Die Welt durch andere Augen sehen - Bakterienmodelle

Inhalt:

1. **Abstract**
2. **Theoretisches**
3. **Das Glaswannen- Modell**
4. **Das Reis-Modell**
5. **Formen und Oberflächen von Bakterien im Modell**
6. **Bakterienvermehrung**
7. **Bewegungsmodell eines Bakteriums**
8. **Bewegungsmodell einer Geißel**

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

1. Abstract:

Titel: Bakterienmodelle im NWA-Unterricht (Anschauungsmodelle zum zellulären Aufbau und zur Bewegung)

Gegenstand dieser Arbeit ist der Einsatz, die Beschaffung und die Herstellung von Anschauungsmodellen von Bakterien zum Thema *Mikrokosmos und Makrokosmos mit Hilfsmitteln erschließen*. Es werden Materialien, Bauanleitungen, Demonstrationsversuche und Tipps und Tricks sowie Anregungen und kritische Beobachtungen rund um das Bakterienmodell vorgestellt. Im Einzelnen werden Demonstrationsmodelle und Schülermodelle zum zellulären Aufbau von Bakterien und deren Herstellung, Bewegungsmodelle zur Fortbewegung des Bakteriums und der Funktion der Geißel und Anschauungsversuche zur exponentiellen Vermehrung von Bakterien behandelt.

Verfasser: Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

2. Theorie zu Modelle (nach ESCHENHAGEN, KATTMANN, RODI, verändert)

Das Wort „Modell“ ist aus dem lateinischen abgeleitet und bedeutet so viel wie Maßstab oder Art und Weise. Modelle sind also laut Definition vereinfachte Abbildungen vom „Original“. Modelle haben einen zweifachen Charakter: erstens wird die Modellierung aus einem bestimmten Grund, nämlich dem der Reduzierung auf bestimmte Merkmale des Originals, durchgeführt, zweitens werden die so gebildeten Modelle zu einem bestimmten Zweck eingesetzt, dem der Anschauung oder Bewusstmachung. Sie gelten also als konstruierte Hilfsmittel mit den Funktionen der Erkenntnisgewinnung und Erkenntnisvermittlung. Sie erleichtern das Erfassen von Sachverhalten und das Lösen von Problemen, dienen der Problemfindung, Problemeingrenzung und der Veranschaulichung von Strukturen und Prozessen. Modelle müssen gewissen Anforderungen entsprechen, um diesen Funktionen zu genügen. Sie müssen einfacher sein als das Original, müssen aber auch so exakt sein, um Rückschlüsse über das Original zuzulassen, und sie müssen in wesentlichen Eigenschaften dem Original entsprechen und ihm ähneln. Die Wahl eines Modells kann in keinem Fall das Original ersetzen. Unter bestimmten didaktischen Gesichtspunkten ist die Wahl eines Modells jedoch sinnvoll. Eine Liste der verschiedenen Modellarten ist in Tabelle 1 ersichtlich. Auf alle Fälle muss auf Stärken und Schwächen der jeweiligen Modelle eingegangen werden, da die Modelle bestenfalls eine begrenzte Aussagekraft über das hervorgehobene Merkmal des Originals haben. Die Schüller sollen Modelle als Möglichkeit erkennen, sich die Komplexität und Abstraktheit der Realität vereinfacht verfügbar zu machen. Um dem Original möglichst nahe zu kommen, ist es sinnvoll, mehrere Modelle zur Verdeutlichung zu benutzen und so die Gesamtheit des Originals unter verschiedenen Gesichtspunkten zu verdeutlichen.

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Tabelle 1: Modellbezeichnungen (nach ESCHENHAGEN, KATTMANN, RODI, verändert)

Einteilung nach verschiedenen Gesichtspunkten:		
Realitätsbereich	gedanklich	Denkmodell
	materiell	Anschauungsmodell
didaktischer Ort	unbekannte Sachverhalte	Forschungsmodell
	bekannte Sachverhalte	Lehr- & Lernmodell
Dimensionen	zweidimensional	Bildliches Modell
	dreidimensional	Körperliches Modell
Eigenschaften	Dynamik	Funktionsmodell
	Statik	Strukturmodell
Entsprechung von Original und Modell	theoretisches Konstrukt	Konstruktmodell
	in analogen Teilen	Analogmodell
	Original als Vorbild	Homologmodell

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

3. Das Glaswannen- Modell

Das Glaswannen- Modell stellt ein exemplarisches Modell eines Procyts dar, mit dessen Hilfe man im Unterricht den Bau und die Funktionsweise eines Bakteriums erklären kann. Allerdings ist der Aufbau mehr oder weniger aufwändig.

Man kann das Modell auch mit Schülern bauen. Verkleinert ist das Modell ersatzweise in einem Schuhkarton oder in einer durchsichtigen (Ferrero- Roché-) Schachtel für jeden Schüler möglich.

Materialliste:

Glaswanne - Zellwand

Wollreste – Erbanlagen

Wattekugeln (∅ 5 cm) – Reservestoffe

Wattekugeln (∅ 1,5 cm) - Ribosomen

Metzgergarn - Geißel

Pfeifenputzer – Plasmidringe

Frischhaltefolie – Cytoplasmamembran

Schleimschicht und Cytoplasma werden im Modell nicht dargestellt, sollten aber im Unterricht erwähnt werden.

Wasserfarben, Pinsel

Tesa (für ein Dauermodell evtl. Klebepistole)

durchsichtiges Garn, Nadel, Wollreste

Vorbereitung:

Wattekugeln mit Wasserfarben je nach Zellorganell anmalen und auf durchsichtiges Garn auffädeln.

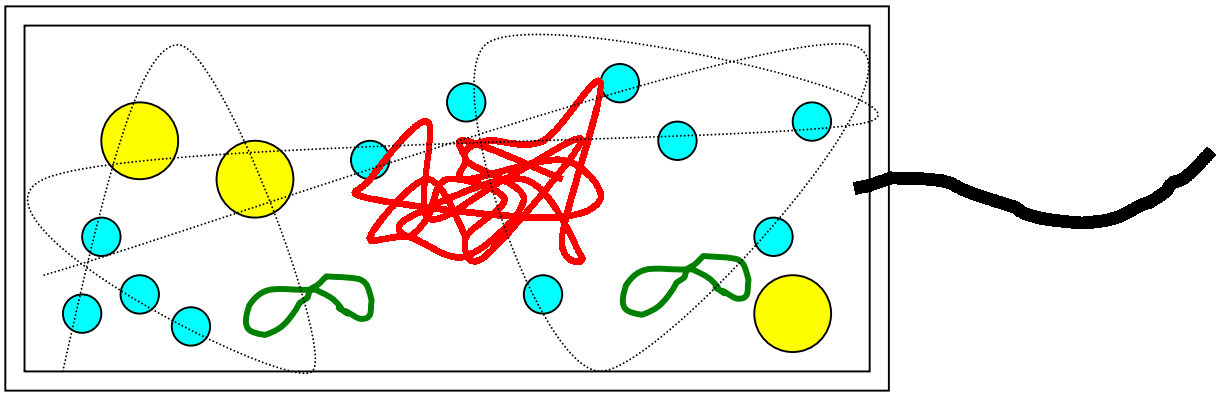
Durchführung:

Glaswanne mit Frischhaltefolie auskleiden.

Mit dem durchsichtigen Garn aufgefädelte Wattekugeln kreuz und quer in der Glaswanne spannen und kleben. Aus den Pfeifenputzern Plasmidringe formen und diese ebenfalls mit

dem durchsichtigen Garn aufhängen. Die Wolle in die bereits gespannten durchsichtigen Fäden hineinlegen. Geißel ankleben (s. Abb. 1).

Abb. 1: Fertiges Glaswannen-Modell (Aufsicht)



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

4. Das Reis- Modell

Das Reis- Modell lehnt sich an das Exponentialrechnungsmodell an. Hiermit soll den Schülern verdeutlicht werden, welche Menge an Bakterien sich innerhalb kürzester Zeit bilden kann. Besonders durch die schnelle Verdopplung der Bakterien (alle 20 Minuten) entsteht eine hohe Bakteriendichte. Um dies bildlich darzustellen haben wir uns folgendes Modell ausgedacht:

Die Bakterienverdopplung

20 Minuten =	2
40 Minuten =	4
1 Stunde =	8
2 Stunde =	64
3 Stunden =	512
4 Stunden =	4096
5 Stunden =	32768
6 Stunden =	262144

Material:
1kg Reis
6 Bechergläser (500ml)
elektronische Waage
Taschenrechner
(Präsentationskärtchen, Edding)

Durchführung:
In das erste Becherglas werden 4 Reiskörner hineingelegt.
In das zweite Becherglas werden 8 Reiskörner hineingelegt.
In das dritte, vierte und fünfte Becherglas werden die Körner per Gewicht eingeschüttet, da man bereits eine solche Menge erreicht, für die man zum Auszählen länger hätte.
Dazu wiegt man 8 Körner. Anhand dieser Gewichtsbestimmung kann man nun den Inhalt für die Bechergläser 3 + 4 + 5 errechnen.
Das fünfte Becherglas ist optional, weil man dafür bereits eine Glaswanne und rund 7,5 kg Reis. (Hier rechnet sich das Modell mit dem Aufwand eher nicht mehr.)

Die einzelnen Bechergläser kann man nun noch mit Karten beschriften und so die vergangene Zeit erkenntlich machen.

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Beispiel:

8 Reiskörner wiegen 5g (hier im Beispiel).

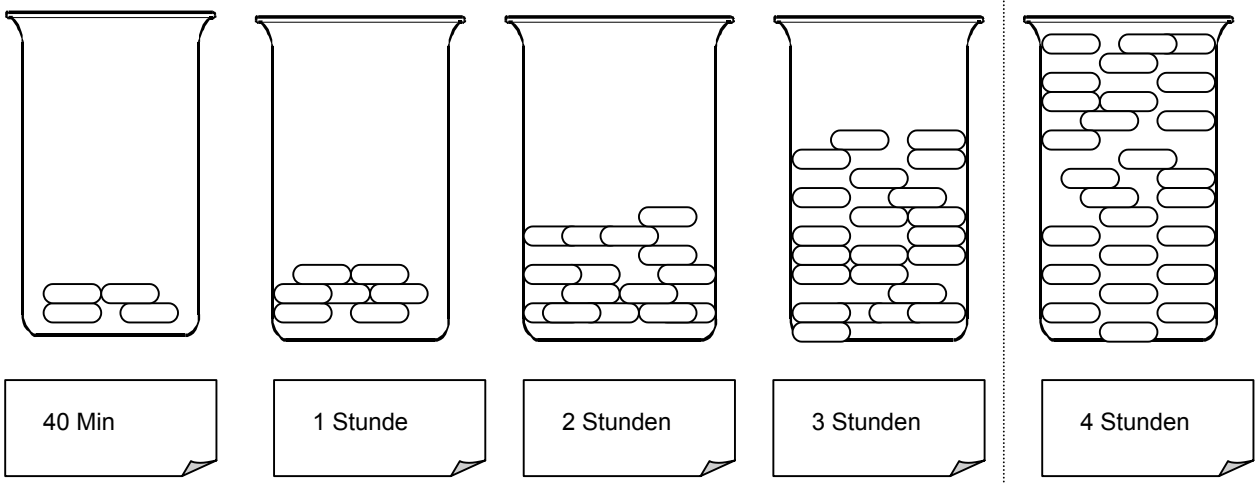
64 Reiskörner wiegen 40g.

512 Reiskörner wiegen 320g.

4096 Reiskörner wiegen 7360g.

optional

Beobachtung:



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

5. Formen und Oberflächen von Bakterien im Modell (Lösungsblatt)

Bakterien haben verschiedenste Formen. Diese kann man Schüler nachvollziehen lassen, indem man Formen und Oberflächen nachstellt.

Das dazugehörige Material kann man variieren, je nach dem, was man gerade vorrätig hat.

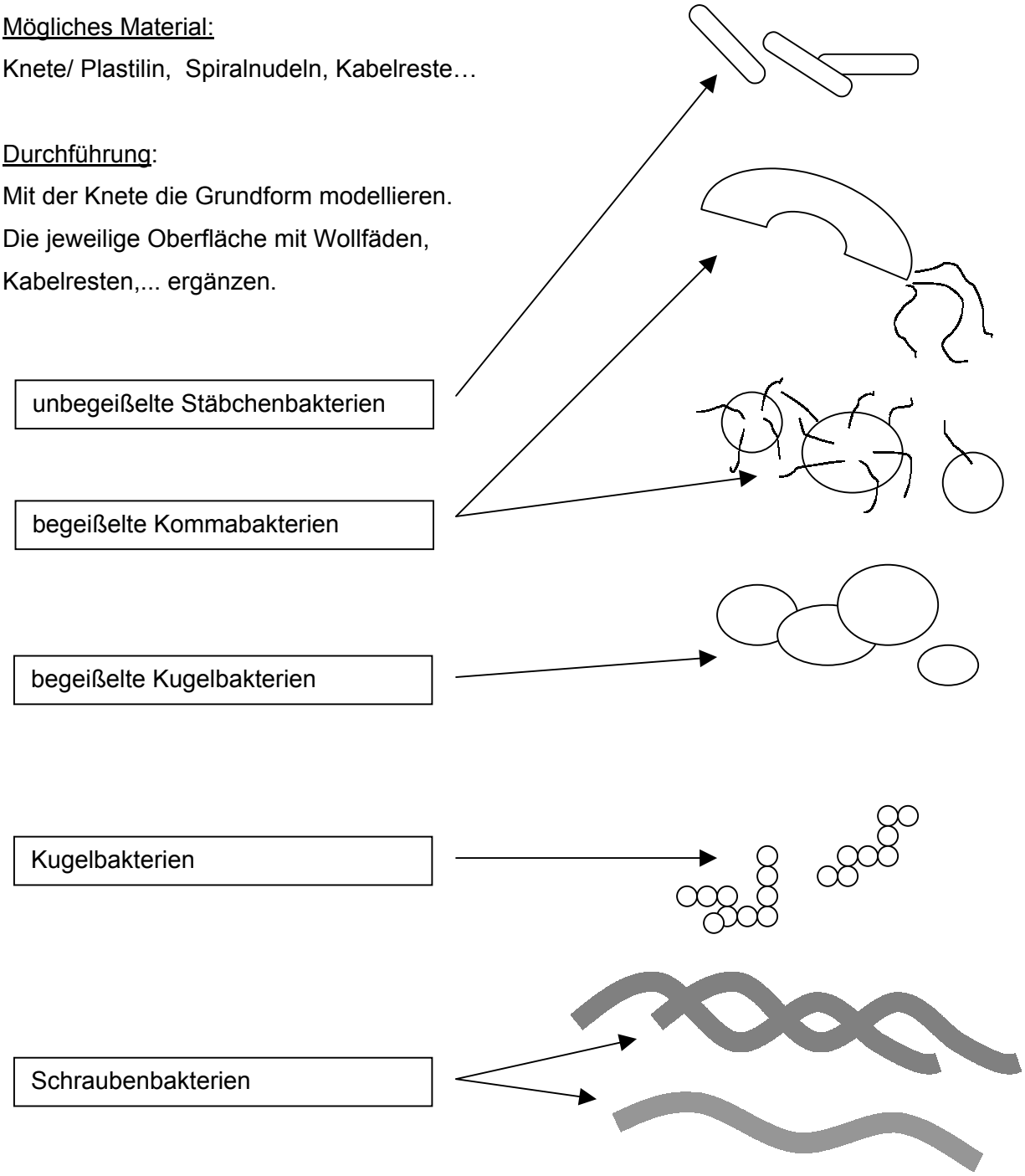
<u>Mögliches Material:</u>

Knete/ Plastilin, Spiralnudeln, Kabelreste…

<u>Durchführung</u>:

Mit der Knete die Grundform modellieren.

Die jeweilige Oberfläche mit Wollfäden, Kabelresten,... ergänzen.



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

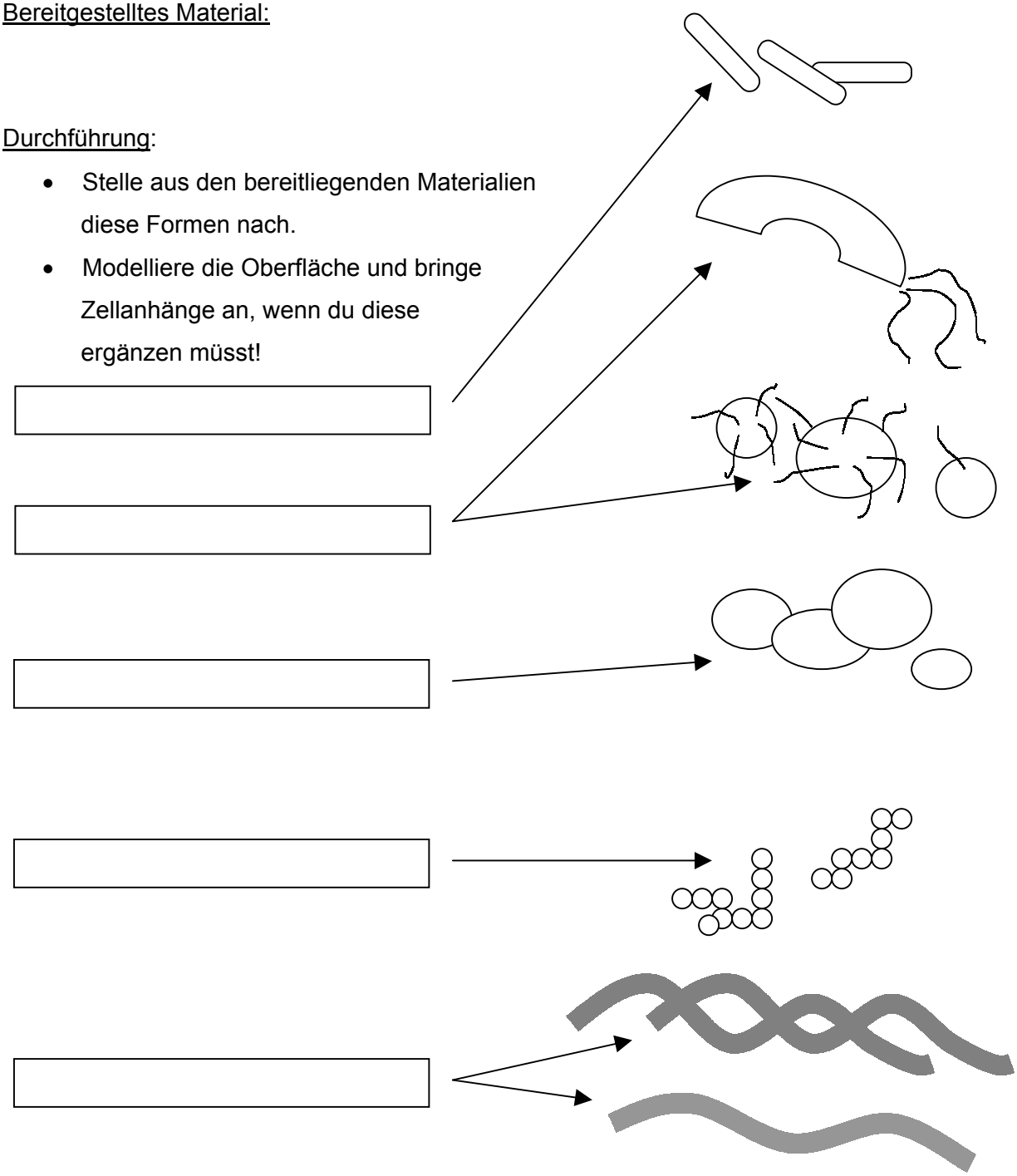
AB1: Formen und Oberflächen von Bakterien im Modell

Bakterien haben verschiedenste Formen. Benenne die verschiedenen Bakterienarten.

Bereitgestelltes Material:

Durchführung:

- Stelle aus den bereitliegenden Materialien diese Formen nach.
- Modelliere die Oberfläche und bringe Zellanhänge an, wenn du diese ergänzen müsst!

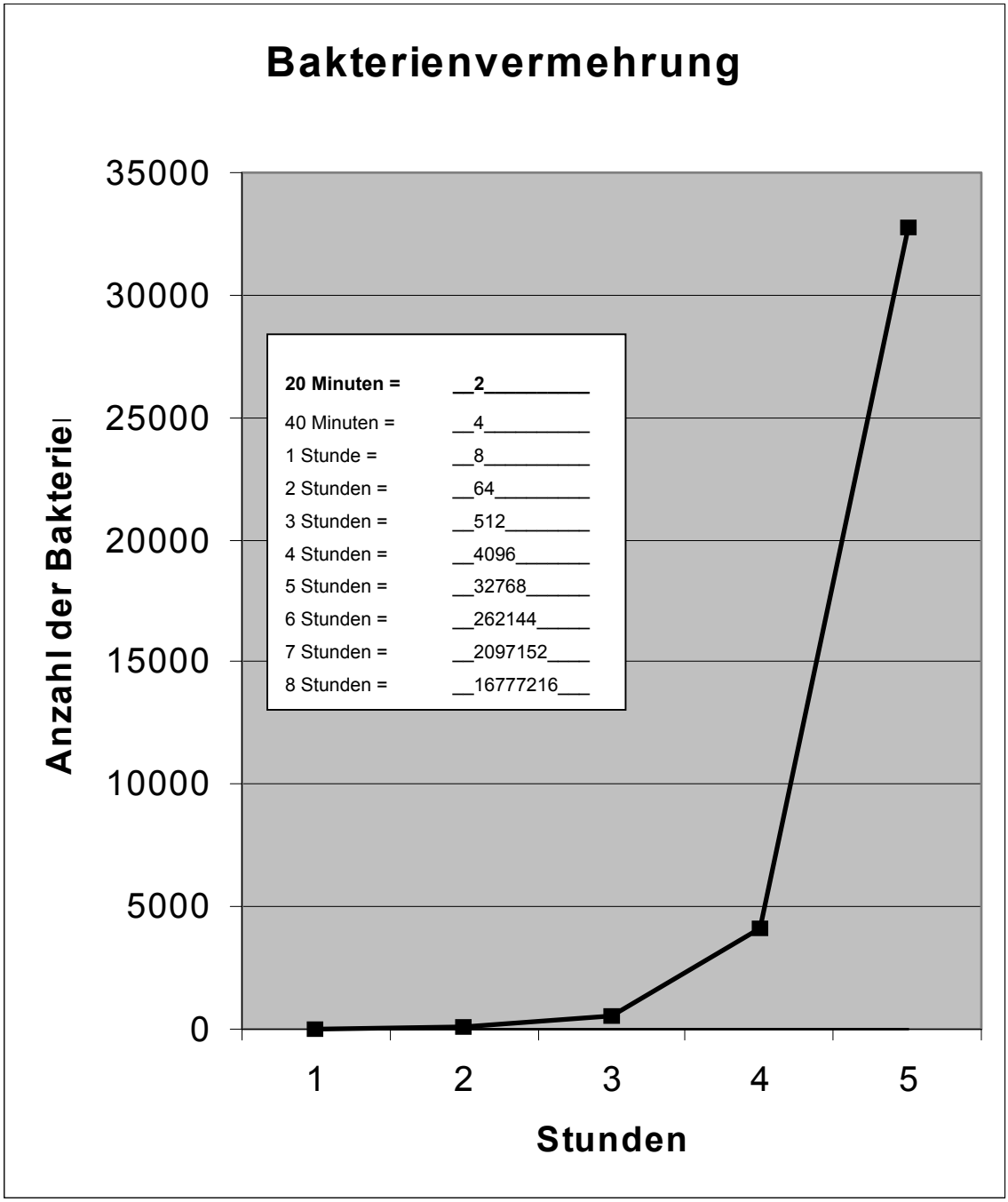


Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

6. AB 2: Bakterienvermehrung (Lösung)

Unter optimalen Bedingungen vermehrt sich zum Beispiel ein Coli-Bakterium **alle 20 Minuten** durch Verdoppelung. Berechne die Bakterienanzahl für die ersten **8 Stunden**. Trage die berechneten Werte, soweit das überhaupt möglich ist, in ein Koordinatensystem ein und verbinde die Datenpunkte zu einer Kurve. Was wird aus deiner Kurve ersichtlich?

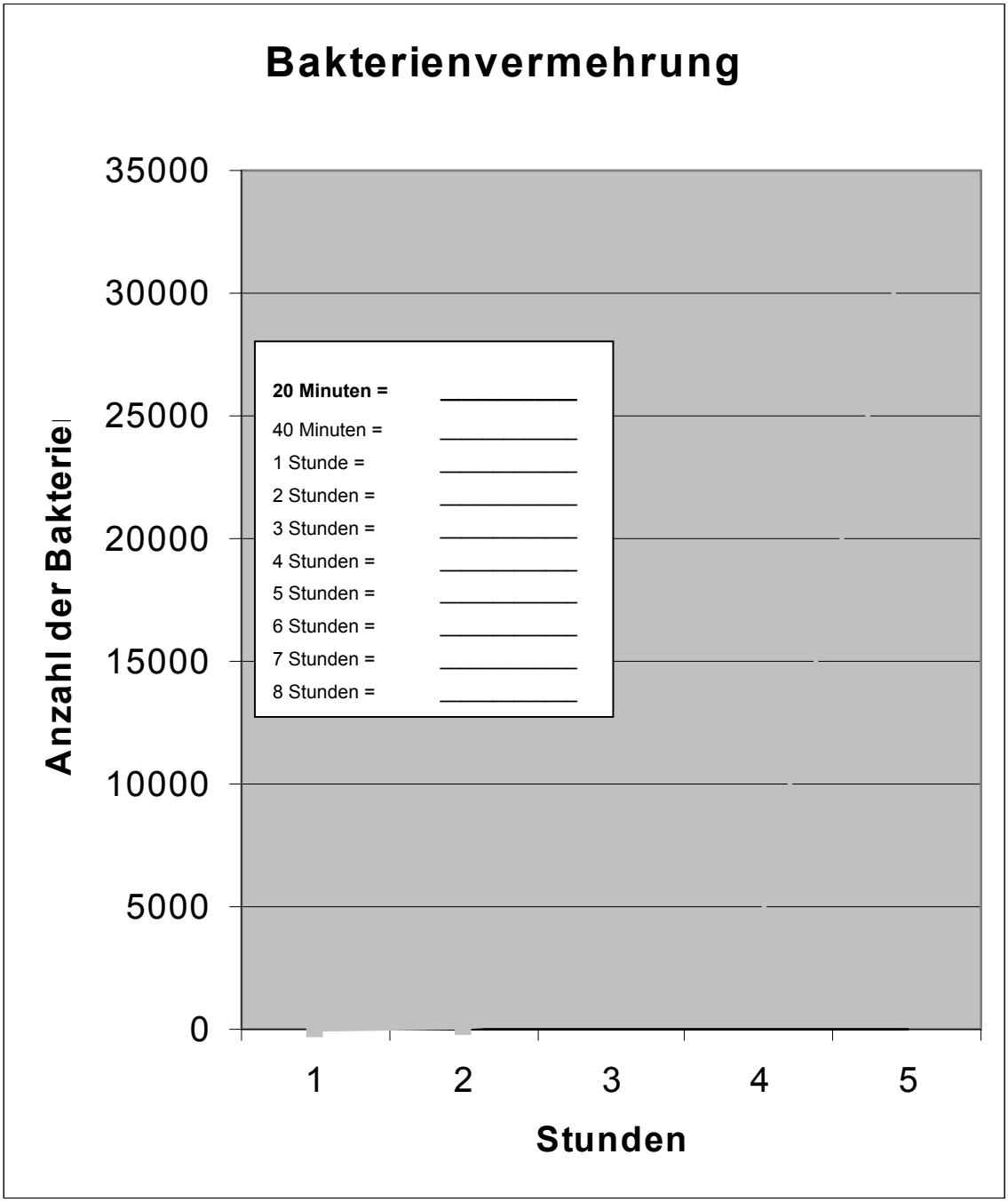


Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

AB 2: Bakterienvermehrung

Unter optimalen Bedingungen vermehrt sich zum Beispiel ein Coli-Bakterium **alle 20 Minuten** durch Verdoppelung. Berechne die Bakterienanzahl für die ersten **8 Stunden**. Trage die berechneten Werte, soweit das überhaupt möglich ist, in ein Koordinatensystem ein und verbinde die Datenpunkte zu einer Kurve. Was wird aus deiner Kurve ersichtlich?



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

7. Bewegungsmodell eines Bakteriums

Material: Styropor
Elektromotor
Kabel
1,5V Batterie (Baby C)
Lötzinn und Lötkolben
Stellring mit Madenschraube (Ø 2mm)
Holzscheibe (Ø 25mm)
Sekundenkleber
Klebeband
Kabelbinder (120mm & 250mm)
Lochplatte

Didaktische Schwerpunkte:
Bei der Überlegung zur Umsetzung des Themas lag ein Schwerpunkt bei der Veranschaulichung der Fähigkeiten einiger Bakterien, sich mit Hilfen einer Geißel fortzubewegen. Die aktive Bewegung ist ein Kennzeichen des Lebendigen und die Möglichkeiten der aktiven Bewegung selbst kleinster Organismen ist eine wichtige Erkenntnis für die Schüler.

Planung (Modellbildung):
Bei der Planung gab es zu Beginn verschiedene Modelle, die Bewegung der Bakterien zu verdeutlichen. An dieser Stelle wird auf die einzelnen Entwürfe und die Gründe ihrer Verwerfung eingegangen. Mit der Zuteilung zum Thema Bakterienmodell war anfangs nicht ersichtlich, welche Aspekte am NWA-Tag dargestellt werden sollten. Nach einiger Überlegung war jedoch klar, dass die Befähigung zur Fortbewegung durch Geißeln einer der Aspekte ist, denn wir am Modell aufzeigen wollten.

Die erste Möglichkeit (Abb. 2) zur Veranschaulichung der Fortbewegung war ein Bakteriencorpus aus Styropor, auf dem eine Hakenkonstruktion befestigt war, die eine Geißel mittels eines zwischen den Haken befestigten Gummibands zum Rotieren brachte. Zum Zeitpunkt der Umsetzung wurde jedoch deutlich, dass dies keine befriedigende Umsetzung der Geißel- und somit der Bakterienbewegung ist. Hauptsächlich drei Gründe

sprechen unserer Meinung nach dagegen: erstens die externe Energiezufuhr durch das Aufziehen des Gummibandes (→ keine aktive Bewegung im eigentlichen Sinne), zweitens die durch diesem Antrieb bedingte ruckartige und unkontrollierte Bewegung der Geißel und drittens die doch sehr umständliche Umsetzung eines im Endeffekt unpassenden Modells.

Eine Weiterentwicklung dieses Modells (Abb. 3 & 4), mit der Zielsetzung die Fehler aus der ersten Überlegung zu beheben, war der Umstieg auf ein Modell, bei dem die Geißel durch eine Feder in Schwingung versetzt wird und somit eine kontrollierte und sanfte Bewegung der Geißel erlaubt. Doch auch hier gab es eine externe Aktivierung und Probleme bei der Umsetzung in die Praxis. Zusätzlich war zu bezweifeln, ob dieses Modell in der Lage ist, das Modell im Wasser zu bewegen.

Da Bakterien über eigene „Kraftwerke“ (Mitochondrien) verfügen und damit ihre Geißel aktiv bewegen können ist unsere dritte Idee eines Modells (Abb. 5) mit einem Motor und einer Batterie ausgestattet. Diese sind auf einem Bakteriencorpus aus Styropor befestigt. Als Geißel dient ein Kabelbinder, der exzentrisch an einer an der Motorwelle befestigten Scheibe fixiert ist. Dieses Modell sichert eine gleichförmige Bewegung der Geißel und garantiert ein Fortkommen im Wasser. Zu erwähnen sei, dass die Geißel im Modell exzentrisch angebracht ist und sich um die eigene Achse dreht, was nicht dem Original entspricht.

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Abbildungen zu den Modellvorschlägen:

Abb. 2: Entwurf mit Gummi-Antrieb

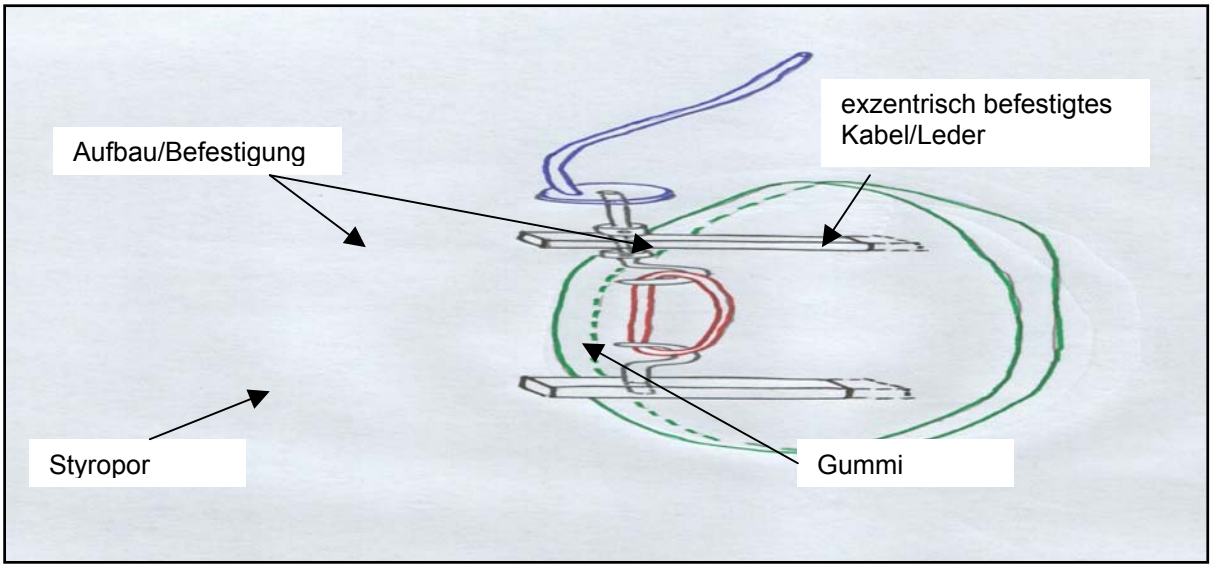
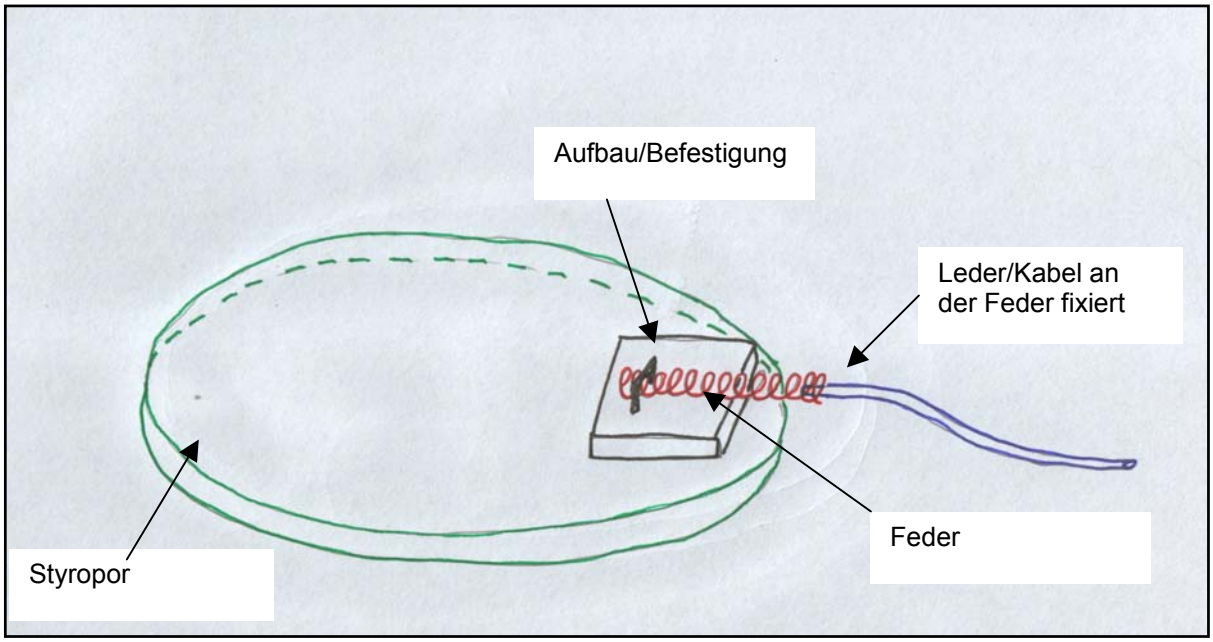


Abb. 3: Entwurf mit einer Feder als Antrieb



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Abb. 4: Entwurf mit zwei frei schwingenden Federn

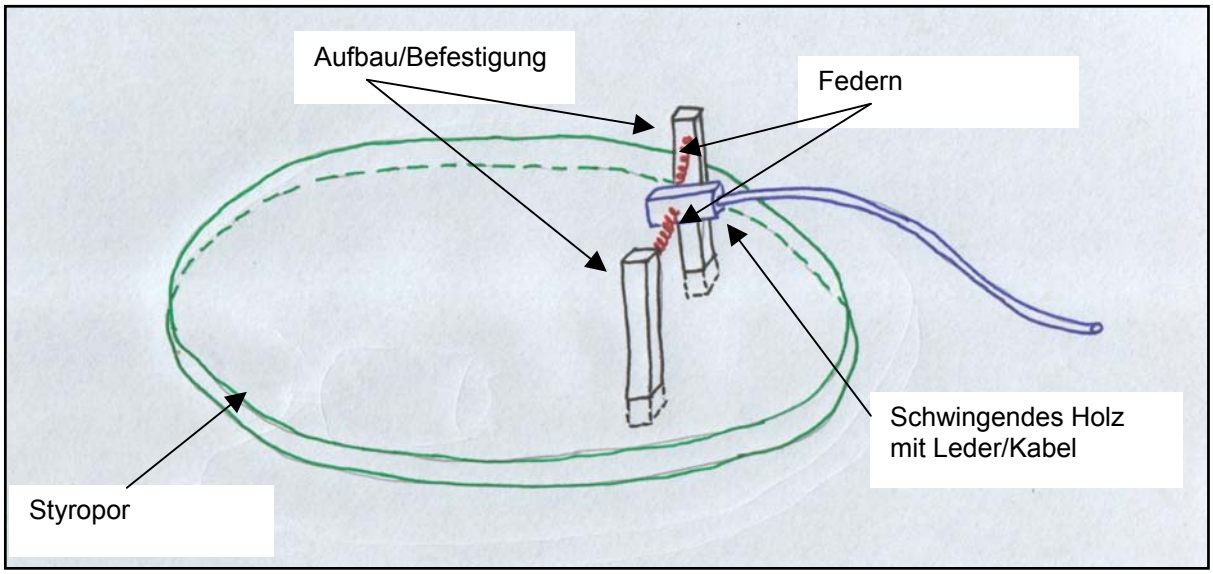
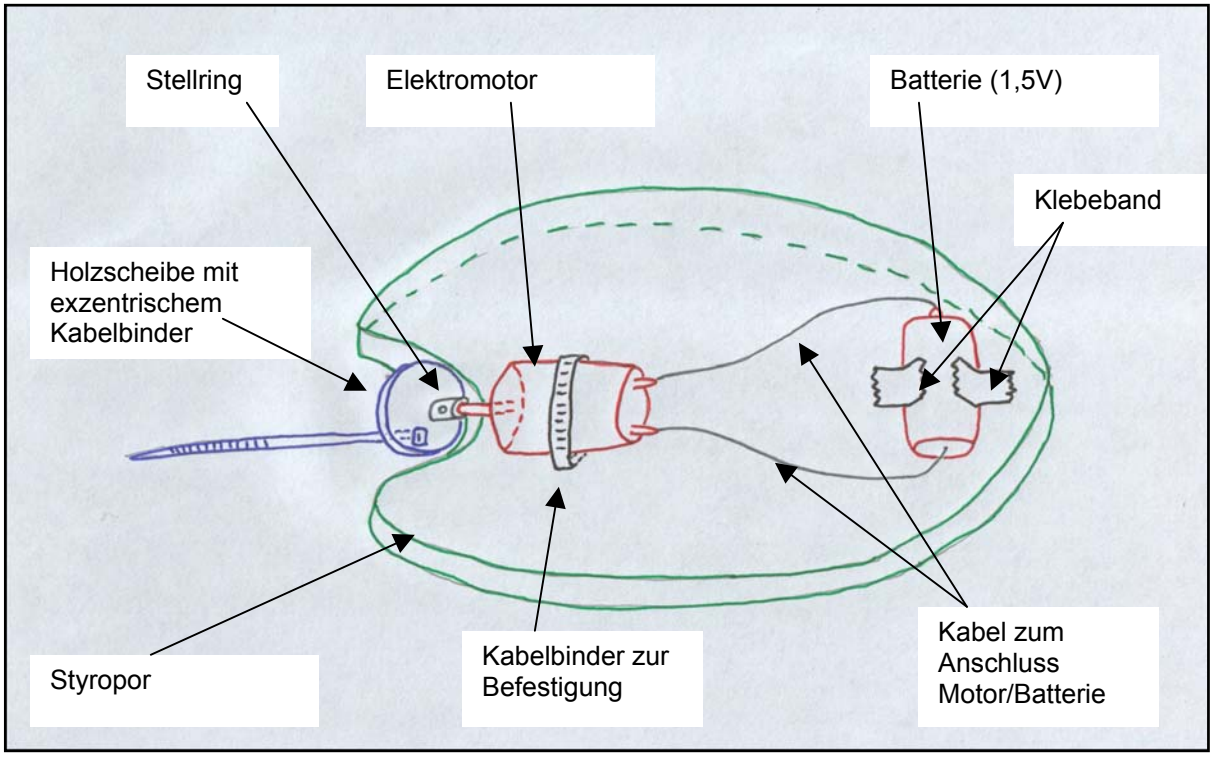


Abb. 5: Vorläufig endgültige Entwurfskizze mit Motor und Batterie



Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

Durchführung (Bau & Experimentieren):

Die Phase der Durchführung ermöglicht für Ungeübte eine Möglichkeit des fächerübergreifenden Unterrichts mit TA. Es ist durchaus sinnvoll, sich von Kollegen aus diesem Bereich Hilfe zu holen. Ferner sind viele (wenn nicht gar alle) benötigten Materialien und Werkzeuge im Technikraum zu finden. Das fertige Modell kann in einem geeigneten Gefäß zum schwimmen gebracht werden, gegebenenfalls ist eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung durch tauschen der Anschlüsse an den Batteriepolen möglich, oder verdeutlicht die Bewegung der Geißel, und somit ein theoretisches Fortbewegen im Trockenen.

Hinweise zur Anfertigung des endgültigen Modells:

Zuerst sollte ein Corpus aus Styropor ausgeschnitten werden. Das Styropor sollte dick genug sein, um das Gewicht des Aufbaus (Motor & Batterie) zu tragen. Bei der Form des Körpers bietet sich eine Schiffsform an, es kann aber auch eine Bakterienform gewählt werden. Aus einem Brett wird eine Scheibe ausgeschnitten und kreisrund geschliffen, um eine Unwucht zu vermindern. Es reicht die Größe eines 2€-Stücks. In die Mitte der Scheibe wird ein Loch mit dem Durchmesser der Antriebswelle der Elektromotors (hier 2mm) gebohrt. Das Loch geht nicht durch und sorgt somit für zusätzlichen Halt. Ein zweites exzentrisches Loch in der Breite eines kleinen Kabelbinders wird durch die Scheibe gebohrt. Hier wird der Kabelbinder durchgeschoben, der die Funktion der Geißel übernimmt. Ist das Loch nicht zu groß, hält der Kabelbinder auch ohne zusätzliche Fixierung. Mit einem passenden Stellring, der auf einer Seite angeraut wird, an der die Scheibe mit Sekundenkleber fixiert wird, wird die Konstruktion (Scheibe & Kabelbinder) auf die Welle aufgesetzt und mit den Madenschrauben so befestigt, dass die Welle auch in dem Loch der Scheibe steckt. Kabel werden so an die Kontakte des Motors gelötet, dass sie über die Länge des Modells bis an den Platz der Batterie reichen, die auch ein Gegengewicht zum Motor darstellen. Der Motor samt Antrieb wird mit einem großen Kabelbinder so auf dem Styropor befestigt, dass die Geißel nach schräg unten (ins Wasser) ragt. Wenn der richtige Platz für die Batterie gefunden ist, wird sie mit Klebeband fixiert. Zum Starten des Modells müssen nun nur noch die blanken Kabelenden an den Batteriepolen mit Klebeband befestigt werden. Die Darstellung des Bakteriums als Styroporboot ist nicht zwingend nötig und je nach Schwerpunkt ist es besser, eine Originalform eines Bakteriums zu wählen. In unserem Modell gilt: form follows function;

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

die Bootform mit den hinteren Ausläufern garantiert den weiter nach innen verlagerten Schwerpunkt. Bei ersten Versuchen mit dünnerem Styropor stellte sich das Modell senkrecht und kenterte.

Auswertung (Vergleich mit Original & Rückschlüsse):

Das Modell zeigt deutlich die Befähigung zur aktiven Bewegung und stellt Analogien zu Zellorganellen her, die an der Fortbewegung beteiligt sind (Mitochondrien = Batterie, Motor = filament sliding). Es verdeutlicht auch, dass das Schlagen mit der Geißel einem Bakterium zur Fortbewegung genügt. Die Schwächen liegen in der Form des Aufbaus, da beim Bakterium nichts aufsitzt, sondern in die Zelle integriert ist, und in der Bewegung der Geißel, die sich am Modell exzentrisch um die eigene Längsachse dreht.

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß

8. Bewegungsmodell einer Geißel

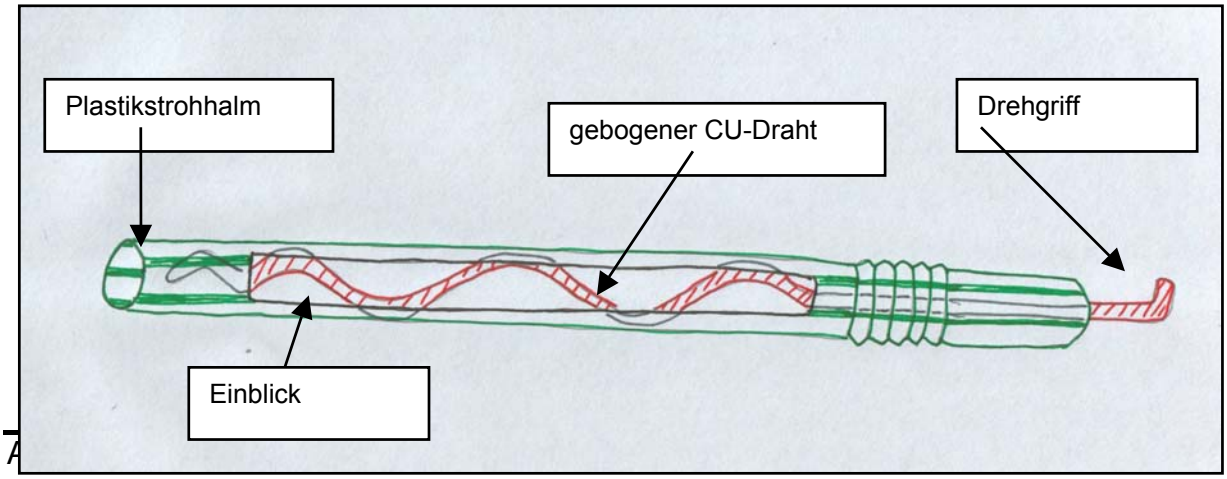
Material: Strohhalm
Kupferdraht

Planung (Modellbildung):
Die nicht zufrieden stellende Darstellung der Geißel im Bewegungsmodell des Bakteriums warf das Problem auf, wie die Bewegung der Geißel ohne ein exzentrisches Drehen um die eigene Längsachse bewerkstelligt werden kann. Die Lösung ist eine relativ feste äußere Hülle, die von innen bewegt wird (Abb. 6).

Durchführung (Bau & Experimentieren):
Die Herstellung ist relativ simpel: in einen Strohhalm (mit Gelenk) wird ein leicht wellig gebogener Kupferdraht geschoben. Durch die Form des Drahtes windet sich der Strohhalm beim Drehen des Drahtes, wobei an den Längsstreifen des Strohhalmes deutlich wird, dass er in seiner ursprünglichen Lage fixiert bleibt. Das Umbiegen des Endstückes zu einem Drehgriff und das Festhalten/Umschließen des Halms mit der zweiten Hand erleichtert die Präsentation.

Auswertung (Vergleich mit Original & Rückschlüsse):
Wir halten diese Darstellung für gelungen. Sie zeigt auf, dass im Inneren der Geißel etwas vor sich geht, das die Bewegung auslöst. Wie im Original schlängelt sich die Geißel auch im Modell ohne eigentliche Drehung.

Abb. 6: Modellskizze 5 (Bewegung der Geißel ohne Drehung um die Längsachse)



Literatur:

CAMPELL, N. A. (2000): Biologie. (Spektrum Akademischer Verlag) Heidelberg.

Duden (2004): Abiturwissen Biologie. (PEATEC Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin und Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG) Mannheim.

ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN & D. RODI (1998): Fachdidaktik Biologie. (Aulis Verlag) Köln

GRAF, E. (2004): Biologiedidaktik. (Auer Verlag) Donauwörth

REINHARD, E. (1980): Pharmazeutische Biologie – Bnd 1: Cytologie, Genetik, Physiologie. (Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft) Stuttgart

Ausgearbeitet von:

Gabriele Herrmann
Michael Reiß