) von Murray und Lopez (1994):

Todesfälle infolge übertragbarer Krankheiten oder Müttersterbefälle: 5 % in entwickelten Ländern, 40 % in Entwicklungsländern.

Todesfälle infolge nicht übertragbarer Krankheiten (wie Krebs, Herzerkrankung): in entwickelten Ländern 86-87 % der Bevölkerung, in Entwicklungsländern 51-52 % der Bevölkerung.

In entwickelten Ländern sterben siebzehnmal so viele Menschen an nicht übertragbaren Krankheiten wie an übertragbaren. In Entwicklungsländern sterben doppelt bis dreimal so viele Menschen an übertragbaren Krankheiten wie an nicht übertragbaren.

1990 betrug die Wahrscheinlichkeit, dass ein Neugeborenes vor Vollendung des 15. Lebensjahres stirbt, in den entwickelten Marktwirtschaften durchschnittlich nur 1 %. Bei den Menschen aus Afrika südlich der Sahara betrug dieses Risiko 20-25 %.

1990 war Malaria in Entwicklungsländern die vierthäufigste Todesursache bei den 0-4-Jährigen. Die Krankheit war die dritthäufigste Todesursache bei den 5-14-Jährigen. Sie war die vierthäufigste Todesursache (AIDS war die dritthäufigste) bei den 15-19-Jährigen.

Die „Roll Back Malaria“-Website unter
<http://www.rbm.who.int/>

ist eine weitere Quelle mit alarmierenden Statistiken zu den Unterschieden bei Krankheiten in entwickelten und Entwicklungsländern.

2. Lektüre / Diskussion:

Das menschliche und gesellschaftliche Drama hinter Malaria

Kopieren Sie das Lesestück (oder Auszüge davon) mit dem Titel „In Another Village a Mother Dies“ (Robert S. Desowitz, *The Malaria Capers*, WW Norton & Co., 1991) für Ihre Schüler. Das Lesestück finden Sie auf der CD-ROM 1, die diesem Buch beigelegt ist. Der Text wird Ihrer Klasse eine Vorstellung von den wahren Ausmaßen der Krankheit vermitteln – sowohl im Hinblick auf den Menschen als auch im Hinblick auf die Gesellschaft.

Empfohlene Diskussionsthemen:

Ist der Autor der Meinung, dass die Frau hätte gerettet werden können?

Welche gesellschaftlichen Faktoren trugen zu ihrem Tod bei?

Was wäre wohl passiert, wenn sich die Frau die Krankheit in einem europäischen Land zugezogen hätte?

Manchmal müssen sich betroffene Familien zwischen dem Verkauf eines Tiers (beispielsweise einer Kuh), das sie dringend zum Überleben brauchen, und dem Kauf von Medikamenten zur Rettung eines Kindes entscheiden. Sie entscheiden sich nicht immer zu Gunsten des Kindes. Könnt ihr euch vorstellen, wie es ist, vor so eine Entscheidung gestellt zu werden?

Macht der Autor konkrete Vorschläge zur Lösung der beschriebenen gesellschaftlichen Probleme? Fallen euch irgendwelche ein?

Welche „Nebenwirkungen“ hat Malaria? Warum besteht bei schwangeren Frauen ein besonderes Risiko? Warum sind Malariaopfer möglicherweise besonders gefährdet, sich mit AIDS oder einer anderen Krankheit anzustecken?

3. Rallye / Quiz, um Ihren Schülern die grundlegenden Fakten über Malaria nahe zu bringen.

Verwenden Sie eins der folgenden Spiele bzw. Methoden, um ihren Schülern die grundlegenden Fakten über Malaria zu vermitteln. Die Rallye (A) dauert länger, aber es kommen mehr Fähigkeiten zu Einsatz, und die Klasse wird darin wahrscheinlich mehr Sinn sehen. Die zweite Möglichkeit ist eine lustige, wesentlich schnellere Art, ihnen die Informationen weiterzugeben.

A. „Forschungsrallye“

Teilen Sie die Klasse in Kleingruppen aus fünf oder sechs Schülern auf. Geben Sie jedem eine Liste mit Fragen aus dem Quiz (Aktivität B). Sie haben die Aufgabe, mit Hilfe von Internet, Bibliothek, Zeitungsausschnitten usw. so viele Fragen wie möglich zu beantworten. Sieger ist die Gruppe, die am schnellsten mit den meisten Antworten zurückkommt.

Wenn die Schüler auf eine richtig gute Website zu einem bestimmten Thema stoßen, sollten sie ihren Klassenkameraden davon berichten. (Die Website „Information for travelers“ des

DAS MALARIAPROJEKT

Center for Disease Control liefert beispielsweise ausgezeichnete Informationen zu zahlreichen Krankheiten.)

Internetrecherchen: Tipps und Tricks

Wahrscheinlich kennen Ihre Schüler die großen Internet-Suchmaschinen wie Google oder AltaVista, aber vielleicht holen sie nicht das meiste aus ihnen heraus. Beachten Sie folgende Tipps und Tricks:

Helfen Sie den Schülern, gute **deutsche oder englische** Suchbegriffe zu finden.

Zeigen Sie ihnen, wie man Suchbegriffe richtig kombiniert. Die verschiedenen Suchmaschinen arbeiten nach unterschiedlichen Strategien, aber bei vielen gelten dieselben allgemeinen Grundregeln. Die folgenden Strategien sind häufig geeignet:

Machen Sie sich klar, nach was für Informationen Sie genau suchen. Überlegen Sie sich dann mehrere Wörter, die auf Sites mit genau diesen Informationen aller Wahrscheinlichkeit nach auftauchen.

Suchen Sie jeweils nach Wortkombinationen oder Satzteilen. Tippen Sie ein „+“-Zeichen vor jedes Wort, wenn Sie mehrere einzelne Wörter in ein Suchfeld eingeben. Das verstehen viele Suchmaschinen als Befehl, nur die Seiten zu finden, auf denen wirklich alle genannten Wörter auftauchen. (Tippen Sie also *+Malaria+Ross* anstelle von *Malaria Ross* ein. Wenn Sie die zweite Variante eingeben, dann erhalten Sie häufig jede Seite im Universum, auf der das Wort/der Name „Ross“ [einschließlich des Synonyms für „Pferd“] auftaucht.)

Vielleicht fallen Ihnen auch ganze Satzteile ein, die auf der Seite auftauchen müssten. Setzen Sie vor das erste und nach das letzte Wort jeweils ein Anführungszeichen („...“), um die Suchmaschine nach dem kompletten Satzteil suchen zu lassen. Wenn Sie *„Geschichte der Malaria“* eingeben, dann lassen die meisten Suchmaschinen ausschließlich Seiten gelten, auf denen diese Wendung so vorkommt. Wenn Sie dagegen die drei Wörter einzeln eingeben, dann erhalten Sie wahrscheinlich jede Seite im Internet, auf der irgendeines der drei Wörter vorkommt.

Wenn Sie beispielsweise etwas wissen möchten wie „Wie viele Stechmückenarten gibt es weltweit?“, dann können Sie *„Stechmückenarten weltweit“* in das Google-Suchfeld eingeben. Als ich dies vor kurzem mit der englischen Wendung *„species of mosquito in the world“* ausprobierte, lieferten alle drei „Treffer“ genau die gesuchte Information. **Überhaupt bietet sich auch die Suche mit englischen Suchbegriffen an.** Die Eingabe von *„mosquito breeding habits“* lieferte die Antwort auf viele andere Fragen.

B. Quiz

Veranstalten Sie ein „Klassenquiz“ im Stil von „Wer wird Millionär?“ oder „Einer gegen Hundert“. Sie können den Schülern die grundlegenden Themen (aber nicht die konkreten Fragen) am Tag vor dem Quiz mitteilen und ihnen nahe legen, sich eigenständig auf das Quiz vorzubereiten. Wenn Sie die unten aufgeführten Fragen verwenden, berücksichtigen Sie bitte, dass viele Fragen aufeinander aufbauen. Zeigen Sie Ihren Schülern daher nicht die ganze Liste gleichzeitig.

DAS MALARIAPROJEKT

QUIZ-Fragen:

1. Wie viele Malariafälle werden jährlich verzeichnet?
2. Wie viele Todesfälle pro Jahr sind der Malaria zuzuschreiben?
3. Welche Art von Organismus verursacht die Krankheit?
4. Aus wie vielen Zellen besteht dieser Organismus?
5. Wie gelangt die Krankheit in den Menschen?
6. Welcher Körperteil ist zuerst betroffen?
7. Wie viele Stechmückenarten gibt es heute weltweit?
8. Wo legen die meisten Stechmücken ihre Eier?
9. Wie viele Eier legen sie jedes Mal?
10. Wie lange dauert es, bis die Eier schlüpfen?
11. Welche Stadien gibt es im Lebenszyklus von Stechmücken?
12. Wie lange leben Stechmücken im Durchschnitt?
13. Wovon ernähren sich Stechmücken?
14. Welche Unterschiede gibt es zwischen den Ernährungsgewohnheiten von männlichen und weiblichen Stechmücken?
15. Wie viele Tage nach der Aufnahme infizierten Bluts kann eine Stechmücke Parasiten auf ein anderes Tier übertragen?
16. Welches sind die verbreitetsten Methoden zur Kontrolle von Stechmücken?
17. Wie heißt der Parasit, der Malaria verursacht?
18. Wie viele Arten dieses Organismus sind bekannt?
19. Wie viele dieser Arten verursachen normalerweise Malaria beim Menschen?
20. Welche Stadien gibt es im Lebenszyklus dieses Organismus?
21. Welche dieser Stadien laufen in der Stechmücke ab?
22. Welche beim Menschen?
23. Wo teilt sich der Parasit beim Menschen?
24. Nenne eine genetisch bedingte Krankheit, die manche Menschen vor Malaria schützt.

DAS MALARIAPROJEKT

25. Welche dieser historischen Persönlichkeiten starb aller Wahrscheinlichkeit nach an Malaria?
26. Gelangte Malaria von Amerika nach Europa oder umgekehrt?
27. Wie heißt das Mittel, das seit langer Zeit zur Behandlung von Malaria beim Menschen eingesetzt wird?
28. Woraus stammt diese Substanz? (Tier, Pflanze, Mineral, ...?)
29. Welcher Teil der Pflanze wird verwendet? (Wurzeln, Rinde, ...?)
30. Welches ist das natürliche Habitat dieser Pflanze?

(Antworten auf der nächsten Seite)

Quiz-Antworten:

1. Der Weltgesundheitsorganisation zufolge werden 273 Millionen klinische Fälle jährlich verzeichnet, und bei über 40 % der Weltbevölkerung besteht Ansteckungsgefahr.
2. Mindestens 1,09 Millionen pro Jahr, vor allem Kinder.
3. Der Organismus wird als Plasmodium bezeichnet (keine Bakterium, Virus usw.).
4. Aus einer.
5. Normalerweise durch einen Mückenstich.
6. Die Leber.
7. Wahrscheinlich zwischen 2.500 und 3.000.
8. In stehende oder langsam fließende Gewässer.
9. Zwischen 100 und 300.
10. Zwischen 1 und 5 Tagen, je nach Temperatur.
11. Ei – Larve – Puppe – Vollinsekt.
12. Ungefähr 20 Tage.
13. Von Blut und Pflanzennektar.
14. Weibchen ernähren sich von Blut – sie brauchen die verstärkt im Blutplasma vorhandenen Proteine (Eiweiße), wenn sie die Eier legen.

DAS MALARIAPROJEKT

15. Normalerweise nach mindestens 15-16 Tagen; je nach Art und Temperatur unterschiedlich.
16. Pestizide und Eingriffe in ihre Brutplätze.
17. Plasmodium.
18. Etwa 170.
19. Vier.
20. Die Liste umfasst: Merozoit, Schizont, Gametozyt, Zygote, Ookinet, Sporozoit.
21. Gametozyt, Zygote, Ookinet, Sporozoit.
22. Merozoit, Schizont, Gametozyt.
23. In den Leberzellen und den roten Blutkörperchen.
24. Sichelzellenanämie; auch Probleme mit der Epiphyse, die zu einer Störung des Melatonin-/24-Stunden-Rhythmus führen.
25. Alexander der Große.
26. Mit ziemlicher Sicherheit von Europa nach Amerika.
27. Chinin.
28. Aus einem Baum namens *Cinchona* (Chinarindenbaum).
29. Die Rinde.
30. Südamerika.

4. Forschung und Berichte

Teilen Sie die Klasse in Kleingruppen. Lassen Sie jede Gruppe einen Bericht zu einem Komplex der unten aufgeführten Schwerpunktfragen anfertigen. Zur Präsentation der Informationen sollten sie Overhead-Folien oder andere Visualisierungstechniken einsetzen. Geben Sie ihnen Anregungen, wie sie die Informationen ordnen und präsentieren sollten, und hilfreiche Tipps für die Anfertigung der Visualisierungselemente. Sie sollten:

direkte und unterhaltsame Wege zur Präsentation der Informationen finden;

sich genau überlegen, wie viele Informationen sie präsentieren möchten, und dabei das Vorwissen des Publikums, die Länge des Vortrags und das, an was sich die Zuhörer erinnern sollen, berücksichtigen;

DAS MALARIAPROJEKT

sicherstellen, dass ihr visuelles Material deutlich und leicht leserlich ist (Farben, Schriftgröße usw.).

Schwerpunktfragen für die Forschung:

ÜBERTRAGUNG VON MALARIA:

Wie wird Malaria übertragen? Welche drei Organismen sind daran beteiligt? Kann Malaria direkt von Mensch zu Mensch übertragen werden? Sowohl von männlichen als auch von weiblichen Stechmücken? Wie viele Parasitenarten gibt es? Sind sie alle gleich gefährlich für Menschen? Welche Arten sind für welche Tiere gefährlich? Wie viele Stechmückenarten können den Parasiten auf den Menschen übertragen?

MALARIA UND EVOLUTION:

Malaria ist für viele Stechmücken schädlich – es macht sie krank und beeinträchtigt ihre Fortpflanzungsfähigkeit. (Manche sind resistent – warum?) Warum stirbt Malaria dann nicht aus? Sind alle Menschen gleich anfällig? Was sagt das im Hinblick auf die Evolution aus? (Manchmal kann eine grundsätzlich schädliche Mutation günstige Wirkungen haben, die zu ihrem Überleben führt.)

MALARIA UND GESCHICHTE:

Welche berühmten historischen Persönlichkeiten starben wahrscheinlich an Malaria? Welche Rolle spielte Malaria bei den ersten Kontakten zwischen Europäern und den Ureinwohnern Amerikas? Warum richten beim Zusammentreffen von zwei Kulturen die Krankheiten der einen Kultur häufig wesentlich größeren Schaden an als die Krankheiten der anderen?

MALARIA UND KLIMA:

Welcher Zusammenhang besteht zwischen Temperatur, Klima und Malaria? Wie lange stellte Malaria in Europa ein Problem dar? Wie verbreitet ist Malaria heute in der Welt? Welche Faktoren erklären, warum sie da vorkommt, wo sie vorkommt?

MALARIA UND REISEN:

Welcher Ansteckungsgefahr seid ihr ausgesetzt? Wie lässt sich eine Ansteckung bei einem Aufenthalt in einem Malariagebiet vermeiden? Gibt es in deinem Land Impf- / Prophylaxevorschriften, die man beim Besuch bestimmter Länder beachten sollte?

MALARIA IM KÖRPER:

Welche Symptome treten bei einem infizierten Menschen auf? Welche Mittel bzw. Medikamente wirken bei der Behandlung der Krankheit? Woher stammen sie? Seit wann kennt man diese Heilverfahren?

5. Malaria und Klimaveränderung

Zur Bearbeitung dieses Abschnitts benötigen Sie:

die WHO-Karte der weltweiten Malariaverbreitung,

Karten zum gegenwärtigen Weltklima / Temperatur / Niederschlägen aus Ihren Geographiebüchern oder der Bibliothek,

die Datei **global.pdf** auf der CD-ROM.

Lassen Sie Ihre Schüler die „Malaria-Weltkarte“ betrachten.

Vergleichen Sie sie dann mit Weltkarten zu Klimazonen und Niederschlägen. Sind Parallelen zu entdecken? Befassen Sie sich jetzt mit den Karten und Materialien zu Vorhersagen im Hinblick auf die Klimaveränderung. Machen Sie Vorhersagen zur zukünftigen Verbreitung von Malaria.

Stellen Sie auf der Grundlage Ihres Wissens über europäische Geschichte Vermutungen darüber an, wie sich die Malarialandschaft in den letzten Tausenden von Jahren verändert hat.

Lassen Sie Ihre Schüler den äußerst interessanten Artikel über Klimaveränderung und Malaria unter der folgenden Adresse:

<http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol6n01/reiter.htm> lesen.

Diskutieren Sie folgende Fragen:

Welche Faktoren außer der Klimaveränderung hatten Einfluss auf die Anzahl der Malariafälle? Spielen Abholzung / die Zunahme der Landwirtschaft / die Domestizierung von Tieren eine Rolle?

Internetressourcen für diese Aktivität:

Eine Weltkarte der Malariaverbreitung finden Sie unter:

http://www.who.int/ith/chapter05_m08_malaria.html

Karten, auf denen andere wichtige Krankheiten dargestellt sind, finden Sie unter:

http://www.who.int/ith/diseasemaps_index.html

Malariastatistiken, die zur Anfertigung einer Karte verwendet werden können:

<http://www.anopheles.com/eua.html>

Die in dieser Aufgabe verwendeten Informationen zur Klimaveränderung können direkt bei der folgenden ausgezeichneten Website abgerufen werden:

<http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/models/modeldata.htm>

6. „Malaria in meinem Land“

Finden Sie heraus, welche Organisation in Ihrem Land für die Pflege von Fakten und Zahlen zu Gesundheitsthemen zuständig ist. Setzen Sie sich mit den Zuständigen in Verbindung, und bitten Sie sie, Ihnen historische Statistiken zur Malariainzidenz in Ihrem Land zukommen zu lassen. Fertigen Sie eine Tabelle mit den entsprechenden Zahlen an. Holen Sie jetzt Informationen zum Wetter (Temperatur und Niederschläge) in demselben Zeitraum ein. Besteht ein Zusammenhang? Welche anderen Faktoren könnten für die Veränderungen bei der Anzahl der Malariafälle verantwortlich sein?

7. Interview

Lassen Sie die Schüler einen Arzt zu den Malariarisiken, -symptomen und -behandlungsmöglichkeiten interviewen – oder lassen Sie einen in den Unterricht einladen. Wie lässt sich feststellen, ob ein Patient an Malaria leidet oder nicht? Gibt es andere Krankheiten, mit denen Sie verwechselt werden kann? Wie sieht die Behandlung aus? Ist sie mit irgendwelchen Nebenwirkungen verbunden? Gibt es neue Malariamedikamente auf dem Markt?

8. „Kreativaufgaben“

(Diese Art von Aufgabe könnte gut für die Wettbewerbe geeignet sein.)

A. Stellt euch vor, wir schreiben das Jahr 2070. Schreibt einen zusammenfassenden Bericht mit dem Titel „Malaria in der Welt“, aus dem hervorgeht, wie die globale Klimaveränderung das Verbreitungsgebiet der Krankheit beeinflusst hat. Verwendet zur Untermauerung eurer Ideen echte Zahlen und Vorhersagen zur Klimaveränderung.

B. Schreibt eine Reportage mit dem Titel „Malaria bei der Marskolonie“. Erklärt, wie Malaria auf den Mars gekommen sein könnte und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um der Krankheit dort Einhalt zu gebieten. (Fällt euch ein Grund ein, warum absichtlich Stechmücken auf den Mars gebracht worden sein könnten?)

C. Stellt euch vor, ihr seid als Schiffbrüchige auf einer bewohnten Insel gestrandet, wo Malaria ein ernstes Problem darstellt. Auf der Insel gibt es keine modernen Arzneimittel oder medizinische Ausstattung. Wie könnt ihr der Bevölkerung bei der Malariabekämpfung helfen?

D. Fertigt ein „Anti-Malaria-Poster“ an, das auf Informationen über Stechmücken und Fakten zu den Malariaparasiten beruht, oder ein Poster zum Thema „Malaria im Jahr 2070“.

E. Arbeit ein Faltblatt mit Text, Statistiken und Graphiken mit dem Titel „Was Reisende über Malaria wissen sollten“ aus.

F. Kunst: Führt eins der folgenden Projekte durch:

eine künstlerische Malaria-Weltkarte,

DAS MALARIAPROJEKT

ein Diagramm vom Lebenszyklus des Plasmodium-Parasiten im Menschen und in der Stechmücke,

ein Poster für eine weltweite „Malariakampagne“,

ein Poster mit dem Titel „Malaria: eine menschliche Tragödie“,

Entwurf einer Briefmarke zum Thema Malaria.

G. Lassen Sie Ihre Klasse eine Webseite entwerfen, in der sie all das vorstellt, was sie im Rahmen dieses Projekts gelernt und gemacht hat. Wir werden von der EMBL-Website einen Link schalten.

9. Führen Sie eine Diskussion oder eine Debatte zu einigen der folgenden Themen durch:

Die Menschen haben häufig keine realistische Vorstellung von den Risiken und der Schwere bestimmter Krankheiten im Vergleich zu anderen. Warum über- bzw. unterschätzen Menschen eurer Meinung nach manchmal die Schwere einer bestimmten Krankheit?

Welche Vorsichtsmaßnahmen sollte man treffen, wenn man in ein Land reist, in dem Malaria sehr verbreitet ist?

Wenn einem Land nur begrenzte Mittel für die Bereiche Wissenschaft und Forschung zur Verfügung stehen, wie sollten diese ausgegeben werden? Wie sollten die Menschen entscheiden, in welche Krankheit sie die meisten Forschungsmittel investieren? Wenn du persönlich Geld für die Krankheitsforschung spenden wolltest, nach welchen Kriterien würdest du die Krankheit auswählen?

Überlegt euch, auf welche Arten Geld für die Malariaforschung beschafft werden könnte. Findet heraus, wie viel Geld Menschen und Unternehmen in eurem Land zur Bekämpfung von Krankheiten spenden.

*Ein britischer Wissenschaftler posiert mit Kopfbedeckung für die Forschung in den Tropen.
Mit freundlicher Genehmigung von der Wellcome Library, London*

Abschnitt Drei:

Geschichte der Malariaforschung

Ziele:

Die Klasse soll einen allgemeinen Überblick über die Geschichte der Malariaforschung, die beteiligten Menschen und einige der Kontroversen im Zusammenhang mit den ersten Erkenntnissen über die Krankheit erhalten.

Aktivitäten:

Experiment mit gelenktem Denken: Der Ursache einer neuen Krankheit auf den Grund gehen

Lektüre: Charles Louis Alphonse Laverans historischer Artikel (CD).

Poster- / Biographieprojekt: Historische Persönlichkeiten in der Malariaforschung

Chronologie: Schlüsselereignisse in den Anfängen der Malariaforschung

„Eine wissenschaftliche Zeitmaschine“

Diskussion: Kontroverse und Persönlichkeiten in der Wissenschaft

Kreativprojekt: Advocatus Diaboli spielen

Fähigkeiten, die Ihre Schüler benötigen:

Nutzung des Internets oder der Bibliothek, um grundlegende Informationen über Wissenschaftler einzuholen, die in den Anfängen der Malariaforschung eine Schlüsselrolle spielten.

Was Sie benötigen:

die Kapitel aus *The Malaria Capers* (auf der CD)

kurze Forscherbiographien aus diesem Paket,

Auszüge aus dem Originalartikel von Laveran (**laveran.pdf** auf der CD).

Aktivitäten:

1. Der Ursache einer neuen Krankheit auf den Grund gehen – Experiment mit gelenktem Denken

Im Vorfeld muss der Lehrer die Kapitel aus dem Buch *The Malaria Capers* (Robert S. Desowitz, WW Norton & Co., 1991) lesen. Machen Sie sich mit den dort beschriebenen Experimenten vertraut, bevor Sie diese Aufgabe angehen. Achten Sie ganz besonders darauf,

DAS MALARIAPROJEKT

wie der Autor die Persönlichkeiten der Wissenschaftler und den Einfluss auf die Arbeit beschreibt.

Im Internet gibt es phantastische Ressourcen zum Thema „Disease Detectives“ (Epidemiologen); viele der Aktivitäten sind für Lehrer und Schulen gedacht. Besuchen Sie die folgenden Websites:

Einen „Disease Detective Competition“ („Epidemiologen“-Wettbewerb), wo Schüler Spürhund spielen können, finden Sie unter:
<http://www.cdc.gov/excite/olympiad.htm> und
<http://www.bam.gov/detectives/>

Es gibt eine weitere für Schulklassen sehr gut geeignete Aktivität unter:
http://www.turnerlearning.com/fyi/virusencounters/a1_a5.htm
und <http://www.turnerlearning.com/tbs/plague/>

Eine andere faszinierende Geschichte finden Sie unter:
<http://sciencebulletins.amnh.org/biobulletin/biobulletin/story990.html>

Wir könnten das gesamte Buch mit guten, kostenlosen Aktivitäten für den Unterricht im Internet füllen. Weitere Links, die Sie eigenständig besuchen können, erhalten Sie, wenn Sie „disease detectives“ (mit den Anführungszeichen) in das Suchfeld von www.google.com eingeben.

Geben Sie Ihren Schülern das folgende Thema:

Stellt euch vor, die Menschen in eurem Umfeld leiden plötzlich an einer mysteriösen Krankheit, die Fieber verursacht. Wie würdet ihr vorgehen, um der Ursache auf den Grund zu kommen und den Übertragungsweg zwischen Menschen herauszufinden?

Weisen Sie darauf hin, dass es selbst heute noch viele Rätsel in Bezug auf Krankheiten gibt. Beispielsweise kennen wir immer noch nicht den normalen Wirt, in dem sich das Ebola-Virus versteckt, und wissen nicht, wie sich die erste Person ansteckt, die dann eine Epidemie auslöst. In den 1970er Jahren erkrankten Tagungsteilnehmer in den USA plötzlich, und es dauerte eine Weile, bis man die Ursache der „Legionärskrankheit“ herausgefunden hatte. Und bis vor kurzem hatte man keine Ahnung, was die Ursache des Rinderwahnsinns sein könnte.

Fragen Sie:

Was, wenn ihr kein Mikroskop oder andere Instrumente habt? Ist es selbst dann möglich, die Ursache einer Krankheit festzustellen? Welche Experimente könntet ihr durchführen, um dies herauszufinden?

Sie können Ihren Schülern historisches Hintergrundwissen vermitteln, indem Sie Ihnen von den Theorien berichten, die vor der „Mikrobentheorie“ aufgestellt wurden, um Krankheit zu erklären. Was dachten die Menschen z. B. von dem Schwarzen Tod? Manche Menschen hatten recht vernünftige Vorstellungen vom Übertragungsweg und schlugen Quarantäne, das Verbrennen der Leichen usw. vor. Und obwohl ein alter Römer in einem Buch sogar die Vermutung äußerte, dass Malaria möglicherweise durch Organismen verursacht würde, die so klein seien, dass sie unsichtbar seien, wurde den Menschen erst vor relativ kurzer Zeit klar,

DAS MALARIAPROJEKT

wie wichtig Hygiene ist und dass Krankheiten auf äußerst logische Weise übertragen werden. (In dem Roman *Der Medicus* von Noah Gordon wird sehr interessant beschrieben, wie die Ärzte im Mittelalter die Pest zu bekämpfen versuchten.)

Fragen Sie:

Stellt euch vor, ihr habt eine Hypothese, wie Stechmücken die Krankheit übertragen. Wie würdet ihr die Theorie überprüfen?

Lassen Sie die Schüler einige Experimente ausdenken, die man durchführen könnte, um nachzuweisen, dass die Krankheit nicht durch das Trinken von Wasser, durch „Sumpfluft“ oder Ähnliches hervorgerufen wird. Erzählen Sie Ihnen dann von den Experimenten, die tatsächlich von Ross und anderen durchgeführt wurden (in diesem Buch beschrieben).

Fragen Sie:

Was für ein Fall liegt vor, wenn eine Stechmücke, die Blut von einem infizierten Menschen saugt, die Krankheit nicht überträgt, wenn sie später einen anderen Menschen sticht? Bedeutet das, dass eure Hypothese falsch ist?

Nein, und es ist gut, dass Ronald Ross nicht aufgab, als ihm etwas in der Art immer wieder passierte. Schließlich hatte er großes Glück. Lassen Sie Ihre Schüler ein Brainstorming machen und eine Erklärung liefern – wenn sie Abschnitt 2 durchgenommen haben, sollten sie auf die Antwort kommen. Sie wissen bereits, dass Malaria durch Stechmücken übertragen wird. Daher muss etwas an dem von ihnen vorgeschlagenen Versuchsdesign falsch sein. Es gibt mehrere Möglichkeiten: Vielleicht warten sie nicht lange genug und der Parasit kann nicht in der Stechmücke heranwachsen (selbst bei warmen Wetter dauert es mindestens zwei Wochen), oder ihnen ist – wie Ross – nicht bewusst, dass nur sehr wenige Stechmückenarten den Parasiten übertragen können und noch weniger ihn auf Menschen übertragen. Wenn man immer die falschen Arten erwischt, wird man die Antwort nie finden. Außerdem kann die Versuchsperson, die man infizieren möchte, ein Art Immunität besitzen – sie kann beispielsweise an Sichelzellenanämie leiden.

Fragen Sie:

Geht davon aus, dass ihr die Verbindung zwischen Stechmücken und Malaria hergestellt habt. Mit welcher Art von Experiment könnte man beispielsweise nachweisen, dass Malaria von Stechmücken übertragen wird, aber nicht durch eine Art von den Stechmücken selbst produziertes Gift hervorgerufen wird? Könnte es sich nicht um eine allergische Reaktion wie bei einem Bienenstich handeln?

Wie kann man die Tatsache erklären, dass es fast drei Wochen dauert, bis eine Stechmücke, die eine infizierte Person gestochen hat, die Krankheit auf andere Menschen überträgt?

Erarbeiten Sie zum Abschluss im Brainstorming mit Ihren Schülern, warum manche Stechmückenarten die Krankheit nicht übertragen können. (Die Antwort hierauf finden Sie in Abschnitt 4!)

2. Forschung

Findet heraus, wie die Forscher die Ursache für AIDS, die Legionärskrankheit oder den Rinderwahnsinn entdeckt haben. Berichtet der Klasse von euren Ergebnissen. Waren sich die Wissenschaftler bezüglich der Ergebnisse sofort einig? Sind sie sich heute alle einig? Gibt es andere Theorien?

3. Posterprojekt: Historische Persönlichkeiten in der Malariaforschung

Teilen Sie die Klasse in Kleingruppen.

Jede Gruppe sollte sich eine der folgenden Personen aussuchen:

Louis Pasteur, Patrick Manson, Charles Louis Alphonse Laveran, Ronald Ross, Camillo Golgi, Battista Grassi.

Regen Sie die Schüler dazu an, ein Gefühl für „ihre“ Person und die Zeit, in der sie gelebt hat, zu bekommen. Sie sollten:

mit Hilfe von Bibliothek und Internet Material über das Leben der Person sammeln;

ein Poster zum Aufhängen im Klassenzimmer machen, mit:

einer grundlegenden Biographie,

einer Auflistung der wichtigsten Experimente / Beiträge dieser Person zur Malariaforschung,

einem wichtigen Zitat von der Person,

Kommentaren, die Zeitgenossen der Person über sie gemacht haben.

Versucht, Bilder von der Person zu finden. Wenn ein Künstler in der Gruppe ist, können Sie die Schüler ihr eigenes Portrait machen lassen.

Berichtet der Klasse von der Person und seinen Beiträgen.

Diskussionsthemen zur Biographie:

Fällt euch ein Experiment ein, das die jeweiligen Forscher nicht durchführten, was ihnen aber ein weiteres Puzzleteil geliefert hätte? Liegt das Experiment für euch auf der Hand? Was könnte die Wissenschaftler von der Durchführung abgehalten haben?

Welche Rolle spielten Experimente mit Menschen bei der Entdeckung der Ursachen für Malaria? Werden immer noch Experimente mit Menschen durchgeführt, um Ursachen und Therapiemöglichkeiten für Krankheiten zu finden? Aus welchem Grund nehmen Menschen wohl freiwillig an solchen Versuchen teil?

Welcher Forscher schrieb ein **Gedicht über seine Entdeckung? Findet das Gedicht**. Was sagt es über ihn aus? Würdet ihr bei einem Wissenschaftler von heute erwarten, dass er etwas Ähnliches schreibt?

Hintergrundmaterial für den Lehrer für diesen Abschnitt:

Ein Auszug aus dem Gedicht von Ronald Ross:

This day relenting God
Hath placed within my hand
A wondrous thing; and God
Be praised. At his command

Seeking His secret deeds
with tears and tiling breath
I find thy cunning seeds,
O million-murdering Death.

I know this little thing
A myriad men will save.
O death where ist thy sting?
Thy victory O grave?

An diesem Tag hat Gott sich erbarmt
und in meine Hand
ein wundersames Ding gelegt; und gelobt
sei Gott. Auf seinen Befehl

Auf der Suche nach Seinen geheimen Taten
finde ich unter Tränen und schwer atmend
deine listigen Samen,
o Millionen mordender Tod.

Ich weiß, dies kleine Ding
wird unzählige Menschen retten.
Oh Tod, wo ist dein Stachel?
Dein Sieg o Grab?

Kurzbiographien der Forscher (in Anlehnung an den Artikel „The malaria centenary“, M. J. Dobson, in *Parassitologia* 41: 21-32, 1999. Illustrationen von Diego de Merich):

Sir Patrick Manson (1844-1922)

Gebürtiger Schotte. Manson arbeitete 23 Jahre in China. 1879 entdeckte er, dass Stechmücken eine Menschenkrankheit übertragen können: Filariasis. Da begann er sich zu fragen, ob Malaria nicht ebenfalls durch Stechmücken übertragen würde. Er stellte die Theorie auf, dass Stechmücken, die im Wasser sterben, Parasiten freisetzen und dass Menschen, die dieses Wasser trinken, sich anstecken. 1894 lernte er Ronald Ross kennen und ermutigte ihn, die Theorie zu untermauern.

Charles Louis Alphonse Laveran (1845-1922)

Gebürtig aus Paris. Laveran diente bei der Französischen Armee in Algerien. Er entdeckte bei der Untersuchung von Blutproben von Soldaten, die an Fieber litten, Parasiten in ihrem Blut und behauptete, diese Einzeller würden Malaria verursachen. Zunächst stieß die Vorstellung auf Ablehnung, wahrscheinlich, wegen der damals bestehenden Geistesrichtung, derzufolge für alle Krankheiten Bakterien verantwortlich waren. Kurze Zeit später wurden seine Vorstellungen aber akzeptiert – in erster Linie dank der Arbeit von Ross und italienischen Forschern wie Grassi. 1907 erhielt er den Nobelpreis.

Ronald Ross (1857-1932)

Sohn eines Generals der Britischen Armee, der in Indien diente. Er fühlte sich stark zur Kunst hingezogen, studierte aber Medizin. Ross diente im Medizinischen Dienst der Britischen Armee in Indien. Nach seiner Begegnung mit Manson in England kehrte er nach Indien zurück und wies nach, dass Stechmücken Malaria übertragen. Zuerst entdeckte er Oozysten des Parasiten in der Magenwand einer Stechmücke, dann machte er sich daran, den gesamten Entwicklungszyklus von Vogel malaria nachzuvollziehen. 1902 erhielt er den Nobelpreis für Medizin. Den Rest seines Lebens verbrachte er zum großen Teil mit gemeinwohlorientierten Projekten zur Bekämpfung von Malaria.

Battista Grassi (1854-1925)

Gebürtiger Italiener. Grassi erforschte über viele Jahre Würmer, Insekten und viele andere Parasiten und Lebewesen. 1898 identifizierte er eine Anopheles-Art als Vektor für Malariaerreger und wies dann nach, dass nur bestimmte Anophelesstämme (und nicht andere Stechmücken-Gattungen) Malaria auf Menschen übertragen können. Er beschrieb den gesamten Entwicklungszyklus des Plasmodium-Parasiten beim Menschen und beobachtete mit seinen Mitarbeitern Amico Bignami und Giuseppe Bastianelli ihre Entwicklung in Stechmücken.

Camillo Golgi (1843-1926)

Gebürtiger Italiener. 1885-86 entdeckte Golgi, dass verschiedene Plasmodium-Arten unterschiedliche Arten von Malariafieber verursachen. Seine Untersuchungen zum Entwicklungszyklus des Parasiten in menschlichen Zellen lieferten eine Erklärung für die Zyklen von steigendem und fallendem Fieber (Fieberschübe) bei Malariapatienten. Er entwickelte neue Methoden zur Färbung von Parasiten und den Subkompartimenten der Zellen. 1906 erhielt er für seine bahnbrechende Arbeit über das Zentralnervensystem den Nobelpreis.

4. „Chronologie-Aufgabe“

Wenn alle Kleingruppen fertig sind, können sie ihre Ergebnisse zu einer "Chronologie der Schlüsselereignisse in den Anfängen der Malariaforschung" zusammenfügen.

5. „Eine wissenschaftliche Zeitmaschine“

Brainstorming-Aufgabe: Machen Sie mit der Klasse eine Liste der Dinge, welche die Wissenschaftler vor 150 Jahren noch nicht wussten. Viele wissenschaftlichen Erkenntnisse, die für uns heute selbstverständlich sind, gab es damals nicht – oder sie waren nicht allgemein bekannt. Die Schüler sollen versuchen, eine Liste von dem, was man wusste und dem, was man nicht wusste, anzufertigen. Lassen Sie sie dann die tatsächlichen Daten dieser Entdeckungen nachschlagen.

Sie können auch selbst eine Liste mit Entdeckungen anfertigen und die Schüler raten lassen, wann die Entdeckungen gemacht wurden.

Wahrscheinlich wird es einige Überraschungen geben.

6. Lektüre / Diskussion

Lassen Sie die Schüler die Auszüge aus Laverans Originalartikel über seine Entdeckung des Malariaparasiten lesen. (Verwenden Sie die Datei **laveran.pdf** auf der CD.) Versuchen Sie, den Blick der Schüler auf den historischen Kontext zu lenken, und lassen Sie sie eine Begründung dafür suchen, warum dieser Artikel Anlass für eine mehrere Jahre währende Kontroverse war. Lassen Sie sie Stellen finden, wo Laveran die Reaktionen seiner Kritiker vorwegnimmt und versucht, deren Argumente zu widerlegen.

Hintergrundwissen für die Diskussion über die Arbeit zu Geschichte und Biographien:

Vielen Menschen ist nicht bewusst, dass die Wissenschaft mit Kontroversen gespickt ist. Die Wissenschaft bewegt sich im Grenzgebiet zwischen Wissen und Unwissenheit und strotzt vor Kontroversen. Manchmal gibt es hitzige Debatten, die sich auch in persönliche und intellektuelle Schlachten verwandeln können. In der Wissenschaft herrscht harter Wettbewerb; die gesamte Karriere eines Forschers – und ob ihm Preise wie der Nobelpreis verliehen werden – kann davon abhängen, ob er als Erster eine Entdeckung macht. Da häufig verschiedene Forschungsgruppen in unterschiedlichen Laboratorien an demselben Problem arbeiten, kann die Atmosphäre recht angespannt sein.

Manchmal dauert es Jahre, bis die Wissenschaftsgemeinde bezüglich einer bestimmten Theorie zu einem Konsens gelangt. Genau das war bei Laverans Entdeckung des Malariaparasiten der Fall. Pasteur hatte kurz zuvor die Menschen davon überzeugt, dass Bakterien Krankheitserreger waren, und mehrere Wissenschaftler waren von der Vorstellung so fasziniert, dass sie davon überzeugt waren, dass Bakterien die Ursache für alle Krankheiten waren. (Etwas Ähnliches geschah vor kurzem, als die Forscher „Prionen“ für den Rinderwahnsinn verantwortlich machten.)

Es gibt eine Reihe von Büchern – sowohl historische als auch fiktive – über Menschen, die Ende des 19. Jahrhunderts maßgebliche Entdeckungen auf dem Gebiet der Malaria machten.

DAS MALARIAPROJEKT

Lesen Sie den Schülern Stellen aus *The Malaria Capers* vor, die deutlich machen, welchen Einfluss die Ideen, Vorurteile und der Hintergrund eines Forschers auf seine Arbeit hatten.

Sie können ihnen auch folgende Passagen aus einem sehr interessanten, vor kurzem erschienenen Roman mit dem Titel *Das Calcutta Chromosom* von Amitav Ghosh – einer Mischung aus historischer Fiktion, Horror und Sciencefiction –, der von der Malariaforschung handelt, angedeihen lassen. In dem Buch werden Wissenschaft und eine seltsame Geschichte über eine mächtige okkulte Verschwörung miteinander verwoben. Einer der gelungensten und vergnüglichsten Aspekte des Buches ist die Darstellung der historischen Wissenschaftler. Nachfolgend ein Beispiel:

„Also faxt Laveran der Akademie für Medizin in Paris; er teilt ihnen mit, dass er den Malariaerreger gefunden hat, dass es ein Lebewesen, ein Protozoon, ist – ein tierischer Parasit. Aber Paris kauft ihm das nicht ab. Pasteur hat dort das Sagen, und er hat auf die Bakterien gesetzt. Niemand kauft Laveran sein Protozoon-Lebewesen ab: Es ist als habe er behauptet, den Yeti gefunden zu haben. Einige der größten Namen in der Medizin ereifern sich, es als „Laveranität“ zu widerlegen. Die einzigen Bekehrten sind die Italiener: Sie werden zu wiedergeborenen Laveranitäten.“

In diesem respektlosen, humorvollen Stil werden bewusst Geschichte und Gegenwart miteinander vermischt. Natürlich stand Laveran vor hundert Jahren kein Faxgerät zur Verfügung. Doch durch diese Erzählweise bekommen wir ein Gefühl für die Atmosphäre und die Ereignisse und tauchen dadurch tief in die Vergangenheit ein. Laverans Figuren sprechen über historische Persönlichkeiten als seien sie ihnen persönlich bekannt. Ein weiteres Zitat:

Ronald Ross „beginnt, Geld für Proben mit Malariablut zu bieten – bares Geld, eine Rupie pro Einstich! Machen Sie sich klar, was das bedeutet. Wir schreiben das Jahr 1895; mit einer Rupie kann eine vierköpfige Familie genug Reis für einen ganzen Monat kaufen. Dort gibt es so viel Malaria, dass die Moskitos Doppelschichten fahren und selbst dann nicht nachkommen. Und Ronnie hat nichts Besseres zu tun, als für ein paar Tropfen Malariablut bares Geld zu zahlen, und er findet keinen einzigen Interessenten. Jemand hat das Gerücht in die Welt gesetzt, dass es diesen schrägen Arzt in die Stadt verschlagen hat, der seine Highs hat, wenn er nackte Typen mit Moskitos ins Bett bringen kann. Niemand kommt ihm in die Nähe, ja, die Leute überqueren sogar die Straße, um ihm aus dem Weg zu gehen. Plötzlich findet sich Ronnie als Hauptdarsteller in einem Werbespot für Mundgeruch wieder.“

Dies ist keine historisch korrekte Darstellung, sondern lustiger Stil, der amüsieren will. Doch dadurch können Ihre Schüler eine Vorstellung davon bekommen, wie man – nachdem man sich mit dem Hintergrund eines Menschen, seinen Werken und der Zeit, in der er gelebt hat, beschäftigt hat – das Gefühl bekommen kann, „den Menschen zu kennen“. Und genau darum geht es bei historischer Fiktion – und bei sehr guter Tatschengeschichte. Die Malariawissenschaftler von heute haben diese historischen Figuren nie kennen gelernt, aber nachdem sie deren Artikel gelesen und über deren Forschung nachgedacht haben, besitzen sie wahrscheinlich eine klare Vorstellung davon, was für eine Art von Mensch sie waren.

7. Kreativaufgabe: Advocatus Diaboli spielen

Stellt euch vor, ihr seid der Konkurrent eines der Forscher, mit denen ihr euch befasst habt. Führt euch die Geschichte der Entdeckungen vor Augen, und denkt euch einige einleuchtende Alternativtheorien über Malaria aus, die die Menschen damals aufgestellt haben könnten.

DAS MALARIAPROJEKT

Stellt euch jetzt vor, dass ihr das Labor des Wissenschaftlers aufsucht, wo er versucht, euch davon zu überzeugen, dass er auf dem richtigen Weg ist. Schreibt einen kurzen Bericht über den Besuch. Berichtet von eurem Gespräch über seine Gedanken und Experimente. Macht euch ein paar Notizen über seine Persönlichkeit und sein Verhalten. Schildert zum Abschluss zusammenfassend, ob ihr glaubt, dass er die richtige Richtung eingeschlagen hat oder nicht.

Grassis Zeichnung vom Entwicklungszyklus des Malariaparasiten (1900)

Abschnitt Vier

Die wissenschaftliche Erforschung von Malaria

Ziele:

Die Klasse soll mit Möglichkeiten vertraut gemacht werden, wie die Wissenschaftler die jüngsten Entwicklungen in der Biologie zur Erforschung von Malaria nutzen. Dabei werden die Schüler auch erfahren, wo Wissenschaftler ihre Ergebnisse veröffentlichen. Sie werden lernen, wie man im Internet durch das menschliche und andere Genome „browst“, und sie werden eine praktische Übung durchführen, die mit einer neuen, als „DNA-Chip“ bezeichneten Technologie zu tun hat. Schließlich werden sie darüber lesen, wie die Forscher diese Informationen durch ihre Kombination für die Entwicklung neuer Arzneimittel zur Bekämpfung von Krankheiten nutzen möchten.

Aktivitäten:

„Media Watch“ – Medien beobachten
Interviews anschauen
Radioprogramm hören
Lektüre
Interpretation eines DNA-Chip
Erkundung des menschlichen Genoms im Internet

Was Sie benötigen werden:

Interviews und das Radioprogramm von der CD,
Bildkarten aus diesem Buch,
den Artikel „Was ist ein DNA-Chip?“,
den Artikel „Entwicklung der Arzneimittel der Zukunft“ aus diesem Buch,
Artikel und Material, das Lehrer und Schüler zusammengetragen haben,
Internetzugang für die Genom-Aufgabe.

Aktivitäten

1. „Media Watch“ - Medien beobachten

Lassen Sie die Schüler Zeitungsartikel mit Nachrichten zum Thema mitbringen und den anderen vorstellen. (Konsultieren Sie die neuesten Pressemitteilungen zu Malaria auf der EMBL-Website.) Wissenschaftler halten sich normalerweise mit Versprechungen, dass ihre Forschungstätigkeit zu Lösungen und Therapien führen wird, sehr zurück. Versucht, Vorhersagen darüber zu finden, wie bald es Heilmittel für Malaria geben wird und wie diese Heilmittel hergestellt werden sollen. Haltet dabei jeweils fest, wer die Vorhersagen macht und wie genau sie sind. Sind Wissenschaftler eurer Meinung nach ziemlich optimistisch oder eher pessimistisch? Sind die Wissenschaftler einer Meinung? Versucht, die optimistischsten / pessimistischsten Artikel zu finden. Können in verschiedenen Artikeln dieselben Wissenschaftler zitiert und doch unterschiedliche Schlussfolgerungen über die Wahrscheinlichkeit der baldigen Entwicklung eines Impfstoffs gezogen werden?

2. Interviews (Film auf CD)

Schaut euch das Interview mit Matthias Hentze an, der darüber spricht, wie sich die Medizin unter dem Einfluss unseres heutigen Wissens über die Funktionsweise von Zellen und Organismen verändert.

3. Radioprogramm (auf CD)

Findet heraus, was die Forscher tun, um Malariaimpfstoffe zu entwickeln. Hört euch das Radioprogramm „the Hunt for a malaria vaccine“ (Die Jagd nach einem Malariaimpfstoff) von der Australian Broadcasting Corporation und ABC Online auf der CD 1 an. Besucht die Website von der „Malaria Vaccine Initiative“ (Malariaimpfstoffinitiative). Lest dort die aktuellen Nachrichten. Wie wird die Malaria Vaccine Initiative finanziert? Was sagt die Förderinstitution darüber, wie wichtig es ist, dass die Industrieländer die Forschung unterstützen?

4. Interview (CD)

Schaut euch das Interview mit Iain Mattaj an, in dem er einige der grundlegenden Vorstellungen hinter der „Genexpression“ erläutert – wie Zellen und Organismen als Reaktion auf Veränderungen in der Umwelt, Infektionen usw. verschiedene Gene einsetzen.

5. Interview (CD)

Schaut euch das Interview mit Fotis Kafatos (**fotis.mov**) an, in dem er über seine persönliche Geschichte in Zusammenhang mit Malaria und über neue Wege, wie Wissenschaftler die Krankheit zu bekämpfen versuchen, spricht.

6. Vorbereitung für die DNA-Chip-Aufgabe (1):

Lassen Sie die Klasse den folgenden Artikel lesen:

Was ist ein DNA-Chip?

Im dritten Stock im EMBL packt Dr. Christian Schwager inmitten eines Labors voller Chemikalien, Roboter und bunter Laser eine Packung mit Glasobjektträgern aus. Diese Objektträger findet man überall im Labor, neben jedem Mikroskop. Aber diese simplen Glasplättchen sollen für etwas ganz Besonderes verwendet werden: Sie sollen in Raumsonden verwandelt werden.

Nun ja, nicht ganz. Wir haben es in der Tat mit zukünftigen Sonden zu tun, aber sie werden nicht im All eingesetzt – mit ihrer Hilfe wird man eine ganz neue Art von Frage über menschliche Zellen stellen. Die Antworten, die sie zurückbringen, können uns völlig neue Informationen über eine Krankheit, über den Unterschied zwischen Leber und Gehirn liefern, oder darüber, wie eine Zelle entscheidet, ob sie Teil des Daumens oder des Ringfingers wird – oder ob sie karzinös wird.

DAS MALARIAPROJEKT

Wie kann ein Glasobjektträger etwas vollbringen, an das vor fünf oder sechs Jahren nicht einmal zu denken war? „Chemie“, sagt Christian. Er geht zu einem Roboter mitten im Labor, der wie eine Kombination aus Museumsvitrine und Nähmaschine aussieht. Wilhelm Ansorge, der Leiter der Forschungsgruppe, begann in dem Moment für das Gerät zu sparen, als er von seiner Existenz erfuhr. Jetzt ist es da, und die Mitarbeiter stehen Schlange, um es benutzen zu können.

Christian und seine Kollegen werden den Roboter benutzen, um Tausende von chemischen Punkten auf den Objektträger zu stempeln, der dann als DNA-Chip bezeichnet wird. Jeder dieser Punkte wird eine unterschiedliche Probe humaner DNA enthalten, ein anderes Gen. Würde man sich anstrengen, könnte man, so Christian, 50.000 Punkte auf einem einzigen Objektträger unterbringen – mehr als genug, um jedes Gen einer menschlichen Zelle darzustellen. Man könnte sogar das gesamte menschliche Genom auf einem einzigen Chip unterbringen.

Das klingt beeindruckend – als würde man versuchen, Tausend Milchtüten übereinander zu stapeln –, aber was ist der Sinn dahinter? „Chemie“, wiederholt Christian. Wegen der Art und Weise, wie sich ein DNA-Molekül verhält, kann man es in eine Sonde verwandeln, um herauszufinden, was eine Zelle mit ihren Genen anstellt.

Jede Zelle unseres Körpers verfügt über einen vollständigen Satz unserer Gene – wie viele das genau sind, kann niemand sagen, aber es gibt mindestens 30.000. Wir erben sie in einer absolut einzigartigen Rezeptur von unseren Eltern (sofern es nicht irgendwo einen eineiigen Zwilling oder Klon gibt). Jede Zelle verwendet nur einen Teil ihrer Gene zum Aufbau von Proteinen (Eiweißen), den Molekülen, die in der Zelle die schwere Arbeit verrichten: die Bauarbeiten, den Gerüstbau, den Massentransport, die Müllabfuhr. Eiweiße bewegen und zerschneiden Dinge, sie stellen Formen und Strukturen her. Eine Hirnzelle und eine Hautzelle sehen so unterschiedlich aus, weil sie unterschiedliche Eiweiße produzieren. Zwei benachbarte Neuronen produzieren in etwa den gleichen Satz, und zwei Hautzellen verwenden ihren eigenen Satz. Wenn aber etwas passiert – wenn die Hirnzelle etwas lernen muss oder die Hautzelle einen Sonnenbrand bekommt –, dann wird ein Programm aktiviert, das bestimmte Gene ab- und andere anschaltet.

Wenn man wüsste, welche an- und welche abgeschaltet werden, dann wüsste man eine Menge, sagt Christian. Wenn man sich Gene als endlose Aneinanderreihungen von Lichtschaltern vorstellt, wie die winzigen Pixel, die auf unseren Bildschirmen aufleuchten, kann man nachvollziehen, wie viele unterschiedliche Bilder und Botschaften durch das Anschalten neuer Pixel und das Abschalten anderer dargestellt werden können. Mit fünfzigtausend Genen hat jede Zelle unglaubliche schöpferische Möglichkeiten.

Beispielsweise könnte das Muster „KREBS“ ergeben. Um einen Weg zu finden, diese Zellen dazu zu bringen, sich wieder normal zu verhalten, versucht man, die genetischen Befehle in dem fehlerhaften Computerprogramm, das Krebs verursacht, zu verstehen – und die sind zwischen Hunderten oder Tausenden oder Millionen Zeilen genetischer Instruktionen versteckt. Und dann versucht man, den Fehler mit einem Patch, einer Programmkorrektur, zu beseitigen – mit einem Arzneimittel.

Das einzige Problem ist, dass es bis vor kurzem nicht möglich war, mehr als einzelne Zeilen der Programme zu entschlüsseln. Die Forscher arbeiteten jahrelang an einigen wenigen bevorzugten Genen, um dann damit konfrontiert zu werden, dass eines davon in einer

DAS MALARIAPROJEKT

Hautzelle angeschaltet wurde und dass es nach einem Sonnenbrand plötzlich ein seltsames Verhalten an den Tag legte.

Aber sie wussten auch, dass die meisten Vorgänge in einer Zelle sehr komplex sind. Man musste wirklich ein Riesenglück haben, um eine einzelne Ursache für eine einzelne Wirkung ausmachen zu können; mit der Korrektur einer einzelnen Zeile des Programms war es nicht getan. Normalerweise passierten viele Dinge gleichzeitig, aber es gab kein Verfahren, mit dem man viele Gene gleichzeitig beobachten konnte. Um die Aktivität eines Gens zu beobachten, musste man zunächst einmal überhaupt wissen, dass es dieses Gen gab. Ungefähr so, als dürfe man ein Puzzleteil erst dann umdrehen und die Bildseite betrachten, wenn man es schon an die richtige Stelle gelegt hat.

Dieses Problem wurde teilweise durch Genomprojekte gelöst. Hauptziel des „Human Genome Project“ war die Erlangung des gesamten Rezeptbuchs für menschliche Gene. Wenn das gelungen ist, kann man alle Gene auf einen Chip stempeln und sie als eine Art globales Methode, um Gene zu vermessen, verwenden. Der Chip kann für die unterschiedlichsten Zwecke eingesetzt werden. Man kann Fragen dazu stellen, was eine Zelle zur Änderung ihrer genetischen Programme veranlasst und wie viele Befehle beispielsweise durch die Ankunft eines Virus verändert werden. Eine Art, wie Zellen auf Infektionen, Temperaturveränderungen und andere Reize reagieren, ist das Anschalten neuer Gene und das Abschalten alter Gene.

Wenn ein Gen angeschaltet wird, dann wird das DNA-Segment zur Synthese eines als RNA bezeichneten Moleküls verwendet. Diesen beide Informationsstränge sind komplementär – ihre Untereinheiten passen so zusammen, wie der Schlüsselbart in das Schloss passt (Schlüssel-Schloss-Prinzip). Gensonden auf einem DNA-Chip können mit Tausenden von Molekülschlössern verglichen werden. Die Forscher setzen spezielle Techniken ein, um RNAs aus einer Zelle zu extrahieren, so als würde man alle Schlüssel herausnehmen. Sie werden an den Sonden auf dem DNA-Chip vorbeigespült und freigelassen, damit sie das richtige Schloss finden können. Wenn ein Schlüssel passt, macht es „klick“; wenn nicht, treibt er vorbei.

Es gibt noch einen weiteren Schritt: Der Forscher muss benachrichtigt werden, wenn ein Schlüssel sein Schloss gefunden hat. Daher färben die Wissenschaftler die RNA bei der Extraktion aus den Zellen mit Fluoreszenzfarbstoffen an. Wenn sich später Schlüssel und Schloss finden, bleibt der Farbstoff auf dem Chip und sendet ein Signal. Wenn es für eine Sonde keinen passenden Schlüssel gibt – wenn das Gen abgeschaltet ist und keine RNA produziert –, dann bleibt die Sonde schwarz.

Auf die Gründe möge er jetzt nicht näher eingehen, teilt Christian mit, aber jeder Chip steht für zwei Experimente: eine Kontrollzelle (angenommen eine Zelle von einer **Stechmücke derselben Gattung**) und die, an der man eigentlich interessiert ist, beispielsweise eine mit Malaria infizierte Stechmücken zelle. Wenn ein Forscher RNAs aus der Kontrollzelle extrahiert, färbt er sie mit rotem Farbstoff an. Die spannende wird grün angefärbt.

Gesunde und infizierte Zellen verwenden unterschiedliche Gensätze. Bei dem Experiment werden manche Sonden also durch größtenteils grüne Schlüssel angeschaltet und andere durch rote. Es gibt auch Sonden, die von keinem der beiden Zelltypen angeschaltet werden; es gibt also keine passenden Schlüssel, und der Punkt bleibt schwarz.

„Gibt es denn nicht auch Punkte, an denen Schlüssel in jeder Farbe hängen?“, frage ich.

DAS MALARIAPROJEKT

„Ja“, antwortet er. „Wenn es deutlich mehr grüne RNAs gibt, ist der Punkt ziemlich grün. Wenn es mehr rote RNAs gibt, ist er rot.“

„Und wenn es von jeder gleich viele gibt?“

„Dann ist er gelb“, antwortet er.

„Gelb?“

„Wussten Sie denn nicht, dass Grün und Rot Gelb ergibt?“, fragt er mich. „Und nicht zu vergessen die zitronengelben Punkte, die gelb mit einem Stich ins Grüne sind, und die orangefarbenen Punkte mit einem Stich ins Rote.“

„Wodurch unterscheiden sich malariainfizierte Zelle und Kontrollzelle denn dann?“

„Man muss auf die Punkte achten“, so Christian, „und sie analysieren. Man muss versuchen, die Muster zu erkennen. Angenommen, man vergleicht Zellen von Stechmücken, die keine Malariaüberträger sind, mit malariainfizierten Zellen. Vielleicht kann man in den immunen Zellen Gene finden, aus denen man Gift gegen Plasmodium-Parasiten herstellen kann ...

... Dann könnte man Arzneimittel herstellen. Vielleicht findet man ja auch Rinde von einem südamerikanischen Baum oder den Schwimmfuß eines Frosches oder etwas anderes, das als Gift eingesetzt werden kann oder das ein Gen anschaltet, das dann ein neues Gift produziert. Vielleicht kann man auch ein Gen abschalten, so dass der Parasit nicht mehr das bekommt, was er braucht, um in die Leber zu gelangen oder ein rotes Blutkörperchen zu befallen.“

„Also muss ich einfach ein paar grüne und rote Punkte finden?“, frage ich ihn. „Und dann meine Stechmücken mit Baumrinde füttern? Dann werden sie doch alle immun gegen Malaria, oder?“

„Nun“, antwortet Christian, „so einfach ist es auch wieder nicht. Vielleicht braucht die Stechmücke ihre grünen Gene, um noch etwas anderes zu tun, außer Malariaparasiten zu vergiften. Vielleicht signalisieren die grünen Gene dem Immunsystem, aktiv zu werden, sein Bestes zu geben, was aber einfach nicht genug ist. Daher muss man viele unterschiedliche Zelltypen untersuchen und die falschen Fährten herausfiltern.“

„Wie macht man das?“, frage ich.

Er lächelt und sagt, dass er eine Aufgabe für mich vorbereitet habe. „Eine ganz einfache mit sechs Zelltypen. Jeder Chip enthält nur zwanzig Gene. Rote, grüne, gelbe, schwarze Punkte.“

„Zwanzig Gene. Das klingt einfach“, erwidere ich.

Lächelnd antwortet er: „Hier ist sie. Bis nächste Woche.“

7. Vorbereitung: Interview (CD)

Schaut die Interviews mit Christian Schwager (**chris.mov**) und Giorgos Christophides (**giorgos.mov**) an, in denen Einzelheiten zu den DNA-Chips erläutert werden. Christian stellt dar, wie sie hergestellt werden und welche Probleme es beim Lesen geben kann. Giorgos erzählt, was die Forscher mit Hilfe der Chips alles über Stechmückenzellen herausgefunden haben.

8. Die DNA-Chip-Aufgabe

Da ihr euch jetzt alle mit den DNA-Chips auskennt (!), könnt ihr euch an die von Christian Schwager entwickelte Aufgabe machen. Dafür braucht ihr die sechs im hinteren Teil des Buches abgebildeten Farbkarten. Reißt die Karten heraus. Wenn ihr möchtet, könnt ihr Farbkopien davon machen. (Achtet darauf, dass die Farbqualität dem Original entspricht!)

Die sechs Karten stellen DNA-Chips dar, die bei sechs verschiedenen Experimenten verwendet wurden. Auf jeder Karte befinden sich zwanzig Punkte. Der erste Punkt in der obersten Reihe steht auf allen sechs Karten für dasselbe Gen – nennen wir es Gen A. Das Gleiche gilt für alle zwanzig Gene – A, B, C, D, ... bis T.

Denkt daran, dass in jedem Chip-Experiment Informationen von einer Kontrollzelle und einer bestimmten Versuchszelle enthalten sind. In diesem Fall ist die Kontrollgruppe bei jeder Karte gleich – eine Art **generische** Moskitozelle.

Sowohl die roten als auch die grünen Punkte liefern interessante Informationen über eine infizierte Stechmücke. Ein grüner Punkt bedeutet, dass das Gen bei der infizierten Stechmücke wesentlich aktiver ist als normalerweise bei der Kontrolle. Ein roter Punkt bedeutet, dass das Gen wesentlich weniger aktiv ist als normalerweise in der Kontrollgruppe. Für den Krankheitsverlauf kann es genauso wichtig sein, ein Schlüsselgen abzuschalten wie eins anzuschalten.

Es folgen die Beschreibungen der einzelnen Experimente:

Auf der ersten Karte ist die Zelle einer weiblichen, mit Malaria infizierten Stechmücke vor dem Hintergrund der Kontrollzelle dargestellt. Die grünen Punkte stehen für Gene, die bei der infizierten Stechmücke wesentlich aktiver sind. Ein knallroter Punkt bedeutet, dass das Gen normalerweise ziemlich aktiv ist, die Aktivität aber einstellt, wenn Malaria im Anzug ist.

Die zweite Zelle stammt von einer mit einem Pilz infizierten Stechmücke.

Die dritte Zelle stammt von einer gesunden männlichen Stechmücke.

Die vierte Zelle stammt von einer verletzten Stechmücke.

Die fünfte Zelle stammt von einer mit einem Bakterium infizierten Stechmücke.

Die letzte Zelle stammt von einer gesunden weiblichen Stechmücke.

DAS MALARIAPROJEKT

In dieser Aufgabe müssen die Schüler zuerst die Ergebnisse analysieren und versuchen, folgende Fragen zu beantworten:

Welche Gene scheinen auf alle Arten von Verletzung und Infektion anzusprechen?

Welche Gene scheinen bei Malaria besonders betroffen zu sein?

Ist eine Malariainfektion eher eine Art Verletzung oder eine besondere Art der Infektion?

Gibt es Gene, die hauptsächlich bei Männchen aktiv sind? Bei Weibchen?

Um diese Fragen zu beantworten, muss man schrittweise vorgehen. Es gibt viele verschiedene Lösungswege, die davon abhängen, wie viel Zeit Ihnen zur Verfügung steht und wie viel Gewicht sie dieser Aufgabe beimessen möchten.

Falls übrigens in den Anweisungen etwas unklar ist: Am Ende der Aufgabe finden Sie Beispiele für die Diagramme und Grafiken. (Ich dürfte es Ihnen zwar nicht sagen, aber in den Beispielen werden exakt die Daten verwendet, die Christian für die Herstellung der Chips an seinem Computer verwendet hat!) Wenn Sie also nicht weiterkommen, dann ist Hilfe nicht weit!

Gehen Sie nach folgenden Schritten vor:

1. Zunächst müssen die Schüler die Ergebnisse von jedem Experiment auswerten. Dazu müssen sie die Ergebnisse von jedem Gen / Punkt „bewerten“. Dabei ist folgendermaßen zu verfahren:

Wie Werte erfasst werden

Zunächst wird eine Tabelle mit sechs Spalten (Chips 1 – 6) und zwanzig Reihen untereinander – für die zwanzig Gene (Punkte) auf jeder Karte - angelegt. Die Spalten werden mit CHIP 1 bis 6 und die Reihen mit GEN A bis T bezeichnet.

In das Feld GEN A-CHIP 1 wird ein Wert für den Punkt oben links („Gen A“) auf dem ersten Chip eingetragen. In das Feld B-1 wird ein Wert für den zweiten Punkt auf dem Chip (oberste Reihe, zweiter Punkt) eingetragen. Wenn man bei dem Feld T-1 angelangt ist, hat man die Werte für alle zwanzig Gene auf dem Chip.

Dann kommt die nächste Spalte (Chip 2) dran, wo wiederum alle Punkte bewertet werden, von GEN A-CHIP 2 bis GEN T-CHIP 2, ...

Sie können die Klasse in 6 Kleingruppen teilen. Weisen Sie jeder Gruppe einen Chip zu, und bitten Sie sie, die entsprechende Spalte von oben nach unten auszufüllen. Lassen Sie anschließend alle Werte vorlesen und stellen Sie ein Hauptdiagramm mit allen Spalten her.

Welche Werte sind zu vergeben?

Wenn der Punkt auf einem Chip schwarz ist, dann bedeutet das, dass das Gen in diesem Experiment sowohl bei der Kontrollstechmücke als auch bei der infizierten Stechmücke ruhig (inaktiv) ist. In diesem Fall vergeben die Schüler den Wert 0.

DAS MALARIAPROJEKT

Ein richtig gelber Punkt bedeutet, dass das Gen bei Kontrollstechmücke und infizierter Stechmücke gleichermaßen aktiv ist (**Wert 0 vergeben**).

Ein richtig grüner Punkt bedeutet, dass das Gen bei der infizierten Stechmücke wesentlich aktiver ist als bei der Kontroll-Stechmücke. Dieser Punkt erhält einen Wert zwischen +4 (am grünsten) und +1 (gelb mit einem Stich ins Grüne).

Ein richtig roter Punkt bedeutet, dass das Gen bei der Kontroll-Stechmücke wesentlich aktiver ist als bei der infizierten. Dieser Punkt erhält einen Wert zwischen -4 (am röttesten) und -1 (rot mit einem Stich ins Grüne).

„Es ist schwer zu entscheiden, ob ein Wert von -1,0 oder -2,0, ... vergeben werden sollte. Wie soll ich vorgehen?“

Wenn Punkte nach Augenmaß und manuell bewertet werden, sind die Ergebnisse immer subjektiv. Damit würden sich Wissenschaftler natürlich nicht zufrieden geben, und so haben sie einen Computer programmiert, der die Farbe des Punktes analysiert und die Entscheidung trifft, wobei jedes Mal genau dieselben Kriterien verwendet werden. Wenn ein paar „Computerspezialisten“ in der Klasse sind, dann können sie vielleicht austüfteln, wie man die Punkte einscannen und von einem Computer analysieren lassen kann. (Das böte sich als Wettbewerbsbeitrag für die Sparte „Wissenschaftliches Projekt“ an.)

Die Low-Tech-Variante zur Erzielung einer etwas weniger subjektiven Wertung besteht darin, mehrere Schüler an demselben Chip arbeiten zu lassen. Lassen Sie jeden Schüler seine Werte für sich aufschreiben und anschließend mit denen der Mitschüler vergleichen. Hoffentlich können sie sich einigen, welche Werte sie nehmen möchten.

2. Jetzt kann mit der Analyse begonnen werden. Auch hier gibt es viele Möglichkeiten. (Der beste Weg wäre natürlich, den Mathematiklehrer einzubeziehen und eine richtige statistische Analyse durchzuführen!! Computerprogramme wie Excel verfügen über manche dieser Funktionen, und wenn man sich auskennt, dann kann man diese Art von Analyse leicht mit beliebigen Zahlen, die man in eine Excel-Tabelle eingegeben hat, durchführen.)

Auch wenn man nicht mit Statistik arbeiten möchten, kann man die Chips analysieren. Der erste Teil ist recht einfach. Wenn die Schüler die Werte in den verschiedenen Spalten vergleichen, sollten sie folgende Fragen beantworten können:

Gibt es Gene, die nur bei der Malariastechmücke stark aktiv sind (sehr grün, Wert um +4)?

Gibt es Gene, die bei der Malariastechmücke stark deaktiviert sind (sehr rot, Wert um -4)?

Findet ihr auf allen anderen Chips Gene, die sich in diesem Experiment ungewöhnlich zu verhalten scheinen? (Wenn ihr ein Gen findet, das sich auf typische Weise verhält bis eine Pilzinfektion daherkommt, dann habt ihr ein gutes „Markergen“; mit ihm könnt ihr analysieren, ob ein Pilz eine Stechmücke infiziert hat!)

DAS MALARIAPROJEKT

3. Versucht jetzt, einen Teil der Ergebnisse zu kombinieren:

Gibt es Gene, die sich bei allen Arten von Infektionen und Krankheiten ähnlich zu verhalten scheinen?

Gibt es Gene, die bei Infektionen aktiv sind (oder heruntergefahren werden), aber nicht bei verletzten oder gesunden Stechmücken?

Gibt es eine Genaktivität, die nur bei gesunden Stechmücken aufzutreten scheint?

Bei diesen beiden Aufgaben sollen nicht nur die zahlenmäßigen Unterschiede festgestellt werden, sondern auch, welche Unterschiede wichtig sind. Um das herauszufinden, muss man aus der Aufgabe eine Mathematikaufgabe machen und mit Statistik arbeiten. Auch hier gilt, dass man der Vorgehensweise der Wissenschaftler wesentlich näher kommt, wenn man auf diese Weise arbeitet. Ein Unterschied zwischen zwei Zahlen liefert für sich genommen und ohne statistische Überprüfung keine wirklich aussagekräftigen Informationen. Mit Statistik wird mathematisch nachgewiesen, dass die Ergebnisse aussagekräftig sind. Doch selbst wenn man keinen Statistikexperten an der Hand hat, sollte es klar sein, worum es geht.

4. Zum Schluss geht man über die Betrachtung einzelner Gene hinaus und vergleicht komplexere Muster. Dabei geht es um die Beantwortung von Fragen wie „Entspricht eine Malariainfektion eher einer Art Verletzung, einer Pilzinfektion oder einer der anderen Infektionen?“

Hier kommen erneut mehrere Vorgehensweisen in Frage. Man kann die Werte addieren und in einer Korrelationsanalyse auswerten. Eine einfachere Möglichkeit ist die visuelle Darstellung in einer Graphik. Dazu braucht man sechs verschiedene Tintenfarben.

Jetzt muss eine andere Graphik angefertigt werden. (Vgl. das Beispiel auf der nächsten Seite.)

Macht eine Graphik mit Zahlen von 1 – 20 (Gene, auf der X-Achse).

Die Y-Achse reicht von $-4,0$ bis $+4,0$ (Genaktivitätswert, auf der Y-Achse).

Zeichnet den Wert jedes Gens von dem ersten Chip (Malaria) in das Diagramm ein, und verwendet dabei eine bestimmte Farbe, die für den ersten Chip steht.

Zeichnet die Werte von jedem anderen Chip in die Graphik ein (wobei jedes Chip eine eigene Farbe erhält).

Verbindet alle blauen Punkte, violetten Punkte usw.

Dadurch erhaltet ihr für jeden Chip ein Profil.

Manche Linien scheinen ähnlicher zu verlaufen als andere.

Beispiele und Ergebnisse, die bei Rückfragen weiterhelfen können, befinden sich auf der nächsten Seite.

DAS MALARIAPROJEKT

Tabelle mit den Werten für die Chips

CHIP

1 2 3 4 5 6

Expressionsmatrix:

	Bedingungen					
	Malaria	Männchen	Pilz	Verletzung	Bakterie	Weibchen
Gene						
Gen_01	-4	-4	-4	-4	-3,5	-4
Gen_02	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
Gen_03	0	-3	-3	1	0,5	-2
Gen_04	1	-2,5	-2,5	0	1	-1
Gen_05	-1	-2	-2	-2	0,5	-1,5
Gen_06	-1,5	-1,5	-1,5	-2	-1,5	-1,5
Gen_07	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Gen_08	-0,5	-0,5	0	-0,5	-0,5	-0,5
Gen_09	-2	0	-1	0	-1	0,5
Gen_10	-3	0,5	-1,5	0,5	-2	2
Gen_11	-1	1	0	1	-0,5	2
Gen_12	1,5	1,5	0,5	1,5	0	1,5
Gen_13	2	2	2	2	2	2
Gen_14	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2,5
Gen_15	-0,5	3	3	1	2	2
Gen_16	-2	3,5	3	0	1	1
Gen_17	-1	4	3	2	2	2
Gen_18	4,5	4,5	4	4,5	3	3
Gen_19	5	5	4,5	5	5	5
Gen_20	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5

Abb. S. 51

Korrelationsgraphik

Expression

Malaria, Männchen, Pilz, Verletzung, Bakterie, Weibchen
Gene (1...20)

9. Traditionelle Behandlungsverfahren für Malaria

Findet heraus, welche Mittel und Therapien aus der Volksmedizin oder der „alternativen Medizin“ in der Vergangenheit zur Behandlung von Malariapatienten eingesetzt wurden. Das in der Vergangenheit wichtigste Mittel zur Behandlung von Malaria (Chinin) wurde auf der Grundlage lokaler Traditionen, bei denen Fieberanfälle mit Baumrinde behandelt wurden, entwickelt. Jetzt setzen die Wissenschaftler DNA-Chips und andere Methoden ein, um zu verstehen, wie Chinin auf Zellen wirkt. Fallen euch andere Therapien ein, bei denen ein Test mit DNA-Chips interessant sein könnte?

10. Erkundung des menschlichen Genoms im Internet

Die meisten Menschen haben davon gehört, dass uns die „Entschlüsselung“ des menschlichen Genoms Informationen liefern wird, die zum Verständnis von Krankheit und Gesundheit des Menschen beitragen werden. Haben sie aber eine Vorstellung davon, wie die Wissenschaftler diese Informationen nutzen möchten? Sie wissen jetzt, dass die Information über Gene zur Herstellung von Chips verwendet werden kann. Die Chip-Experimente werden hoffentlich Schwächen beim Malariaparasit und Moleküle aufdecken, die bei der Krankheit eine Schlüsselrolle innehaben.

Jetzt ist es an der Zeit, sich einmal genauer mit dem menschlichen Genom selbst zu befassen. Dazu ist Internetzugang erforderlich. Bei dieser Aktivität befassen sich Ihre Schüler mit dem Projekt *Ensembl*, der qualitativ besten Version des menschlichen Genoms und zahlreicher anderer Genome, die der Öffentlichkeit im Internet zugänglich ist. Bei einem „virtuellen Rundgang“ werden Sie die Website und die dort vorhandenen Informationen kennen lernen. Dabei werden Sie entdecken, wie Wissenschaftler sie täglich nutzen und wie man dem Genom „Fragen stellt“.

In jeder Körperzelle gibt es einen Zellkern, ein Kompartiment, das DNA enthält. Die DNA ist das genetische Material, das wir von unseren Eltern geerbt haben. Jede der vielen Trillionen von Zellen im Körper verfügt über eine identische Kopie unseres Genoms. Das sind jede Menge Informationen – wenn man die DNA einer einzigen Zelle lang ziehen würde, wäre der Faden ungefähr zwei Meter lang!

DNA besteht aus vier, als Nukleotiden bezeichneten Bausteinen, die durch die Buchstaben A, G, C und T dargestellt werden. Ein Teil der DNA besteht aus Genen, den Rezepten zur Eiweißbiosynthese.

Eineiige Zwillinge stammen von einer einzigen befruchteten Eizelle ab und weisen daher dasselbe Genom auf. Alle anderen Menschen dagegen haben einen eigenen, einzigartigen DNA-Satz. Wenn von „dem“ menschlichen Genom die Rede ist, handelt es sich dabei um eine Art Standardbeispiel, das aus Proben von verschiedenen Menschen zusammengestellt wurde. Wenn jemand Ihr eigenes Genom sequenzieren würde, würde man wahrscheinlich herausfinden, dass in der Sequenz ein „Buchstabe“ von Tausend anders ist.

Das Genom hat uns bereits zu faszinierenden Erkenntnissen über die menschliche Evolution verholfen. Vor zwei Jahren wies eine EMBL-Forschungsgruppe mit Hilfe des Genoms nach, dass jeder von uns durchschnittlich ungefähr Hundert neue Mutationen in seinem Genom hat – Fehler oder Irrtümer beim Kopieren, die nicht von unseren Eltern stammen. Wir vererben diese veränderten Gene an unsere Kinder. In den meisten Fällen ist dies ohne Bedeutung – Mutationen hat es schon immer gegeben. Ohne sie gäbe es den Menschen gar nicht.

Der Rundgang:

Hier werden Sie durch die Genom-Site von Ensembl geführt. Wir haben einige Screenshots eingefügt, die Ihnen bei der Orientierung helfen werden.

A. Gehen Sie zur Website unter <http://www.ensembl.org/>. Diese Site ist eine der wichtigsten im Web, wo man direkten Zugang zu Informationen über Genomprojekte, einschließlich des „Human Genome Project“ hat.

Diese Seite ist der „Ensembl Genome Browser“.

Von hier aus können Sie die vollständigen Genomsequenzen von mehreren Tierarten betrachten (vgl. **Ensembl Species**). Es wurden viel mehr Genome sequenziert, als hier zu sehen sind, aber Tiergenome sind besonders wichtig. Tiergenome sind unseren sehr ähnlich, so dass sie als einfachere Modelle für die Durchführung von Versuchen eingesetzt werden können, mit deren Hilfe wir mehr über die Humanbiologie erfahren und Krankheiten verstehen können.

Lassen Sie uns bei dem menschlichen Genom beginnen. Beachten Sie die Versionsnummer und das Datum. Die Informationen werden ständig überarbeitet. Manchmal müssen an der Sequenz an sich Korrekturen vorgenommen werden – denn die Sequenzierungstechnik ist zwar sehr gut, aber eben nicht perfekt. Außerdem müssen die Wissenschaftler manchmal die Art und Weise, wie die Sequenz interpretiert wird, korrigieren. Das Human Genome Project lieferte winzige Puzzleteilchen des Genoms, die zu einer Gesamtkarte zusammengesetzt werden mussten. Manchmal wurde ein Stück an die falsche Stelle positioniert, oder das „Bild“, was es darstellt (beispielsweise, ob es ein Gen enthält oder nicht) muss korrigiert werden.

Klicken Sie in der Liste **Ensembl Species** auf **Human**. Sie gelangen zu der Adresse http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/.

Auf der linken Bildschirmseite sehen Sie jetzt eine Reihe von Balken. Das sind Chromosome – d. h. riesige DNA-„Knoten“. (Damit zwei Meter DNA in eine Zelle passen, muss sie ganz eng aufgewickelt und verknotet werden.)

Links sehen Sie Darstellungen von den 22 Chromosomen sowie dem X- und dem Y-Chromosom. Die schwarzen Streifen auf den Chromosomen stellen als „Chromosomenbänder“ bzw. „-banden“ bezeichnete Regionen dar. Diese Chromosomenbanden unterscheiden sich durch ihre **physischen** Eigenschaften von den anderen Bereichen und nehmen unterschiedliche Farben an, wenn die Wissenschaftler die Chromosomen anfärben, um sie besser sehen zu können. Man kann sie sich als „Orientierungspunkte“ vorstellen, wie Sehenswürdigkeiten auf einer Landkarte, denn diese Funktion hatten sie in der Vergangenheit für die Wissenschaftler – Bezugspunkte, um die verschiedenen DNA-Abschnitte zu identifizieren.

Betrachten Sie einmal Chromosom 1, indem sie es anklicken. Dadurch wird das Chromosom herangezoomt, und links am Bildschirm erscheint eine Vergrößerung. In der Vergrößerung sind einige neue Merkmale der DNA zu erkennen.

Die linke Spalte stellt die „Gendichte“ dar – wie viele Gene in einem bestimmten Bereich vorhanden sind (man darf nicht vergessen, dass nur ein geringer Prozentsatz der DNA

DAS MALARIAPROJEKT

tatsächlich in Form von Genen eingesetzt wird). Es gibt Bereiche mit einer hohen Genzahl und einen Bereich ganz ohne Gene.

In der Spalte ganz rechts ist das Chromosom noch stärker vergrößert. Man erkennt die Bezeichnungen, welche die Wissenschaftler für einige der Banden gewählt haben. Der eine Chromosomenarm erhält den Buchstaben „p“, der andere ein „q“. Die Zahlen steigen ausgehend vom Zentrum Richtung Ende an.

Rechts finden Sie weitere Informationen über das Chromosom. „Known Ensemble Genes“ bedeutet beispielsweise, dass 1855 Gene direkt in Versuchen gefunden wurden. Ein Wissenschaftler kann ein Protein in einer Zelle gefunden und seinen chemischen Code analysiert haben und dabei darauf gestoßen sein, dass sich das Gen für das Protein auf Chromosom 1 befindet.

Sie werden auch auf so genannte „novel genes“ (neue Gene) treffen. Interessanterweise hatte vor der Entschlüsselung des menschlichen Genoms niemand eine genaue Vorstellung davon, wie viele Gene Menschen eigentlich haben. Früher konnte man Gene nur durch schwierige Experimente entdecken. Mit der Zeit wurde dann aber klar, dass der DNA-Code für die meisten Gene einige besondere Merkmale aufweist (eine Art Text mit dem Hinweis „Ein Gen beginnt hier und endet hier.“). Da jetzt die gesamte Sequenz vorliegt, können Computer eingesetzt werden, um zu versuchen, diesen Code zu lesen. „Novel genes“ wurden auf diese Weise entdeckt. Diese Methode ist keineswegs perfekt, und das Computerprogramm wird ständig aktualisiert – ein weiterer Grund, warum es noch viele Jahre lang zahlreiche neue Versionen des menschlichen Genoms geben wird!

Ein „novel gene“ ist eine Vorhersage, und Vorhersagen können manchmal falsch sein. Daher ist die einzig sichere Art, ein Gen zu finden, nach wie vor das Experiment.

Lassen Sie uns das Chromosom noch näher heranzoomen. Stellen wir einen Bereich mit vielen Genen scharf ein – die Bereiche ohne Gene sind bei weitem nicht so interessant!

Man kann einen Bereich heranzoomen, indem man mit der Maus daraufklickt oder folgende Adresse eingibt:

http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/contigview?chr=1&vc_start=78451177

Lassen Sie uns das jetzt machen. Neue Felder tauchen auf.

Dem oberen Feld entnehmen Sie, an welcher Stelle Sie sich befinden, wie die Koordinaten auf einer Karte.

In dem zweiten Feld sehen Sie die (aus Versuchen bekannten oder vom Computer vorhergesagten) Gene in dem betreffenden Bereich.

Jetzt können Sie eins der Gene in dem Feld anklicken und es wird die Chromosomenkarte verschoben, bis sich dieses Gen in der Mitte befindet. Zum Beispiel:

http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/contigview?highlight=&chr=1&tvc_length=1000000&vc_start=78351178&vc_end=78451177&vc_pix=596&vc_left=98&click_to_move_window.x=353&click_to_move_window.y=127

DAS MALARIAPROJEKT

Bei diesem Beispiel vergrößern sie es, so stark es geht – bis auf die Ebene des DNA-Codes, die Liste der Basen (A, C, G, T), aus denen DNA besteht. Jetzt sind Sie beim Code angelangt. Er erscheint im unteren Feld. Das ist das Rezept für ein Gen. Mit der richtigen Ausstattung könnten Sie mit dieser Information einen Teil dieses Gens in Ihrem Labor „herstellen“, einfach indem Sie einzelne Nukleotide zusammenkleben! (Früher war das äußerst schwierig, aber die Wissenschaftler werden immer besser, was die DNA-Synthese angeht.)

Befassen wir uns nun mit der Zeile „Ensembl Trans“. Rechts vom Text sehen Sie durch eine Schlangenlinie verbundene Quadrate und Balken. Klicken Sie auf eins der Quadrate.

http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/geneview?gene=ENSG00000077254

führt Sie beispielsweise zum so genannten „Gene View“ (Genansicht). Um die Informationen auf dieser Seite zu verstehen, müssen Sie Vorkenntnisse über die Bauart von Genen haben.

Wie bereits erwähnt, machen Gene nur einen kleinen Teil des Genoms aus. Die Wissenschaftler versuchen nach wie vor, zu ergründen, welche Funktion die übrige DNA hat. Häufig sind Gene durch lange Abschnitte solcher rätselhaften Sequenzen voneinander getrennt – und wenn man endlich zum Gen vorgestoßen ist, ist es häufig in kleine Stücke verstreut.

Das Endergebnis ist, als öffne man in einem Textverarbeitungsprogramm den falschen Dateityp. Beispielsweise, als öffne man eine „html-Datei“ – HTML (Hypertext Markup Language) ist ein System zum Codieren oder Markieren eines Dokumentes, so dass es im World Wide Web veröffentlicht werden kann. – mit einem Textverarbeitungsgerät. Zwar kann man den Text erkennen, aber er ist zwischen jeder Menge Befehlen verteilt, die einem anderen Programm mitteilen, wie er in ein Web-Dokument verwandelt werden soll. Bei Genen werden die für die Codierung der Eiweiße zuständigen Teile (der „Text“, so genannte *Exone*) häufig durch andere DNA-Segmente, so genannte *Introne*, unterbrochen, die häufig das biologische Äquivalent der Formatierungshinweise enthalten.

Wenn Sie einmal das Feld „predicted transcripts“ (vorhergesagte Abschriften) anschauen, dann sehen Sie kleine Quadrate, welche die Exonen darstellen. Dort finden Sie auch einen Link zu einer „protein sequence“ (Proteinsequenz). Während der DNA-Code aus vier Buchstaben besteht, enthalten Proteine einen komplexeren chemischen Code mit 20 Buchstaben. Die Zelle verfügt über eine Vorrichtung, die den DNA-Code in einen Proteincode „übersetzt“.

Wenn Sie den Link „view protein information“ (Proteininformationen betrachten) anklicken, finden Sie vielleicht Informationen über die Funktionsweise des Proteins. Vielleicht hat irgendwo ein Wissenschaftler damit ein Experiment durchgeführt. Lassen Sie es uns ausprobieren und klicken wir auf

[ENSP00000263184](#)

In diesem Fall haben die Wissenschaftler entdeckt, dass das Protein ein PVHL-INTERACTING DEUBIQUITINATING ENZYME 1 ist. Uff! Es tut mir leid, aber da müssen Sie einen auf Enzyme spezialisierten Biologen fragen, was das ist!

Diese Art von Browsen mag eine Weile Spaß machen, aber man kann dem Genom auch anders herum Fragen stellen –eine der wichtigsten Arten, wie die Wissenschaftler es nutzen.

DAS MALARIAPROJEKT

Lassen Sie uns versuchen, ein Gen zu finden, das mit einer Krankheit in Verbindung gebracht wurde ... Wir nehmen die Alzheimer-Krankheit als Beispiel. Wir werden herausfinden, ob von irgendwelchen Genen bekannt ist, dass sie bei dieser Krankheit eine Rolle spielen, und wir werden versuchen, sie im Genom zu finden.

Gehen Sie wieder zurück zu http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/

Dort gibt es oben ein Abrollmenü (Drop-down-Menü; das graue Feld mit dem Pfeilsymbol, neben dem jetzt „Anything“ [Alles] steht). Wenn Sie die Maustaste auf diesem Menü drücken, erhalten Sie mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, um nach etwas zu suchen. Wählen Sie „Disease“ (Krankheit) indem Sie die Maus auf diesen Eintrag führen.

Rechts von diesem Menüfeld (wo jetzt „Disease“ stehen sollte) steht das Wort **with** (mit) und daneben ein freies Textfeld. Geben Sie „Alzheimer“ in dieses Feld ein. Achten Sie auf die korrekte Rechtschreibung, sonst erhalten Sie keine Ergebnisse!

Beginnen Sie mit der Suche, indem Sie auf das Berührungsfeld „Lookup“ (nachschiagen) klicken.

Sie erhalten eine Liste mit mehreren Links. Es gibt so viele, weil die Wissenschaftler mehrere unterschiedliche Formen von Alzheimer entdeckt haben, die wahrscheinlich mit verschiedenen Genen zu tun haben.

Klicken Sie auf [OMIM Disease: Alzheimer disease-3](#)

Es gibt mehrere Gene, die mit dieser Krankheit in Verbindung stehen.

Klicken Sie auf den Ensembl-Identifizierungscode (Ensembl id) unter „Alzheimer disease-3“. Klicken Sie auf den Code „ENSG00000080815“.

Jetzt sehen wir den „transcript view“ (**Abschriften**-Ansicht) – d. h. den Proteincode für das Gen. Sie sind auf ein Protein namens Presenilin 1 gestoßen. Irgendwo hat irgendwann ein Forscher entdeckt, dass dieses Molekül mit der Alzheimer-Krankheit zu tun hat.

Forscher machen die ganze Zeit nichts anderes als das, was Sie gerade machen. Vor zwei Jahren entdeckte ein EMBL-Team, dass ein Molekül, das bekanntermaßen mit Alzheimer zusammenhängt, wahrscheinlich auf unerwartete Weise von einem anderen Molekül durchgeschnitten wird. Diese Erkenntnis kam überraschend, da man das andere Molekül bereits gut kannte: Ein häufig für die Behandlung von Schlaganfallpatienten eingesetztes Arzneimittel beeinflusst sein Verhalten. Plötzlich gab es einen Zusammenhang zwischen Arzneimittel, Schlaganfällen und Alzheimer – was für medizinische Forscher von unermesslichem Wert sein kann. Wenn solche Informationen nicht sorgfältig in einer Datenbank gespeichert werden, dann findet sie derjenige, der sie braucht, nicht. Es ist eine echte Herausforderung, alle diese Informationen auf dem neuesten Stand zu halten.

Vielleicht hat jemand eine Information über das Preselin-1-Gen, die uns weiterhilft. Lassen Sie uns einmal nachschauen, wo sich das Gen im Genom befindet.

Klicken Sie in dem Feld „genomic location“ (**Stelle im Genom**) auf:

DAS MALARIAPROJEKT

View gene in genomic location: 71108203 – 71192133 bp (71.1 Mb) on chromosome 14

Dadurch gelangen wir wieder zum „genomic view“ (Genom-Ansicht) und finden das PSEN-1-Gen (die Abkürzung für Preselin 1) in der Übersicht.

Wenn Sie sich als Biologe mit Alzheimer beschäftigen, möchten Sie vielleicht wissen, ob Mäuse ein ähnliches Gen besitzen. Wenn Sie ein solches Gen finden, könnten Sie Versuche mit Mäusen durchführen, die Ihnen zu neuen Erkenntnissen über Alzheimer verhelfen.

Auch für diese Art von Informationssuche können Sie Ensembl einsetzen.

Im unteren Feld auf der Seite, auf der Sie sich gerade befinden, gibt es eine Zeile namens „Mouse matches“ (Gegenstücke bei Mäusen). Rechts von diesem Text befindet sich eine Leiste. Wenn Sie darauf klicken, gelangen Sie zum Mausgenom:

Womit wir auf eine äußerst interessante Information gestoßen wären: Mäuse haben ein Gen, das dem menschlichen Gen sehr ähnlich ist – es ist sogar so ähnlich, dass es genauso heißt (Preselin 1 oder kurz PSEN 1)!

DAS MALARIAPROJEKT

Warum haben Menschen und Mäuse teilweise die gleichen Gene? Wir entwickelten uns vor vielen Millionen Jahren aus demselben Vorfahren, und wir haben die Gene dieses Vorfahren geerbt. Die Genanalyse liefert uns eine zweite Möglichkeit, Darwins Evolutionstheorie zu bestätigen – jetzt können wir mehr, als lediglich eine Verwandtschaft zu Tieren feststellen, weil beide Augen und Ohren und Haare haben. Wir können jetzt sogar nachvollziehen, wie die Codes sich mit der Zeit entwickelt haben, und wir können recht gut beurteilen, wann unser gemeinsamer Vorfahre gelebt hat und wie er aussah.

Mit der Zeit entstanden durch Mutationen und andere Dinge Unterschiede zwischen menschlichen Genen und Mäusegenen. (Wenn ich nach Rezepten meiner Großmutter koche, verändere ich auch etwas – zum einen, weil ich ihre Zutaten gar nicht mehr bekomme, und zum anderen, weil ich einen anderen Geschmack habe! Aber es ist nach wie vor ihr Rezept!) Wenn die Unterschiede nicht zu groß sind, besteht eine reelle Chance, dass die Wissenschaftler mit Mäusen arbeiten können, um eine Menschenkrankheit zu verstehen!

Weitere Informationen über das Mäusegen erhalten Sie, wenn Sie auf „Ensembl trans“ klicken. Dies könnte hilfreich sein, um herauszufinden, welche Versuche Aufschluss über das Mäusegen gegeben haben. Über diesen Link gelangen Sie in andere Datenbanken, in denen diese Art von Informationen gespeichert ist. Die beste Proteindatenbank weltweit ist SWISSPROT. Sie wurde vor zwanzig Jahren von einem reizenden Man (aus der Schweiz) namens Amos Bairoch ins Leben gerufen. Amos wacht nach wie vor persönlich über jede Information über ein Protein, die in SWISSPROT aufgenommen wird. Lassen Sie uns jetzt also zu dem Feld mit den Links gehen und herausfinden, was er uns über Preselin 1 sagen kann. Klicken Sie in dem Link-Abschnitt auf SWISSPROT: PSN1_MOUSE.

Dadurch erhalten wir eine Menge an Informationen über das Gen und das Protein, einschließlich wichtiger Fachartikel, die Wissenschaftler über ihre Versuche damit geschrieben haben. In der Liste finden Sie einen Artikel mit dem Titel „Molecular cloning and tissue distribution of presenilin-1 in senescence accelerated mice (SAM P8) mice“. Diese Mäuse leiden an einer Krankheit namens SAM, die mit Alzheimer beim Menschen vergleichbar ist. Somit dienen diese Mäuse Wissenschaftlern als Modell, um die Menschenkrankheit zu verstehen. Bei Malaria und zahlreichen anderen Krankheiten wird genauso vorgegangen.

Was Sie gerade mit Ensembl gemacht haben, ist genau dasselbe, was Wissenschaftler tagtäglich machen, um Neues über das Genom zu entdecken. In der Datenbank sind so viele Informationen enthalten, dass es noch große Flächen nicht kartiertes Terrain auf der Landkarte gibt! Die Informationen im Internet stehen allen Interessierten offen. Wenn Sie lange genug herumbrowsen und lernen, mit Hilfe der Internetfunktionen neuartige Fragen zu stellen, werden Sie irgendwann Dinge über unser Genom entdecken, die zuvor noch niemand gesehen hat.

11. Lektüre

Molekularbiologie und die Zukunft der Arzneimittelentwicklung

Im vergangenen Jahrhundert hat sich der Schwerpunkt in der Biologie von der Betrachtung ganzer Tiere und Organismen auf die Untersuchung der Wirkungsweise einzelner Moleküle in Zellen und Organismen verlagert. Dank dieses neuen Wissenschaftszweigs wissen die Forscher heute von vielen Arzneimitteln, wie sie wirken, und es gibt auch völlig neue Wege, neue Arzneimittel zu entwickeln und zu prüfen.

In der Vergangenheit wurden die meisten Arzneimittel dadurch entwickelt, dass ein Forscher eine Substanz – häufig aus einer Pflanze – nahm und sie an Tieren und Menschen prüfte. Wenn sie eine wichtige Wirkung zu besitzen schien, machten sich die Chemiker auf die Suche nach dem „aktiven Bestandteil“. Diese Substanz konnte dann auf unterschiedliche Weise mit dem Ziel modifiziert werden, sie noch wirksamer zu machen oder Nebenwirkungen zu beseitigen.

Dies geschah meistens ohne fundiertes Wissen über den Wirkmechanismus des Arzneimittels. Man konnte davon ausgehen, dass es die Chemie der Zellen irgendwie veränderte, aber es war nicht möglich, das Geschehen aus der Nähe zu betrachten. Es war irgendwie, als ließe man einen Gegenstand oben in eine riesige Maschine fallen und warte dann darauf, dass unten irgendetwas herauskäme. Wenn man Glück hatte, kam etwas Gutes heraus, und man kam dahinter, was man oben hineintun musste, um unten das zu bekommen, was man wollte. Aber man konnte nicht in die Maschine reinschauen, um die Logik hinter den Vorgängen zu entdecken, und manchmal gab es unangenehme Nebenwirkungen oder Zusammenbrüche, die man nicht verstand.

Dank unseres Wissens über einzelne Moleküle – insbesondere Proteine – verändert sich obige Situation langsam. Diese „Maschinen“ erfüllen eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben in den Zellen, normalerweise, indem sie sich miteinander verbinden. Manche Proteine nehmen Substanzen aus der Nahrung auf und verarbeiten sie, damit die Zellen daraus Energie gewinnen können. Andere geben Informationen weiter, beispielsweise die Nachricht, dass ein Virus an die Außenwand der Zelle anklopft oder dass es draußen wesentlich kälter geworden ist. Andere wiederum befinden sich auf der Zelloberfläche und „schmecken“ die äußere Umgebung auf der Suche nach Informationen.

Ein Protein funktioniert wie ein Maschinenteil auf eine bestimmte Art und Weise, weil seine Form und seine physischen Merkmale es mit anderen Teilen interagieren lassen. Wenn etwas (häufig ein anderes Molekül) diese physischen Eigenschaften verändert, ändert sich auch seine Funktionsweise. Arzneimittel wirken häufig deshalb, weil sie sich eins der Moleküle der Zelle greifen und dessen Form oder Chemie verändern. Wenn sie beispielsweise ein klebriges Loch auf der Oberfläche des Proteins verstopfen, verschließen sie möglicherweise einem anderen Molekül, das sich durch den Spalt zwängen muss, die Tür. Ein Arzneimittel kann auch ein aus der Reihe tanzendes Protein zerschneiden und die Teile verstreuen, so dass es nicht mehr funktionieren kann.

Um herauszufinden, welche dieser Möglichkeiten zutrifft, legen Wissenschaftler großen Wert auf detaillierte Baupläne von Molekülstrukturen. Dann kann man nämlich beobachten, wie sich der Plan verändert, wenn ein Arzneimittel ins Spiel kommt. Ein einzelnes Molekül ist unter dem Mikroskop nicht sichtbar, aber es gibt andere Möglichkeiten hoch auflösende

DAS MALARIAPROJEKT

Bilder von der Molekülstruktur zu machen. Eine der wichtigsten Techniken ist die so genannte Röntgen-Kristallographie.

Mit diesen Methoden können Wissenschaftler exakte Karten von Proteinen anfertigen. Die Bilder liefern häufig die Erklärung für entscheidende Aspekte des Verhaltens eines Moleküls. Sie können zeigen, wo genau auf der Proteinoberfläche das Loch ist, das man versiegeln möchte. Dann kann man einen künstlichen Zwischenstecker herstellen und in das Loch stecken. Wenn man Strukturen untersucht, erhält man auch Aufschluss darüber, wie ganze, aus mehreren Molekülen bestehende Maschinen zusammengesetzt sind.

Diese Art der Forschung wird heute mit anderen neuen Technologien kombiniert, um die medizinische Forschung zu verbessern. Ein Experiment mit DNA-Chips kann Forschern beispielsweise helfen, eine Vorstellung von den Genen und Proteinen zu bekommen, die den Malaria Parasiten helfen, in die Zellen einzudringen. Der nächste Schritt besteht darin, eine Substanz zu finden oder ein völlig neues Arzneimittel zu entwickeln, das die Aktivität dieser kritischen Moleküle verändert.

Röntgenuntersuchungen waren früher schwierig und zeitaufwendig. Doch Dank der Bemühungen von Physikern, Mathematikern, Ingenieuren, Computerexperten und Biologen beschleunigt sich der Prozess. Pharmaunternehmen bereiten sich darauf vor, Hunderte oder Tausende von Varianten einzelner Moleküle zu prüfen, um eine genaue Vorstellung davon zu erhalten, wie sie Schlüsselproteine beeinflussen. Dadurch können sich jahrelange Prüfungen erübrigen, die in der Vergangenheit mit Zellen, Tieren und menschlichen Versuchspersonen durchgeführt wurden. Es hat erfreulicherweise den Anschein, als würde das Verfahren zur Entwicklung neuer Arzneimittel revolutioniert.

Bild mit freundlicher Genehmigung der Wellcome Library, London

Abschnitt Fünf:

Wissenschaft, Gesundheit, Krankheit und Gesellschaft

Ziele:

Die Schüler sollen sich mit der Beziehung zwischen Wissenschaft und dem Themenkomplex „Gesundheit und Krankheit“ sowie den sozialen und politischen Dimensionen von Krankheit befassen.

Aktivitäten:

Kreativaufgaben
Forschung und Berichte/Reportagen
Interviews
Analysen

Benötigte Fähigkeiten:

Menschen interviewen, Informationen zusammenfassen, debattieren

Aktivitäten

Film
Interviewprojekt
Alternative Medizin
Kreativprojekte

Aktivitäten

1. Zeigen Sie Ihrer Klasse wenn möglich einen dieser beiden Filme: *Outbreak – Lautlose Killer* oder *Und das Leben geht weiter*. Leider konnten wir diese Filme nicht mit dem Paket liefern. Daher müssen Sie sie ausleihen oder über Ihre Bibliothek besorgen. Beide Filme werfen viele Fragen darüber auf, wie die Gesellschaft mit Krankheit umgeht. *Outbreak – Lautlose Killer* handelt davon, was passieren könnte, wenn eine tödliche, unheilbare Krankheit eine Kleinstadt trifft. *Und das Leben geht weiter* ist eine wahre Geschichte, die davon handelt, wie AIDS entdeckt wurde und wie Politiker und Wissenschaftler darauf reagiert haben.

Diskussionsfragen:

Starten Sie eine Debatte zu dem Thema „Persönliche Freiheiten und Infektionskrankheiten“. Versuchen Sie, Schüler zu finden, die unterschiedliche Standpunkte vertreten – welche, die der Auffassung sind, dass persönliche Freiheiten wesentlich wichtiger sind als die öffentliche Sicherheit, und andere, die vom Gegenteil überzeugt sind. Lassen Sie sie Erklärungen zu folgenden Fragen vorbereiten:

Wann ist eine Krankheit ein persönliches Problem und wann ein gesellschaftliches Problem?

Sollte die Information, dass ein Mensch an einer Infektionskrankheit leidet, zwischen Arzt und Patient immer streng vertraulich behandelt werden, oder gibt es Fälle, wo Ehemann/-frau des Patienten, die Gesellschaft usw. informiert werden sollten?

Sollte es ein nationales Verzeichnis von Menschen geben, die an einer bestimmten Krankheit leiden?

Ist es in Ordnung, statistische Informationen über Menschen mit Krankheiten zu speichern, solange sie nicht veröffentlicht werden?

Warum ereignen sich die meisten Todesfälle auf Grund von Malaria, Tuberkulose und AIDS in Entwicklungsländern?

Macht euch klar, dass DNA-Chips in Kürze gängige Diagnosetools zur Betrachtung des genetischen Profils eines Menschen insgesamt sein werden. (Beispielsweise, um zu überprüfen, ob Embryos an genetisch bedingten Krankheiten leiden.) Das hat weitreichende Folgen, z. B.:

Eine Mutter könnte sich auf Grund des Testergebnisses zu einem Schwangerschaftsabbruch entscheiden.

Auf der Suche nach Genen, die mit einer bestimmten Krankheit zu tun haben, könnte ein Arzt auf viele andere Probleme stoßen.

Helfen Sie Ihren Schülern, über die weiter gefassten Themen „Gesundheit“ und „Krankheit“ im Allgemeinen nachzudenken. Sowohl Philosophen als auch Wissenschaftler weisen darauf hin, dass die Definition von „Gesundheit“ und „Krankheit“ stark von gesellschaftlichen Werten und der Kultur geprägt ist. Das merkt man leicht, wenn von geistiger Gesundheit die

DAS MALARIAPROJEKT

Rede ist. (Denken Sie nur an die Gesellschaften, in denen Menschen mit „seltsamen“ oder „unliebsamen“ Ideen für geisteskrank erklärt werden.) Aber dieses Thema ist auch bei eher „physiologischen“ Fällen relevant. Ein stark vereinfachendes Beispiel im Zusammenhang mit Malaria ist die bereits erwähnte Tatsache, dass Menschen mit Sichelzellenanämie eine relative Immunität gegen den Parasiten besitzen. Ein genetisches Profil, das in manchen Fällen Krankheiten verursacht, kann gleichzeitig in einem anderen Fall für Gesundheit sorgen. Es kann viele Fälle geben, wo so etwas passiert.

2. Interviewprojekt

Teilen Sie die Klasse in drei Gruppen. Jede Gruppe erhält einen Schwerpunkt und führt Interviews zu diesem Thema durch.

Nach Beendigung sollten die Interviews transkribiert oder zusammengefasst werden. Die Informationen sollten tabellarisch oder in Form einer Zusammenfassung dargestellt und dem Rest der Klasse mitgeteilt werden.

Schwerpunktthema A: „Medizin in der Vergangenheit“

Findet und interviewt einige Menschen, die Anfang des 20. Jahrhunderts geboren wurden. Versucht, Menschen aus unterschiedlichen Ländern und kulturellen Hintergründen zu finden. Stellt Ihnen folgende Fragen:

Vor welchen Krankheiten, die heute in keinster Weise als besonders gefährlich eingestuft werden, hatte man Angst als Sie ein Kind waren?

Kannten Sie Kinder oder andere Menschen, die an diesen Krankheiten gestorben sind?

Was veränderte sich durch die Entdeckung von Antibiotika und Impfstoffen bei manchen dieser Krankheiten (zum Beispiel Kinderlähmung)?

Wurden Sie zu einem Arzt oder in ein Krankenhaus gebracht, wenn Sie krank waren, kam der Arzt zu Ihnen nach Hause oder wurden Sie von einer anderen Art von Heiler behandelt?

Haben einschneidende gesellschaftliche Ereignisse und Krisen – beispielsweise Krieg oder Umweltkatastrophen – die Möglichkeiten ihrer Familie, an Medikamente oder medizinische Behandlung zu kommen, eingeschränkt?

Wie haben die Menschen von neuen Medikamenten erfahren? Waren die neuen Arzneimittel besonders teuer? Erinnern Sie sich an Informationskampagnen, um die Menschen über die Arzneimittel und den Umgang damit aufzuklären?

Wie hat sich die Einstellung der Menschen gegenüber Krankheiten, Arzneimitteln, Ärzten oder Krankenhäusern verändert?

Glauben Sie, dass die Menschen jetzt mehr über Gesundheitsprobleme in Entwicklungsländern wissen, als in Ihrer Jugend?

DAS MALARIAPROJEKT

Schwerpunktthema B: „Medizin in der Zukunft“

Findet und interviewt / befragt unterschiedliche Menschen zu den unten genannten Themen. Es ist wichtig, von einer repräsentativen Stichprobe aus unterschiedlichen Menschentypen auszugehen: junge und alte mit unterschiedlichen Berufen. Achtet darauf, wer welche Art von Antwort gibt; das müsst ihr zum Schluss analysieren!

Glauben Sie, dass der Mensch Krankheit je besiegen wird? Oder wird die Natur immer kompliziertere Krankheiten hervorbringen, je mehr wir wissen?

Auf der Welt gibt es viele verschiedene Arten von Medizin – von Hausmitteln über traditionelle Heilverfahren bis hin zu der Art von „experimenteller“ Medizin, die in der klassischen Medizin der westlichen Welt mündete. Glauben Sie, dass es auch in Zukunft weiterhin eine solche Vielfalt an medizinischen Traditionen geben wird?

Welche Auswirkungen hätte es auf die Gesellschaft, wenn die in der Wissenschaft erzielten Fortschritte den Menschen ein wesentlich längeres Leben ermöglichten? Oder wenn wir deutlich schneller Lösungen für Krankheiten fänden?

Schwerpunktthema C: Alternative Medizin

Unterhaltet euch mit Menschen, die eine Art „alternative Medizin“ praktizieren, über die Zukunft der Medizin und der menschlichen Gesundheit. Lasst sie ihre grundlegende Anschauung im Hinblick auf Krankheit und Gesundheit darstellen und wie sie sich die Entwicklung der Medizin in der Zukunft vorstellen.

DAS MALARIAPROJEKT

4. Kreative Aktivitäten:

Schreibe eine Geschichte oder einen Aufsatz über Krankheit / Gesundheit / Medizin in der Zukunft.

Schreibe einen Aufsatz darüber, was deiner Meinung nach getan werden sollte, um unsere wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Ressourcen effektiver zur Verbesserung der Gesundheit der Menschen in verschiedenen Teilen der Erde einzusetzen.

Schreibe einen Brief an dein Forschungsministerium, ein Pharmaunternehmen oder eine Stiftung, in dem du begründest, warum sie in Forschungstätigkeit über eine Krankheit investieren sollten, die für dein Land vielleicht keine direkte Bedrohung darstellt.

Filme oder nehme ein Interview mit einem Arzt, der in Afrika gearbeitet hat / jemanden aus Afrika auf, der darüber spricht, wie Malaria und andere Krankheiten sich auf Gesellschaft und Kultur auswirken.

Inhalt der CD-ROM

Öffnen Sie beim Laden der CD folgende Startseite:

start.html (Web-Browser-Version)

start.pdf (Acrobat-Reader-Version)

Programme, mit denen die Dokumente gelesen werden:

Adobe Acrobat Reader

Dateien:

1. **laveran.pdf**

Auszüge aus Laverans Originalartikel

2. **capers1.pdf**

capers2.pdf

Kapitel aus dem Buch *The Malaria Capers* von Robert S. Desowitz

3. **global.pdf**

Ein Dokument über die globale Klimaveränderung vom Met Office, Hadley Centre for Climate Prediction and Research (VK)

4. **The hunt for a malaria vaccine**

Dokumentarsendung im Radio von der Australian Broadcasting Corporation

5. **fotis.mov, iain.mov, matthias.mov, giorgos.mov, chris.mov**

Interviews mit Fotis C. Kafatos, Iain Mattaj, Matthias Hentze, Giorgos Christophides, Christian Schwager

Ideen

Über das EMBL

Das Europäische Laboratorium für Molekularbiologie ist ein Institut für Grundlagenforschung, das durch öffentliche Forschungsgelder von 16 Mitgliedsländern finanziert wird, darunter die meisten EU-Mitgliedstaaten, die Schweiz und Israel. Forschung wird am EMBL von ungefähr 80 unabhängigen Gruppen betrieben, die das gesamte Spektrum der Molekularbiologie abdecken. Das Labor besteht aus fünf Einheiten: das Hauptlabor in Heidelberg, Außenstellen (Outstations) in Hinxton (European Bioinformatics Institute), Genf, Hamburg und ein externes Forschungsprogramm zu Mäusebiologie in Monterotondo in der Nähe von Rom. Die Eckpfeiler der EMBL-Mission sind: die Durchführung von Grundlagenforschung im Bereich Molekularbiologie, die Fortbildung von Wissenschaftlern, Studenten und Besuchern auf jedem Niveau, den Wissenschaftlern in den Mitgliedsstaaten umfassende grundlegende Dienstleistungen anzubieten und die Entwicklung neuer Instrumente und Methoden in den Biowissenschaften. Das Labor sponsort auch ein aktives Programm zum Thema „Wissenschaft und Gesellschaft“ (Science and Society Programme). Besucher sind willkommen. Weitere Informationen finden Sie auf der EMBL-Website unter:

<http://www.embl-heidelberg.de>

oder kontaktieren Sie:

The Office of Information and Public Affairs

Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL)

Tel.: +49 (0)6221 387252

Fax: +49 (0)6221 387525

E-Mail: info@embl-heidelberg.de

Die EMBL-Mitgliedstaaten sind:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Israel, Italien, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Spanien, Schweden, die Schweiz und das Vereinigte Königreich.