

1. Thematischer Hintergrund:

Sie steuern unseren Schlaf-Wach-Rhythmus, regeln unsere Körpertemperatur und beeinflussen unseren Hormonhaushalt – innere Uhren steuern alle wichtigen Lebensfunktionen des Menschen und sorgen dafür, dass bestimmte Ereignisse "pünktlich" zu bestimmten Zeiten eintreten.

Biologische Taktgeber besitzt jedoch nicht nur der Mensch, sondern auch alle anderen lebenden Wesen – vom winzigen Einzeller bis hin zu Tieren und Pflanzen. Mittlerweile haben Wissenschaftler bei Säugetieren, wie Maus und Mensch, sogar ein übergeordnetes Zentrum, eine „master clock“, entdeckt, die alle anderen inneren Uhren täglich neu justiert.

Beim Menschen befindet sich dieser so genannte *Suprachiasmatische Nucleus* (SCN) im Zwischenhirn. Er wird über bestimmte lichtempfindliche Sinneszellen im Auge mit Informationen aus der Umwelt versorgt und leitet die Nervensignale an die lokalen Zeitgeber in sämtlichen Organen und Zellen weiter. Sie werden dadurch sowohl mit dem Tagesablauf als auch untereinander synchronisiert. Mithilfe der modernen Gentechnik haben Chronobiologen zudem im Erbgut von Fliegen, Mäusen und Menschen „Uhren-Gene“ aufgespürt, die an der Steuerung der inneren Uhren entscheidend beteiligt sind...

Da Forscher viele Rätsel der Chronobiologie erst in den vergangenen Jahren gelöst haben, sind die spannenden Ergebnisse bisher nur vereinzelt in Schulbücher oder allgemein in den Bildungsprozess eingeflossen. Eine Auseinandersetzung mit dem Thema im Unterricht würde deshalb nicht nur den Wissenstransfer von der Forschung in die Schule beschleunigen, die Schüler bekämen auch eine wissenschaftliche Erklärung für Phänomene wie Mittagstief, Jetlag oder Winterdepression, die sie möglicherweise bereits selbst kennen gelernt haben.

2. Thema der Stunde:

Taktgeber des Lebens – innere Uhren

3. Lernziele:

Die Schüler sollen...

- den *Suprachiasmatischen Nucleus* (SCN) als zentrale innere Uhr kennen lernen und die wichtigsten Aufgaben und Funktionen dieser „master clock“ erarbeiten,
- entdecken, wie die inneren Uhren mit dem Tag-Nacht-Zyklus synchronisiert werden,
- Uhren-Gene als „Räderwerk“ biologischer Uhren erkennen und den genetischen Regelkreis erarbeiten, der zur circadianen Rhythmik führt,
- ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten beim kooperativen Lernen verbessern.

4. Didaktisch-methodische Entscheidungen zur Unterrichtsstunde

Die geplante Unterrichtsstunde gehört zu einer längeren Unterrichtsreihe im Schwerpunkt Genetik, in der es unter anderem um das Humangenomprojekt und die Entschlüsselung des menschlichen Erbguts bzw. die Funktionsanalyse von bestimmten Erbgutbausteinen geht. „Taktgeber des Lebens – innere Uhren“ ist dabei die zweite Einheit, die sich mit dem Thema biologische Uhren beschäftigt.

Bevor der geplante Unterricht durchgeführt werden kann, müssen die Schüler im Rahmen einer Einführungsstunde anhand von Beispielen aus der Alltagswelt (Jetlag, Mittagstief beim Menschen oder Öffnen und Schließen von Blüten bei Pflanzen, Zugunruhe bei Vögeln etc.) für das Phänomen der inneren Uhren sensibilisiert worden sein. Sie sollten aber auch bereits erste grundlegende Kenntnisse über die innere Uhr bei Mensch und Tier erworben haben. So müssen sie wissen, dass Schlaf, Körpertemperatur, aber auch kognitive Leistungen einer von innen erzeugten Tagesperiodik folgen, und dass die innere Uhr erst durch Umweltbedingungen auf genau 24 Stunden justiert wird. Die Schüler sollten zudem mit Begriffen wie „circadiane Rhythmik“ oder „Schlaf-Wach-Zyklus“ sicher umgehen können.

Im Anschluss an den vorgelegten Unterricht könnte der Lehr-/Lernprozess dann mit der Vorstellung von aktuellen Forschungsprojekten zum Thema Innere Uhr (http://www.endo.mpg.de/deutsch/molekulare_mechanismen.htm, <http://www.mpg.de/bilderBerichteDokumente/dokumentation/pressemitteilungen/2005/pressemitteilung20050411/index.html>, http://www.uni-muenchen.de/lmu-32006100/htdocs/p_details.cfm?news_id=1042) fortgesetzt werden.

Alternative Nutzung der Stunde: Die vorgelegte Unterrichtsstunde könnte aber gegebenenfalls auch in Themenschwerpunkten wie Informationsverarbeitung/Neurobiologie oder Verhaltensbiologie zum Einsatz kommen. Sinnvoll wäre beispielsweise eine Nutzung innerhalb einer Unterrichtsreihe zum Bau und zur Funktion des menschlichen Gehirns bzw. zu Informationsverarbeitung und -weiterleitung im Nervensystem.

Unterrichtseinstieg als Sicherung und Motivation

Um die Erinnerung der Schüler an die wichtigsten Unterrichtsergebnisse der letzten Stunde aufzufrischen und diese für eine zügige Erarbeitung im Laufe des folgenden Unterrichts parat zu haben, legt der Lehrer zunächst eine Folie mit einer Fotomontage zum Thema Innere Uhr auf.

Die Schüler sollen sich zunächst spontan zur Abbildung äußern und diese dann anschließend im Hinblick auf das bereits erlernte Wissen gezielt interpretieren. Wenn nötig, muss der Lehrer die Gedanken der Schüler durch vorbereitete Impulse lenken, damit diese Phase schnell und effektiv abgeschlossen werden kann.

Selbstständiges Lernen in Teamarbeit

Im Mittelpunkt der folgenden Erarbeitungsphasen steht die möglichst selbstständige Aneignung von Fachwissen in Teamarbeit. Dazu teilt der Lehrer den Kursverband in Kleingruppen auf, in denen die Arbeitsmaterialien gemeinsam gesichtet und ausgewertet werden. Auftretende Fragen oder Unklarheiten bezüglich der Texte auf den Arbeitsblättern sind nach Möglichkeit teamintern zu klären. Nur im Notfall springt der Lehrer als Hilfe, Ideengeber oder Motivator ein.

Auch die Arbeitsaufgaben werden im Diskurs mit den Teammitgliedern gelöst und anschließend schriftlich so fixiert, dass sie später im Rahmen eines kleinen Vortrags im Kursverband vorgestellt werden können.

Taktgeber des Lebens – Innere Uhren – Didaktische Hinweise

Sollten einige Kleingruppen schneller als erwartet mit der Arbeit fertig sein, könnte der Lehrer in diesen Teams eine Diskussion über eigene Erfahrungen mit dem Phänomen der inneren Uhr initiieren. Ziel ist es dabei, einen Bezug zur Alltagswelt der Lernenden herzustellen und so die Motivation während der gesamten Unterrichtszeit möglichst hoch zu halten.

Die Materialien auf den Arbeitsblättern sind so ausgewählt, dass die Schüler daran den Weg der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bei der Funktion der inneren Uhren nachvollziehen können und zudem einen spannenden Einblick in die Arbeit eines Chronobiologen erhalten. Übergeordnetes Ziel dieser Phasen sind die Verbesserung der Fach- und Sozialkompetenz sowie in Teilen die wissenschaftspropädeutische Ausbildung.

Anwendung von bereits erarbeitetem Wissen

Im Rahmen der Hausaufgabe sollen die Schüler das bisher erarbeitete Wissen über innere Uhren und ihre Funktion auf ein neues Problem anwenden (Laufradaktivität von Mäusen mit Uhren-Gen-Defekt im Vergleich zu normalen Tieren). Sie müssen dabei nicht nur die Grafiken auswerten und interpretieren, sondern auch Erklärungen für die beobachteten Phänomene finden.

5. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe

Die vorgelegte Unterrichtsstunde ist für einen Einsatz in der gymnasialen Oberstufe gedacht. Nach einer deutlichen Reduzierung des Schwierigkeitsgrads der Arbeitsmaterialien (Erläuterung der Fachbegriffe, Weglassen von Zusatzinformationen) und des Umfangs und der Anzahl der Aufgaben könnte die Einheit eventuell auch in den Klassen 9 und 10 des Gymnasiums durchgeführt werden. Der Zeitbedarf beträgt 90 Minuten (2 UE). Stehen nur Einzelstunden zur Verfügung, kann der Unterricht nach der ersten Erarbeitungsphase und dem anschließenden Zusammentragen und Sichern der Ergebnisse beendet werden. Nach einer kurzen Hinführung durch den Lehrer beziehungsweise einer Problemfindungsphase (siehe Unterrichtsverlauf) sollte das Arbeitsblatt 2 dann als Hausaufgabe verwendet werden.

In der nächsten Unterrichtsstunde geht es dann zunächst mit der Besprechung der Resultate der selbstständigen Schülerarbeit weiter, bevor anschließend das Arbeitsblatt 3 zum Einsatz kommt.

Lehrplankonformität

Anknüpfungspunkte für den Einsatz der vorgelegten Stunde bzw. der Unterrichtsreihe in der Schule finden sich in (fast) allen Lehrplänen der Bundesländer:

Beispiel Nordrhein-Westfalen:

„Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen“ zählen laut den Richtlinien NRW für das Fach Biologie in der Jahrgangsstufe 12/13 zu den vorgesehenen Schwerpunkten des Unterrichts. Dabei soll es nicht nur um molekulare Grundlagen der Vererbung, sondern auch um „Aspekte der Cytogenetik mit humanbiologischem Bezug“ und die angewandte Genetik gehen. Die vorgelegte Unterrichtseinheit „Taktgeber des Lebens – innere Uhren“ könnte unter anderem dazu beitragen, den Schülern „den Weg der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung mithilfe entsprechender Fachmethoden (z.B. Aufklärung von Genwirkketten)“ zu verdeutlichen.

Beispiel Sachsen:

Laut dem sächsischen Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe sind in der Jahrgangsstufe 12 im Lernbereich 1 des Grund- und Leistungskurses die Schwerpunkte Genetik und Immunbiologie ausführlich zu besprechen. Vorgesehen

Taktgeber des Lebens – Innere Uhren – Didaktische Hinweise

ist dabei unter anderem der Aspekt „Realisierung der genetischen Information“, wo unter anderem Genwirkketten und Genregulationen im Mittelpunkt der schulischen Auseinandersetzung stehen sollen.

Die vorgelegte Unterrichtsstunde könnte dazu beitragen, den Schüler zu vermitteln, welche Bedeutung genetisches Wissen für die Gesellschaft und den Menschen hat. Durch die Kenntnis der molekularen Prinzipien der Verwirklichung und Veränderung genetischer Informationen verstehen sie aber auch die Grundprozesse des Lebens besser.

Beispiel Hessen:

Der hessische Lehrplan schreibt für die Jahrgangsstufe 12.1 die Auseinandersetzung mit dem Bereich Genetik vor. Als verbindliche Unterrichtsinhalte nennen die Richtlinien für den Leistungskurs das Humangenomprojekt, die „Kartierung und Identifizierung von Genen“ sowie „Aktivitätsprofile der Gene“.

Die vorgelegte Unterrichtsstunde ist in diesem Zusammenhang gut einsetzbar und könnte am Beispiel der „Uhren-Gene“, die Fortschritte aufzeigen, die bei der Entschlüsselung des menschlichen Genoms und der Funktionsanalyse der einzelnen Erbgutbausteine durch die moderne Gentechnik gemacht worden sind.

Beispiel Bayern:

Die Molekulargenetik ist eines der wichtigsten Themen in Grund- und Leistungskurs in der Jahrgangsstufe 12 an bayerischen Gymnasien. Die Schüler sollen dabei „die molekularen Prinzipien der Speicherung, Vervielfältigung, Verwirklichung und Veränderung genetischer Informationen“ kennen lernen und "damit die Voraussetzung für das Verständnis der Grundprozesse des Lebens" erwerben.

Zu den im Lehrplan festgelegten Unterrichtsinhalten gehört in diesem Zusammenhang beispielsweise auch die molekulare Wirkungsweise der Gene. Dabei sollen die Schüler unter anderem das Prinzip von Genwirkketten erarbeiten oder mehr über die Regulation der Genaktivität erfahren. Die vorgelegte Unterrichtsstunde „Taktgeber des Lebens – innere Uhren“ berücksichtigt diese Lerninhalte ausführlich und könnte am Beispiel der inneren Uhren exemplarisch solche molekularen Mechanismen und Prozesse vorstellen.

6. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

„Alles zu seiner Zeit“

Dies könnte das Thema für einen fächerübergreifenden Unterricht sein, in den die vorgelegte Unterrichtsstunde gut passt.

Im Fach **Biologie** sollten neben der inneren Uhr und den Uhren-Genen auch die verschiedenen Zeitrhythmen besprochen werden: neben den Tageszeiten gehören dazu auch Jahreszeiten, Mondphasen oder ganz ungewöhnliche Zyklen wie bei den Zikaden, die sich über 17 Jahre erstrecken können und nicht durch biologische Uhren gesteuert werden, sondern andere Ursachen haben (<http://www.primzahlen.de/files/praxis/Natur/Zikaden.pdf>).

Im Fach **Physik** sollte das Thema „Zeitmessung“ einer genaueren Betrachtung unterzogen werden. Seit jeher suchen die Menschen nach geeigneten Methoden zur Zeitmessung, das beginnt mit Sonnenuhren und geht weiter über mechanische Uhren bis hin zu Atomuhren und schließlich optischen Uhren. Dabei ist die Zeitmessung im Laufe der Geschichte immer präziser geworden. Warum das so ist eröffnet sich den Schülern, wenn man sich mit den physikalischen Grundprinzipien befasst, die den diversen Zeitmessgeräten zugrunde liegen.

Taktgeber des Lebens – Innere Uhren – Didaktische Hinweise

Der **Geschichtsunterricht** stellt die Entwicklung von Zeitmessgeräten im historischen Kontext vor. Er kann dabei auch herausarbeiten, dass beispielsweise eine exakte Zeitmessung Voraussetzung für die Bestimmung von Längengraden und damit für weiträumige Entdeckungsfahrten war. Auch das Thema Zeitzonen würde sich anbieten, wie sie entstanden sind und was das beispielsweise für einen Länder übergreifenden Handel bedeutet.

Im **Erdkundeunterricht** sollen sich die Schüler mit „geologischen Uhren“ befassen. Sie beruhen auf dem Zerfall von natürlich vorkommenden radioaktiven Isotopen, die sich in einem Mineral oder Gestein befinden. Jedes Mineral und Gestein enthält seine eigene innere "Uhr" die bei dessen Bildung zu ticken beginnt. Die Zeitdimensionen, die mit geologischen Uhren erfasst werden, sind ungleich größer als beispielsweise in der Biologie – hier geht es um Größenordnungen von Millionen und Milliarden Jahren.

In den **Sozialwissenschaften** sollten die Schüler unter Berücksichtigung des Wissens über innere Uhren die Nacht- und Schichtarbeit oder den Schulbeginn kontrovers diskutieren. Darüber hinaus könnten sie nach dem unterschiedlichen Zeitgefühl in den verschiedenen Ländern forschen. Auch in **Philosophie** ließen sich hierzu Anknüpfungspunkte finden.

Die Fächer **Deutsch** oder **Englisch** können ebenfalls zum fächerübergreifenden Projekt beitragen, indem sie Literatur zum Thema Zeitreisen vorstellen, wie „Die Zeitmaschine“ von H.G. Wells, „Time Line“ von Michael Crichton oder „Das Jesus Video“ von Andreas Eschbach.