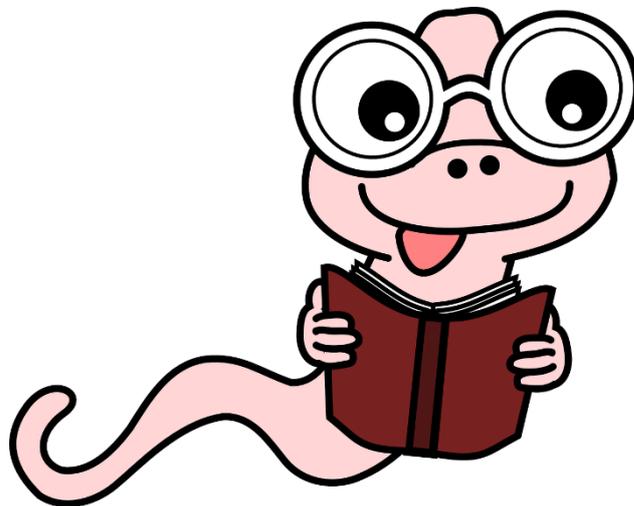
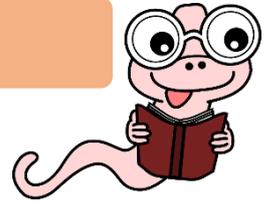


« LERNEN MIT *ELEGANS* »

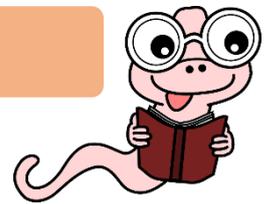
SEKUNDARSTUFE I





Inhalt

Allgemeine Beschreibung.....	3
Inhalt vom Atelier « Lernen mit <i>elegans</i> ».....	4
Durchführung des didaktischen Ansatzes.....	5



Der folgende didaktische Vorschlag ist das Ergebnis einer gemeinsamen Reflexionsarbeit anhand einer bibliographischen Recherche, die im Rahmen der Masterarbeiten von Alexia Carrupt und Julie Rothen unter der Leitung von Dr. Marie-Pierre Chevron durchgeführt wurden.

Es ist ein Projekt der Universität Fribourg (Lab2Rue) in Zusammenarbeit mit AutreSens, unter der Leitung von Dr. Marie-Pierre Chevron und Dr. Chantal Wicky.

Allgemeine Beschreibung

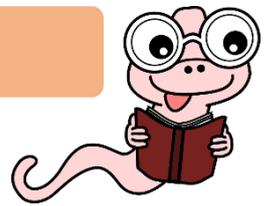
Wir schlagen vor, *C. elegans* im Unterricht als Teil des naturwissenschaftlichen Lehrplans für die Klassen 9 bis 11 Harmos zu verwenden, und zwar für die Kapitel, die der Vielfalt und Verwandtschaft des Lebens gewidmet sind, sowie für die Kapitel, die sich mit dem menschlichen Körper und der Genetik befassen. Dies bietet die Möglichkeit, mit einem bestimmten Organismus zu arbeiten und dessen Funktionsweise zu verstehen, um das Gelernte dann im Falle des Menschen auf den Organismus *C. elegans* zu übertragen. Dadurch sind die Ziele dieses Projekts:

- Die Konstruktion des Konzeptes des Modellorganismus zu begleiten, um die Konstruktion des Konzeptes des Modells zu verbessern.
- Die Idee des gemeinsamen Ursprungs der Lebewesen in den Köpfen der Schüler durch das Konzept der gemeinsamen Merkmale zu erwecken.
- Trainieren des experimentellen Verfahrens durch Förderung der Fragestellung, der Hypothesenformulierung und des experimentellen Vorgehens (Vorschlag von Versuchseinrichtungen, Hypothesenvalidierungsverfahren).
- Das Interesse der Schüler, die Strukturierung der Inhalte und den Wissenstransfer fördern.
- Die biologischen Konzepte, die durch aufeinanderfolgende Transfers angesprochen werden, zu verstärken.

Unser Projekt ist nach dem didaktischen Modell " engagieren, strukturieren, übertragen" aufgebaut, das von der Zusammenarbeit zwischen Lab2Rue und AutreSens vorgeschlagen wurde:

<https://www.autresens.org/apprendre-avec-elegans/>

<https://www.autresens.org/domaines/education/>



Wir schlagen vor, die Schüler schrittweise an das Konzept des Modellorganismus heranzuführen, indem wir lebende Würmer, ähnlich denen, die in der biomedizinischen Forschung verwendet werden, das ganze Jahr über im hinteren Teil des Klassenzimmers aufbewahren und den Schülern die Möglichkeit geben, mit ihnen zu arbeiten, Beobachtungen zu machen und Hypothesen zu testen. Ziel ist es, dass die Schüler erkennen, dass sie einen lebenden Labororganismus zur Verfügung haben, der als Modell für das Studium der Systeme des menschlichen Körpers und der Eigenschaften von Lebewesen dienen kann.

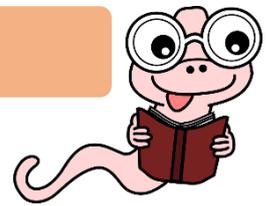
Inhalt vom Atelier « Lernen mit *elegans* »

- *C. elegans* Würmer in Petrischalen, auf der Autre Sens Website bestellbar.
- Dokumente für Lehrer und Schüler, die auf der Website heruntergeladen werden können. Sie sind in 4 Ordnern organisiert: Einstieg, Biodiversität mit *elegans*, Stoffwechsel mit *elegans*, Fortpflanzung mit *elegans*.

Der Ordner "Einstieg" enthält technische Dokumente für Lehrer, eine Präsentation des Modellorganismus *C. elegans* für Lehrer und Schüler sowie ein Theorieblatt, das helfen soll, den Begriff der Verwandtschaft zwischen *C. elegans* und Menschen sowie die Verwandtschaft von Lebewesen zu institutionalisieren.

Jeder der anderen drei Ordner enthält:

- Ein Blatt "Durchführung der Aktivität" das den Gesamtrahmen beschreibt und einen Aktivitätenplan für das betreffende Kapitel vorschlägt
- Arbeitsblätter für Schüler
- Theorieblätter für Schüler und theoretische Grundlagen für Lehrer



Durchführung des didaktischen Ansatzes

Obwohl es möglich ist, *C. elegans* nur einmal und für das gewünschte Kapitel zu verwenden, empfehlen wir, es als **roten Faden** in die Kapitel zu integrieren, die sich mit dem menschlichen Körper befassen, und es sogar in der gesamten Sekundarstufe 1 zu untersuchen (Biodiversität und Verwandtschaft, menschlicher Körper, Genetik).

Vorgeschlagene Vorgehensweise:

Engagementphase

1) Wir schlagen vor, *C. elegans* den Schülern im ersten Kapitel über den menschlichen Körper oder im Kapitel über die biologische Vielfalt des Bodens vorzustellen. *C. elegans* in Petrischalen können auf der Autre Sens Webseite bestellt werden. Um das Interesse der Schüler zu wecken, ist es auch möglich, die Würmer selbst zu züchten. Nehmen Sie dazu eine kleine Menge Kompost und legen Sie ihn in einem Gefäß auf bio-Apfelreste, die Sie vom Boden aufgesammelt haben. Wenn regelmäßig frisches organisches Material hinzugefügt wird, können mehrere Generationen von Würmer mehrere Wochen im Gefäß überleben. Es ist dann möglich, in der Klasse eine Probenahme einer kleinen Menge von Früchten auf einem Objektträger zu organisieren und eine Beobachtung unter einer binokularen Lupe oder einem Mikroskop anzubieten, damit die Schüler die millimetergroßen Würmer unter dem Objektiv entdecken. Dies hilft zu zeigen, dass ein scheinbar steriles Stück Obst ein Zuhause für ein wimmelndes Leben sein kann. Der Organismus und seine Rolle in der biomedizinischen Forschung können dann von der Lehrerin/dem Lehrer vorgestellt werden, um das Konzept des Modellorganismus einzuführen. Zur **Aktualisierung** des Themas könnten einige neuere biomedizinische Studien mit *C. elegans* vorgestellt werden. Der Lehrerin/der Lehrer kann diese Gelegenheit nutzen, um die SchülerInnen an das Konzept des Wissenschaftsmodells zu erinnern. Dies könnte auch eine Gelegenheit für den/die LehrerIn sein, anzukündigen, dass diese Würmer das ganze Jahr über als Modellorganismen verwendet werden können, und die SchülerInnen einzuladen, sie in ihren Überlegungen zu berücksichtigen und sie möglicherweise in wissenschaftliche Ansätze zu integrieren, die während der Unterrichtssequenzen, die sich mit dem menschlichen Körper beschäftigen, unternommen werden. Wir bieten ein Arbeitsblatt für die Schüler an, das an diese Einführungsphase angepasst ist: "Haben Sie *elegans* gesagt". Dieses Blatt soll ausgefüllt werden, wenn während der

verschiedenen Sequenzen Beobachtungen am Wurm gemacht werden. Sie soll helfen, die gemeinsamen Merkmale von *C. elegans* und dem Menschen hervorzuheben und das Konzept des Modellorganismus einzuführen: Es tut alles, was wir tun, nur einfacher. Ein ausgefülltes Blatt für den Lehrer ist ebenfalls verfügbar.

2) Strukturierungspase

Die Möglichkeiten, den Wurm im naturwissenschaftlichen Unterricht einzusetzen, sind zahlreich und hängen von der Motivation der Schüler, der verfügbaren Zeit und den Mitteln der Schule ab. In allen Fällen besteht unser didaktisches Mittel vor allem darin, den Schülern die Möglichkeit (und nicht die Pflicht) zu bieten, sich am Modellorganismus abzustützen, um Hypothesen zu formulieren, Experimente zu deren Überprüfung vorzuschlagen und eventuell durchzuführen. Man kann den Wurm auch nur theoretisch erwähnen und bestimmte Begriffe mittels Multimediadokumenten erklären, die *C. elegans* gewidmet sind (z. B. Videodokumente, die den Weg der Nahrung im Verdauungstrakt des Wurms zeigen, und die im Internet verfügbar sind). Das dahinter liegende Ziel ist es, die Schüler durch häufige Vergleiche allmählich zu der Erkenntnis zu führen, dass es Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Mensch und Wurm gibt und dass es daher möglich ist, den letzteren als Modell für den anderen zu verwenden. Außerdem könnte dies vielleicht dazu beitragen, **die Idee des gemeinsamen Ursprungs der Lebewesen in den Köpfen der Schüler zu erwecken.**

Wenn der Wurm als Teil des Kapitels über die Biodiversität eingeführt wird, führt ein Arbeitsblatt in die Prinzipien der Klassifizierung von Lebewesen mithilfe von Attributtabelle, verschachtelten Gruppen und Bäumen ein. Ziel ist es, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Lebewesen zu entdecken und das Konzept der Verwandtschaft zu konstruieren.

Das Arbeitsblatt zum Thema Stoffwechsel führt die Schüler durch eine erste Beobachtung des Wurms und hilft, den experimentellen Ansatz zu trainieren. Je nach Zielsetzung, Interesse und verfügbarer Zeit können dann in den folgenden Sitzungen (zum Thema Atmung und Verdauung) einige Versuchseinrichtungen vorbereitet werden. Wir empfehlen, *C. elegans* regelmäßig zu erwähnen und/oder in den Kapiteln, die sich mit dem Stoffwechsel beschäftigen, Bilder und Videos des Wurms zu zeigen, um Parallelen zum Menschen herzustellen.

Unser didaktischer Ansatz konzentriert sich dann auf die praktische Anwendung von *C. elegans* für ein Kapitel im Besonderen: das Fortpflanzungssystem. In der Tat ist das Fortpflanzungssystem des Wurms gut unter dem Mikroskop zu beobachten und weist viele Merkmale auf, die denen des Menschen ähneln. Die Aktivität, die wir vorschlagen, kann jederzeit während der Sequenz über die menschliche Fortpflanzung eingefügt werden und besteht darin, Würmer in der Petrischale zu beobachten, die frisch von der Website *Autre Sens* bestellt wurden, um ihr Fortpflanzungssystem mit dem des Menschen zu vergleichen. Zunächst werden die Schüler dazu angeleitet, sich zu fragen: "Wenn wir einen Wurm eine Woche lang in einer Petrischale mit Nährstoffen allein lassen, was werden wir nächste Woche beobachten?" und dann ihre Hypothesen zu formulieren. In der folgenden Woche beobachten die Schüler die Ergebnisse des Experiments (die Petrischale ist mit Würmern gefüllt) und versuchen, sie zu erklären (*C. elegans* ist hermaphroditisch). Die Schüler beobachten dann die Würmer unter dem Mikroskop, um Strukturen zu identifizieren, die zum Fortpflanzungssystem gehören. Es können verschiedene Larvenstadien und auch Eier *in* und *ex utero* beobachtet werden.

3) Transferphase

Schließlich identifizieren die Schüler die entsprechenden Strukturen beim Menschen auf einem Diagramm und notieren die Unterschiede zwischen den Fortpflanzungssystemen des Fadenwurms und des Menschen. Nach der Institutionalisierung der Elemente im Zusammenhang mit dem Fortpflanzungssystem mit Hilfe der Theorieblätter (anatomische Vergleiche, Vergleiche der embryologischen Stadien) und ausgehend von der Identifizierung von Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen den Fortpflanzungssystemen der beiden Organismen, beantworten die Schüler dann die folgende Frage: "Warum haben sie deiner Meinung nach Gemeinsamkeiten, obwohl sie unterschiedlich sind? ». Diese Frage bietet den Schülern die Möglichkeit, den Ursprung der anatomischen Ähnlichkeiten zwischen *C. elegans* und *Homo sapiens* zu untersuchen. Wir dachten, dass dies die Schüler dazu einladen würde, allmählich die Idee eines gemeinsamen Ursprungs für alle Lebewesen zu konstruieren. Diese Frage sollte die Schüler tatsächlich in die Lage versetzen, das Wissen, das im studierten Thema (menschliche Fortpflanzung oder Stoffwechsel) erarbeitet wurde, mit den Merkmalen, die alle lebenden Organismen gemeinsam haben zu verknüpfen. Diese Frage ist eine Transferfrage, die es ermöglicht, eine Verbindung zwischen den Ähnlichkeiten und Unterschieden

zwischen zwei Organismen und dem Begriff der Verwandtschaft von Lebewesen herzustellen. Eine Diskussion unter den Studenten könnte zur Entstehung mehrerer interessanter Konzepte führen. Schließlich wäre es die Rolle des Lehrers, die Schüler zur Idee der Verwandtschaft von Lebewesen zu begleiten. Dies kann mit Hilfe des Theorieblattes über die Verwandtschaft der Lebewesen im Ordner "Einstieg" erfolgen.

Die Evolution, die am Ursprung der Artenvielfalt steht, kann hier als der natürliche Mechanismus am Ursprung der Verwandtschaft aller Lebewesen erwähnt werden, aber ihre allgemeinen Mechanismen können dann auch im Kapitel über die Genetik erklärt werden. Wir empfehlen der LehrerIn, den SchülerInnen einen phylogenetischen Baum zu präsentieren, um sie an die Grundlagen der Klassifikation zu erinnern und um zu zeigen, dass diese auf gemeinsamen Attributen basiert. Attribute, die sowohl *Elegans* als auch dem Menschen gemeinsam sind, werden als Hinweis auf die Verwandtschaft zwischen den beiden Organismen präsentiert. Der Grad der Verwandtschaft zwischen den beiden Organismen kann durch die Lokalisierung ihrer Position auf einem phylogenetischen Baum verdeutlicht werden. Die Verwendung eines Baumes ermöglicht es auch, das wichtige Konzept eines gemeinsamen Vorfahren in Erinnerung zu rufen oder zu erläutern, um eine genealogische oder lineare Sichtweise der Verwandtschaft zu vermeiden (und um falsche Darstellungen zu vermeiden, z. B. : *C. elegans* ist der primitive Vorfahre des Menschen).

Die Grundbegriffe Ähnlichkeiten und Unterschiede, Verwandtschaft und gemeinsame Abstammung können im Kapitel über die Genetik geklärt werden.

Am Ende dieser Arbeit mit *elegans* in der Klasse können die Grenzen der Verwendung des Wurms (oder jedes anderen Organismus) als Modell diskutiert werden, indem sie mit dem taxonomischen Abstand zwischen den Arten in Beziehung gesetzt werden. Die Definition eines wissenschaftlichen Modells kann noch einmal diskutiert und ergänzt werden, indem die wichtigsten Eigenschaften und Funktionen von Modellen hervorgehoben werden.

Das Lehren und Lernen der Biologie im Kontext der Verwandtschaft der Lebewesen zu sehen, verändert radikal die Vision, die man von dieser Disziplin haben mag, und entspricht besser der Art und Weise, wie sie in der Welt der wissenschaftlichen Forschung allgemein verstanden wird. Zu diesem Zweck empfehlen wir den Lehrern, auf die verwendete Formulierungen zu achten, insbesondere bei den Kapiteln, die dem menschlichen Körper gewidmet sind und daher von diesem pädagogischen

Szenario betroffen sind, und darauf zu achten, Formulierungen teleologischer Art, zu vermeiden. Die Bemühungen der Lehrer, biologische Prozesse "im Lichte der Evolution" zu betrachten und zu behandeln, auch wenn dies für die Schüler nicht explizit ist, könnten den Schülern helfen, eine bessere Darstellung der Funktionsweise und Entwicklung biologischer Strukturen sowie des Ursprungs der Biodiversität zu konstruieren.