

Vögel sehen die Welt bunter

Der Spektrum-Artikel "*Vögel sehen die Welt bunter*" ist ein hoch interessanter Artikel, der gleichzeitig mehrere abiturrelevante Bereiche der Oberstufen-Biologie berührt und den Schüler(innen) auch Einblicke in das praktisch-experimentelle Arbeiten der Biologen gibt.

Einordnung des Artikels in den Lehrplan der gymnasialen Oberstufe

Der Spektrum-Artikel berührt die Fachgebiete Neurobiologie, Genetik und Evolution. Genauer gesagt, geht es um die Evolution des Farbsehens bei Wirbeltieren, insbesondere bei Säugetieren und Vögeln.

Konkret deckt der Artikel direkt oder indirekt folgende Themen ab:

Neurobiologie

Farbsehen allgemein, Theorie des trichromatischen / tetrachromatischen Farbsehens, Zapfentypen, Absorptionsmaxima der verschiedenen Opsine. Besonderheit der Zapfen bei Vögeln.

Genetik

Lage der Opsin-Gene auf den Chromosomen, unterschiedliche Vererbung der Rot- und Grün-Allele bei Frauen und Männern. Gen-Duplikation ermöglicht Bildung neuer Opsin-Typen.

Evolution

Veränderungen des Farbsehvermögens im Laufe der Evolution der Wirbeltiere, Ursachen für den Verlust von Zapfentypen bei den Säugetieren, Gründe für die Neubildung von Zapfentypen bei den höheren Primaten.

In den **Biologie-Richtlinien des Bundeslandes NRW** für die gymnasiale Oberstufe sind folgende Fachinhalte obligatorisch vorgesehen, in den anderen Bundesländern sind die Vorgaben ähnlich:

Neurobiologie

Bau und Funktion eines Sinnesorgans

Genetik

Mutation, Chromosomen, Stammbaumanalyse, Erbgänge

Evolution

- rezente Hinweise aus Morphologie, Anatomie, Biochemie, Physiologie,
- Systematik und phylogenetischer Stammbaum an einem Beispiel
- Theoriebildung auf der Basis von Einzelphänomen und Hypothesen
- phylogenetische Stellung der Hominiden

Die Unterrichtsmaterialien

Die Materialien, die zu diesem Artikel zur Verfügung stehen, sind in drei große Module gegliedert, die unabhängig voneinander eingesetzt werden können. Jedes Modul besteht aus Arbeitsblättern mit Aufgaben und/oder Informationsblättern, aus Lösungen zu den Aufgaben und aus Overhead-Folien, die im Unterrichtsgespräch eingesetzt werden können.

Modul 1 - Grundlagen des Farbsehens			
AB 1-1 2 Seiten	Grundlagen des Farbsehens	Absorptionspektren von Opsinen, graphisch dargestellt. Dazu insgesamt neun Arbeitsaufträge.	Dieses Arbeitsblatt soll - zusammen mit dem Arbeitsblatt 1-2 - den Schüler(innen) klarmachen, dass zum Farbsehen verschiedene Zapfentypen benötigt werden.
AB 1-2	Lichtabsorption durch die Zapfen	Auch Wellenlängen, die weiter vom Absorptionsmaximum des Opsins entfernt sind, können einen Zapfen erregen, wenn die Intensität entsprechend hoch ist.	In dem Spektrum-Artikel wird auf S. 98 recht intensiv auf diesen Punkt eingegangen. Daher wurde dieses Arbeitsblatt in das Modul 1 mit aufgenommen.
AB 1-3	Genetik des Rot-Grünsehens	Informationstext zum trichromatischen Farbsehen bei Männern und Frauen und zur Rot-Grün-Blindheit bei beiden Geschlechtern.	Dieses Arbeitsblatt sollte eingesetzt werden, wenn den Schüler(innen) die genetischen Grundlagen der Farbenblindheit noch nicht aus dem Unterricht bekannt sind.

Modul 2 - Evolution des Farbsehens			
AB 2-1 1 Seite	Stammbaum der Photorezeptoren	Ein Schema, das den Schüler(innen) verdeutlichen soll, wie sich die ursprünglich vier Zapfentypen im Laufe der Evolution bei den Wirbeltieren verändert haben.	Das Arbeitsblatt bezieht sich direkt auf den Text des Artikels; Kenntnisse der Primaten-Evolution wären hilfreich, werden aber nicht vorausgesetzt.
AB 2-2 1 Seite	Chromosomen-Mutationen und Bildung des Grün-Rezeptors	Die wichtigsten Typen von Chromosomen-Mutationen werden kurz vorgestellt, vor allem die Duplikation.	Dieses Arbeitsblatt soll den Schüler(innen) die Bedeutung der Duplikation für die Entstehung eines neuen Opsin-Typs klar machen.
AB 2-3 2 Seiten	Evolution des Farbsehens bei den Wirbeltieren	Kurzer Überblick über die Evolution der Wirbeltiere, dazu ein Schema der Wirbeltier-Evolution, das die Schüler(innen) mithilfe der Textinformationen vervollständigen müssen.	Dieses Arbeitsblatt kann zusammen mit den Arbeitsblättern AB 2-4 bis 2-6 zur selbstständigen Erarbeitung des komplexen Themas in Partnerarbeit oder Gruppenarbeit eingesetzt werden.
Folie 1 zu AB 2-1	Stammbaum der Photorezeptoren	Nicht beschriftete Darstellung	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden.
Folie 2 zu AB 2-1	Stammbaum der Photorezeptoren	Beschriftete Darstellung	Kann zur Besprechung der Lösung eingesetzt werden.
Folie 1 zu AB 2-2	Chromosomen-Mutationen	Duplikation des Gens für das Rot-Op-sin führte zum Gen für das Grün-Op-sin	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden.
Folie 2 zu AB 2-2	Entstehung des Gens für das Grün-Op-sin	Nach der Duplikation des Rot-Op-sin-Gens gab es im Laufe der Evolution mehrere Möglichkeiten.	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden.
Folie 1 zu AB 2-3	Stammbau der Wirbeltiere / Farbsehen	Unbeschrifteter Stammbaum	Kann zur Erarbeitung des Themas eingesetzt werden.
Folie 2 zu AB 2-3	Stammbau der Wirbeltiere / Farbsehen	Beschrifteter Stammbaum	Kann zur Besprechung der Lösung eingesetzt werden.

Modul 3 - Experimente zum Farbsehen			
AB 3-1 1 Seite	Experiment 1	Zum Farbsehen beim Menschen	Die Richtlinien einiger Bundesländer sehen das verstärkte Eingehen auf die fachwissenschaftliche Methodik vor. Dieses Arbeitsblätter und Folien beziehen sich direkt auf den Spektrum-Artikel, sie können begleitend während des Lesens zur Erläuterung offener Fragen oder am Ende für eine Zusammenfassung des Artikels eingesetzt werden.
AB 3-2 1 Seite	Experiment 2	Zum Farbsehen beim Wellensittich	
AB 3-3 1 Seite	Experiment 3	Zum Farbsehen beim Wellensittich	
AB 3-4 1 Seite	Tetrachromatisches Farbsehen bei Vögeln	Ein Arbeitsblatt zur Auswertung des Spektrum-Artikels	
Folie zu AB 3-1	Experiment 1	Zum Farbsehen beim Menschen	
Folie 1 zu AB 3-1	Experiment 2	Zum Farbsehen beim Wellensittich	
Folie 2 zu AB 3-1	Experiment 2	Versuchsordnung für Experiment 2	
Folie zu AB 3-3	Experiment 3	Zum Farbsehen beim Wellensittich	
Folie zu AB 3-4	Trichromatischer und tetrachromatischer Farbraum	Zur Darstellung des jeweiligen Farbraums	

Weiterführende Literatur

Spektrum-Artikel

Das kleine Chromosom der Männlichkeit

Spektrum der Wissenschaft, Juni 2001, S. 60ff.

Da waren's nur noch zwei

Wie viele lichtempfindliche Systeme hat das Auge? [spektrumdirekt](#) vom 16.03.2003

Sehen statt riechen

Verdrängt das Farbsehen unseren Sinn für Pheromone? [spektrumdirekt](#) vom 16.06.2003

Schleichender Verlust

Farbsehen verdrängt den Geruchssinn. [spektrumdirekt](#) vom 21.01.2004

Wenn die Welt farblos ist

Auf den Spuren der Farbenblindheit. [spektrumdirekt](#) vom 02.02.2004

Schulbücher

Farbsehen

Linder Biologie, Lehrbuch für die Oberstufe, Braunschweig 2005, S. 222-223 (Farbsehen), S. 331 (Rot-Grün-Sehschwäche).

Schroedel, Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig 2005, S. 48-49.

Cornelsen, Biologie Oberstufe, Berlin 2001, S. 420-421.

Klett, Natura, Biologie für Gymnasien, Stuttgart 2005, S. 243.

Chromosomen, Mutationen, Gen-Duplikationen

Linder Biologie, Lehrbuch für die Oberstufe, Braunschweig 2005, S. 324 (Mutationen), S. 328 (Inaktivierung von Genen), S. 467 (Bildung neuer Gene)

Cornelsen, Biologie Oberstufe, Berlin 2001, S. 176, S. 179.

Schroedel, Biologie heute SII, Braunschweig 2004, S. 127, S. 166.

Klett, Natura, Biologie für Gymnasien, Stuttgart 2005, S. 131.

Evolution der Vögel

Cornelsen, Biologie Oberstufe, Berlin 2001, S. 270 - 273.

Evolution der Wirbeltiere

Cornelsen, Biologie Oberstufe, Berlin 2001, S. 294.

Autor dieser Einführung und der drei Module ist Ulrich Helmich, Lehrer für Biologie, Chemie und Informatik am Söderblom-Gymnasium in 32339 Espelkamp. Kontakt über www.u-helmich.de bzw. info@u-helmich.de.