

# Ausführlicher Unterrichtsentwurf<sup>1</sup>

vorgelegt von Maxima Mustermann

## Der Bau der Netzhaut

Fach: Biologie

Klasse: 7b

Datum: 19.04.2021

Zeit: 7.30–9.15 Uhr

Schule/Raum: Schillerrealschule Mönchbronn/Raum 17a

### 1. Grundlagen

- 1.1. Das vorhandene Unterrichtshabitat
  - 1.1.1. Vorhandene Tiefenstrukturen
  - 1.1.2. Vorhandene Oberflächenstrukturen
- 1.2. Meine Schülerin/mein Schüler
- 1.3. Fachliche Grundlagen
  - 1.3.1. Der Aufbau der menschlichen Netzhaut (Retina)
  - 1.3.2. Sehzellen und Signalumwandlung (Transduktion)

### 2. Tiefenstrukturelle Weiterentwicklung des Unterrichts

- 2.1. Gewünschte Schlüsselkonzepte
- 2.2. Intentionen des Unterrichtsvorhabens
- 2.3. Angaben zum Informationsgehalt

### 3. Oberflächenstrukturelle Realisierung

- 3.1. Die Repräsentation auf der Oberflächenebene
- 3.2. Verstetigung und Nachhaltigkeit

### 4. Prüfung der Planung

- 4.1. Angemessenheit des Informationsgehalts
- 4.2. Ermöglichung positive Resonanz
- 4.3. Etablierung pädagogische Validität
- 4.4. Maß der Konnektivität

### 5. Planungsüberblick

- 5.1. Zusammenfassende Konsequenzen für die Unterrichtsgestaltung
- 5.2. Verlaufsskizze

## Literatur

## Anlagen

---

<sup>1</sup> Alle Namen sind anonymisiert bzw. frei erfunden. Alle Ähnlichkeiten mit konkreten Schulen, Klassen oder Personen sind rein zufällig. Der Lesbarkeit wegen, wurden Pseudonyme verwendet. In der Schulpraxis muss die Vertraulichkeit des Dokuments gesichert sein; ansonsten sind Namen und Bilder unter dem Abschnitt »Mein Schüler – Meine Schülerin« zu entnehmen.

## 1. Grundlagen

### 1.1 Das vorhandene Unterrichtshabitat

#### 1.1.1 Vorhandene Tiefenstrukturen

Folgende Schlüsselkonzepte sind im Biologieunterricht der Klasse 7d aktuell etabliert:

1. *Schlüsselkonzept zur Interaktion:* »Der Unterricht betrifft und meint jeden Schüler und jede Schülerin«, »Alle verstehen sich so gut, dass Kontakte zwischen allen möglich sind«. Das Konzept ist fest etabliert.
2. *Schlüsselkonzept zur Fachlichkeit, Fachsprache, fachliche Basiskonzepte:* Fachliches Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten und Methoden stehen oftmals nicht so im Zentrum, wie das intendiert ist. Oftmals stehen die sozialen Interaktionen im Vordergrund und weniger die fachlichen Inhalte. Es ist wichtig, ein Konzept wie »Die Inhalte des Biologieunterrichts meinen und betreffen mich« noch stärker zu etablieren. Das gilt auch für Erkenntnismethoden wie das Experimentieren und Beobachten.
3. *Ein Schlüsselkonzept zur Körperverantwortlichkeit* ist in Ansätzen vorhanden. Im Habitat wird an vielen Stellen darauf Wert gelegt, dass Schülerinnen und Schüler wertschätzend und selbstsorgend mit ihrem Körper umgehen. Insbesondere im Deutschunterricht wird aktuell das Thema »Mutproben« ins Zentrum gestellt. Einmal wöchentlich findet ein gesundes Frühstück in der Klasse statt. Insgesamt ist dieses Schlüsselkonzept noch weitaus stärker verankerbar.

#### 1.1.2 Vorhandene Oberflächenstrukturen

Die in 1.1.1 genannten Schlüsselkonzepte werden aktuell über folgende Merkmale der Oberflächenstruktur des Unterrichts gestützt:

*Verhalten und Kognitionen:* Um alle Schülerinnen und Schüler der Klasse 7d zu erreichen, steht die Bedeutung biologischer Sachverhalte im Leben der Schülerinnen und Schüler im Zentrum. Die Oberflächenstruktur wähle ich häufig so, dass der Unterricht bei einer Alltagserfahrung, einer Alltagsbeobachtung, bei Auswirkungen biologischer Tatsachen und Phänomene auf den Einzelnen einsetzt. Weil die Inhalte, Einsichten, Fähigkeiten und Fertigkeiten grundlegend sind, achte ich darauf, dass bei Einführungs-, Beobachtungs- und Experimentierphasen alle sehr konzentriert bei der Sache sind. Das ist mit den Schülerinnen und Schülern besprochen. Da sich die Schülerinnen und Schüler innerhalb der Klasse sehr gut verstehen, ist der Kommunikationsgrad sehr hoch. Die Schülerinnen und Schüler haben sich beständig etwas mitzuteilen. Dieses Verhalten stört zugleich häufig Erschließungs- und Aneignungsprozesse. Hier weise ich die Schülerinnen und Schüler rasch und klar darauf hin, dass die Aufmerksamkeit auf die Sache zu richten ist, versuche dies jedoch in der Regel zu erreichen, indem ich der Bedeutung der Sache im Leben besonderes Gewicht gebe.

In den Übungs- und Vertiefungsphasen können die Schülerinnen und Schüler nach eigenem Tempo arbeiten; falls ein Schüler bzw. eine Schülerin sehr schnell und

konzentriert arbeitet, ist es in Ordnung, wenn er oder sie in dieser Zeit Musik hört oder etwas liest oder wenn Schüler sich flüsternd unterhalten. Das ist mit den Schülerinnen und Schülern so vereinbart. Voraussetzung ist allerdings, dass die jeweilige Aufgabe korrekt und gut gelöst ist. Diese Vereinbarung hat sich als handhabbar erwiesen und die kurzen Entspannungsphasen in Doppelstunden werden von den Schülerinnen und Schülern geschätzt. Sie bieten auch die Möglichkeit, auf Schülerinnen und Schüler, die Fragen haben, einzugehen. Da das Arbeitstempo sehr heterogen ist, bin ich in der Situation, zeitgleich das unterschiedliche Arbeitstempo und die unterschiedlichen Arbeitsweisen wahrzunehmen. Auch das Misstrauen, dass ein Schüler oder eine Schülerin gerade nicht arbeiten könnte, erlebe ich als belastend. Günstig wäre, wenn Schülerinnen und Schüler mit ähnlicher Arbeitsweise und vergleichbarem Arbeitstempo räumlich beieinandersäßen. Eine Lösung suche ich hier noch.

Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass sie Ideen einbringen und Vorschläge machen können. Schüler, die Aufgaben bearbeiten wollen, die sie interessant finden, die aber im Hinblick auf den Anspruch über- oder auch unterfordernd sind, weise ich darauf hin, lasse sie bei Interesse diese Aufgabe(n) dennoch bearbeiten.

*Körperpräsenz:* Mit den Schülerinnen und Schülern ist verabredet, dass sie sich bei Bedarf selbstständig im Klassenzimmer, im Vorbereitungsraum und außerhalb des Klassenzimmers bewegen können (Nischen für Kleingruppenarbeit, Gang zur Toilette, Abholung von Materialien). Das klappt inzwischen sehr gut. Zwei Schüler sind noch nicht in der Lage, das erwartete Verhalten zu zeigen. Mit ihnen wurde letzte Woche in einem Gespräch vereinbart, dass sie getrennt voneinander in verschiedenen Gruppen arbeiten werden.

*Objektivierungen:* Wann immer möglich, werden Medien eingesetzt, die einen Bezug zum Leben der Schülerinnen und Schüler herstellen. Die Dinge (z. B. Modelle, Pflanzen, Plakate) werden auch über den Biologieunterricht hinaus im Klassenzimmer angebracht bzw. ausgestellt. Darauf lege ich als Klassenlehrperson großen Wert. Die Schülerinnen und Schüler haben kein eigenes Schulbuch. Deshalb müssen Kopien angefertigt werden. Das ist unter ökologischen Gesichtspunkten problematisch und steht im Widerspruch zu tiefenstrukturellen Konzepten von Nachhaltigkeit.

*Emotionen:* Insgesamt herrscht eine gute und entspannte Arbeitsatmosphäre. Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass sie bei Fragen und Problemen auf mich zukommen können. Sie wissen auch, dass ich unfreundliche oder herabsetzende Äußerungen nicht toleriere und sie dann unmittelbar zum Gespräch am Nachmittag eingeladen sind. Das ist im Moment nicht notwendig, denn in der Klasse 7d herrscht ein starker Zusammenhalt.

*Raum-Zeitstrukturen:* Der Unterricht findet immer als Doppelstunde im Fachraum Biologie statt. Der Raum enthält ein Whiteboard; Modelle zur Thematik von Seiten der Schule sind nicht vorhanden. Der Raum enthält weiterhin keine Stühle mit Lehnen, sondern kleine Hocker; die Tische sind verschiebbar. Letzteres wird für offene Versuchsphasen genutzt, führt aber auch dazu, dass Interaktionen jenseits der fachlichen Auseinandersetzung stattfinden.

## 1.2 Meine Schülerin/mein Schüler

Name	Foto	Lern- und Aneignungsprozesse im Biologieunterricht/ Beobachtungen und momentane Einschätzungen	Fachliche Grundlagen für diese Doppelstunde: Bau des Auges (letzte Stunden) – Vorstellung von einer Nervenzelle
Sina		Äußert sich selten, Grund?/Löst alle Aufgaben, arbeitet derzeit gerne mit Noah	+
Erkan		+++ Hat sich inhaltlich viel erschlossen/+ Kooperativ, engagiert, Hobby: Bienen	+
Noah		Gespräch?, Lerngruppe oder Einzelarbeit? /Möchte derzeit nicht gern angesprochen werden, ablehnend, demotiviert, unaufmerksam (???)	War in den letzten 10 Tagen krank. --
Nina		+++ Arbeitet intensiv mit, großes Interesse an Biologie, +/- Seitengespräche mit Henriette/Freundin von Henriette, sehr engagiert, übernimmt auch zusätzliche Aufgaben	(-)?
Henriette		Redet im Unterricht viel mit Nina/Klassensprecherin, derzeit eher unkonzentriert, überfordert???	?
Felix T.		Kann im Moment nichts zu ihm notieren – d. h. Fokus auf Felix in den nächsten Stunden.	+
Cevin		Hobby: Schildkröten	+
Calwin		Fragen, mit wem er gerne zusammenarbeiten würde/Gespräch? /zurückgezogen/Freundschaften unklar; hat oft Buch und Mäppchen nicht dabei (?) /Brille	+?
Onur		Hausaufgaben fehlen oft; derzeit versetzungsgefährdet; wenig motiviert – Gespräch?/Unterstützung/überfordert???	--
Kiara		Leistungssport/manchmal sehr müde/sehr bemüht, beides zu vereinbaren/Brille	(-)?
Lisa		Sehr sensibel; nimmt sich alles sehr zu Herzen/Kooperation mit selbst gewählten Personen ist wichtig	++
Felix K.		Fehlte in den letzten vier Wochen dreimal; verschlafen/Hintergrund?	--?

Simon		Fußballfan (mit Tino)	+
Tino		Fußballfan (mit Simon)/Brille	+
Hijab		Sehr fleißig und zurückhaltend. Äußert sich nur, wenn sie angesprochen wird/Brille	++
Jenny		Derzeit wenig auf Unterricht konzentriert. Rauchend auf Schulhof, Diebstahl Drogeriemarkt – bin im Gespräch	?
Marcel		Erklärt alles sehr ausdifferenziert, sehr interessiert; Mitschüler können das manchmal schwer aushalten	++
Avni		Präsentiert sich gerne. Aktionen, um Anerkennung zu gewinnen (Feuerlöscher im Biosaal in Gang gesetzt)	+ ?
Emily		Experimentiert gerne; sprachlich sehr elaboriert	+++
Larissa		Hört schlecht und nutzt ein Mikrofon; Platz vorne ist wichtig; Mikrofon während des Unterrichts nicht vergessen. Sie musste mich schon mehrfach daran erinnern	++
Hakan		?? Kann wenig über Hakan sagen. Künftig stärker beobachten	??

Tab. 1: Grundlagen bei meiner Schülerin/bei meinem Schüler/Bilder mit Genehmigung der Eltern (Fotos: © gettyimages/SolStock)

- ? Noch wenige Beobachtungen, wenig Wissen, vorläufige Überlegungen und Ideen.
- + Stärken, zu Förderndes, positive Entwicklungen
- Schwächen, Unsicherheiten, Förderung wichtig

### 1.3 Fachliche Grundlagen: Der Aufbau der Netzhaut

#### 1.3.1 Der Aufbau der menschlichen Netzhaut (Retina)

Die Netzhaut ist der Teil des Auges, der die Lichtimpulse aufnimmt und in Nervenimpulse umwandelt (Phototransduktion). Sie besteht aus mehreren Schichten. Histologisch können zehn Schichten ausdifferenziert werden, von denen drei Schichten Zellkörper enthalten. Die Netzhaut ist aufgrund der Sehzellenschicht mit den lichtabsorbierenden Sehpigmenten im Wellenlängenbereich zwischen 390–760nm lichtempfindlich. Es lassen sich drei Schichten, die die Netzhaut bilden, differenzieren: die lichtempfindliche Sehzellenschicht, eine Schicht mit Bipolarzellen sowie eine Schicht mit Ganglienzellen. Damit handelt es sich um eine dreigliedrige Neuronenkette (vgl. Abb. 1), mehrere Nervenzellen sind miteinander verbunden.

Die verschiedenen Schichten der Netzhaut sind invers angeordnet. Das bedeutet, dass das Licht nicht sofort auf die Schicht mit den Photorezeptoren trifft, sondern zunächst über andere Neurone, viele verschiedene Typen von Bipolar- und Ganglienzellen geleitet wird. Diese neuronalen Zelltypen sind über Horizontalzellen miteinander verschaltet. Die Schichtung von drei Neuronentypen stellt sich innerhalb der Netzhaut folgendermaßen dar:

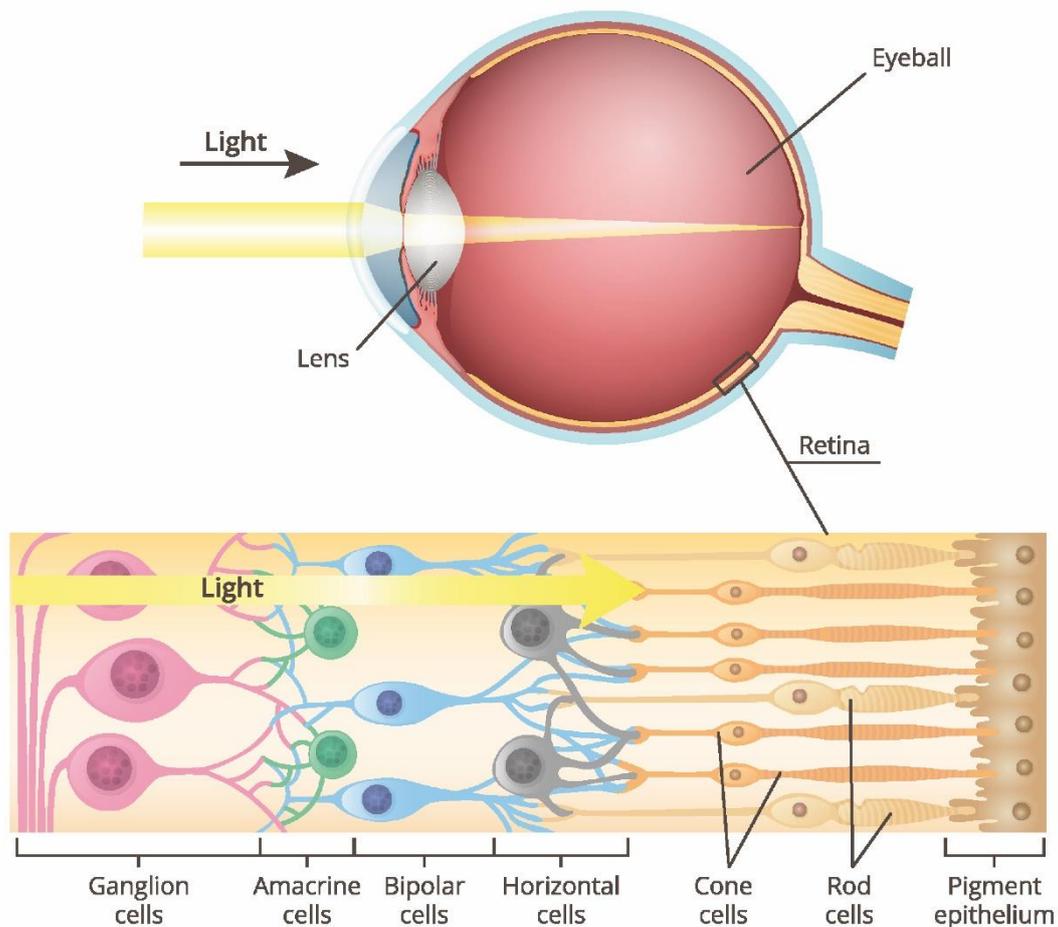


Abb. 1: Aufbau der Netzhaut (Foto: © gettyimages/marochkina)

Die Retina erbringt eine hohe Verarbeitungsleistung und Weiterleitung von Lichtimpulsen. Frings & Müller (2019) merken daher an: »Die Retina ist eine Ausstülpung des Gehirns, quasi ein vorgeschobener Posten« (S. 166).

In der Netzhaut werden elektromagnetische Wellen in elektrische Impulse umgewandelt. Dies geschieht durch lichtabsorbierende Sehpigmente. Die Seh- bzw. Sinneszellen sind häufig in Pigmentzellen eingelagert.

### 1.3.2 Sehzellen und Signalumwandlung (Transduktion)

Die Sehzellen sind in der Lage, Licht zu absorbieren, es in biochemische Signale umzuwandeln, diese zu verstärken und schließlich als elektrische Impulse weiterzuleiten (vgl. Frings & Müller 2019, S. 146). Besonders hervorzuheben und wichtig ist – insbesondere im Vergleich zum Riechen –, dass der Impuls durch eine Reduktion der Erregung geschieht und nicht durch eine Erhöhung.

Bei den Photorezeptoren lassen sich zwei Typen unterscheiden: die Stäbchen und die Zapfen. Letztere ermöglichen das Farbsehen, wobei sich weiterhin drei verschiedene Zapfentypen identifizieren lassen, die differente Absorptionsmaxima für Grün, Rot und Blau über ihre Opsinmoleküle zeigen. Der Farbeindruck entsteht im Gehirn, welches einen Abgleich der Erregungen leistet.

Der zweite Typ, die Stäbchen, sind hoch lichtempfindlich und ermöglichen das Hell-Dunkel-Sehen bzw. das Sehen bei Dämmerlicht; bei Tageslicht sind sie inaktiv. Mithilfe der Stäbchen können Grautöne gesehen werden.

Die Außenglieder von Zapfen und Stäbchen zeigen durch Faltungen bzw. Scheibenbildung (800 Disks befinden sich in einem einzigen menschlichen Stäbchen) eine Oberflächenvergrößerung der Zellmembran, in die die Sehpigmente dicht eingelagert sind (50 Millionen Rhodopsinmoleküle pro Stäbchen) (vgl. Abb. 2). Jedes dieser Moleküle ist in der Lage, Licht zu absorbieren und eine elektrische Antwort zu provozieren. Deshalb ist die Beschreibung der Stäbchen als überaus lichtempfindlich sehr zutreffend. Im Innenabschnitt der Photorezeptoren befinden sich die Zellorganellen mit dem Zellkern. Mittels des Axons und der synaptischen Endung werden Informationen an Bipolarzellen weitergeleitet.

*(Aus rechtlichen Gründen kann die Abbildung nicht wiedergegeben werden.)*

Abb. 2: Zapfen (links) und Stäbchen (rechts); aus: Frings, S., Müller, F. (2019). Biologie der Sinne. Vom Molekül zur Wahrnehmung. 2., korrigierte und aktualisierte Aufl., Berlin: Springer, S. 146.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Transduktion geschieht, weil Licht einen biochemischen Umbau der Sehpigmente in Gang setzt. Bei Zapfen und Stäbchen verläuft die Transduktion ähnlich.

Bei den Stäbchen erfolgt die Signaltransduktion innerhalb der Photorezeptoren über das Sehpigment Rhodopsin, bestehend aus dem Glykoprotein Opsin sowie der chromophoren Gruppe 11-cis-Retinal und über intrazelluläre Signalketten. Das Rhodopsin gewährleistet im Grundzustand eine hohe Leitfähigkeit für Natrium und Calcium (Dunkelstrom). Durch diesen Dunkelstrom können keine Kaliumionen austreten. Die Zelle ist dann depolarisiert (-40mV), also erregt. Bei Belichtung erfolgen chemische Umwandlungsprozesse (11-cis-Retinal wandelt sich durch Lichtabsorption in all-trans-Retinal); es erfolgt eine Umwandlung von Rhodopsin in Meta-Rhodopsin II. Dieses bindet das GTP-bindende Transducin und aktiviert eine Phosphodiesterase, die den Abbau von cGMP hervorruft. Dieser Prozess führt zur Schließung der cGMP-abhängigen Kanäle und die Natrium- (Na<sup>+</sup>) sowie die Calcium-Leitfähigkeit nehmen ab. Die Zelle ist hyperpolarisiert. Die Membranspannung wird negativer. Die Veränderung wird verarbeitet und zum Gehirn geleitet und als Licht wahrgenommen. Nach der Belichtung erfolgt die Inaktivierung der  $\alpha$ -Untereinheit des Transducins, in dessen Folge am Ende die Verbindung von 11-cis-Retinal zu Rhodopsin steht. Bei Dunkelheit ist somit der Einstrom von Na<sup>+</sup> hoch.

Auch Zapfen enthalten Sehfärbstoffe. Diese sind allerdings genetisch unterschiedlich codiert, was zu unterschiedlichen Absorptionsspektren führt: eines der Zapfenopsine absorbiert im kurzwelligen Blaubereich, eines im mittelwelligen Grünbereich und eines im langwelligen Rotbereich. Je nachdem, welche Zapfen durch Licht aktiviert werden, verarbeitet das Gehirn einen Farbeindruck.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Photorezeptoren auf Lichtreize mit Hyperpolarisation reagieren und somit eine Transformation von Lichtsignalen in elektrische Impulse geschieht, die am Ende als Licht im Gehirn wahrgenommen werden. Vom Lichtreiz bis zur Wahrnehmung braucht es Zeit, weshalb mehrere Reize, die aufeinander folgen (50 Bilder pro Sekunde), miteinander verschmelzen.

Stäbchen und Zapfen sind in unterschiedlicher Dichte innerhalb der Netzhaut vorhanden und bestimmen das räumliche Auflösungsvermögen.

### *Pigmentschicht*

Die retinale Pigmentschicht (Tapetum nigrum) grenzt an die Lichtsinneszellen und ist durch einen osmotischen Unterdruck mit der Sehzellenschicht verbunden. Die Pigmentschicht ist für die Sehzellen basal, denn in der Pigmentschicht werden die Sehfärbstoffe vorgehalten und

aufbereitet. Außerdem werden ausgeschiedene Zellbestandteile der Sehzellen in der Pigmentschicht zerlegt. Sie absorbiert zudem die Lichtanteile, die nicht von den Sinneszellen absorbiert wurden, und ist daher durch Melanin dunkel pigmentiert.

#### *Aderhaut*

Die Aderhaut versorgt die Sehzellen mit Sauerstoff und Glukose. Die Aderhaut ist elastisch.

#### *Gelber Fleck und blinder Fleck*

Der gelbe Fleck (Macula lutea) ist ca. 3 mm groß. Die Gelbfärbung wird durch das gelbe Pigment Lutein erzeugt. Im Zentrum des gelben Flecks liegt die Sehgrube (Fovea centralis); sie enthält hauptsächlich Zapfen. An dieser Stelle sind vorgeschaltete Nervenzellen zur Seite geschoben, sodass keine Lichtstreuung provoziert werden kann. Die Stäbchen liegen innerhalb der Netzhaut peripherer. Der gelbe Fleck ist zugleich das Areal der Netzhaut, mit dem am schärfsten gesehen werden kann.

An der Stelle des Austritts der Nervenbahnen zum Gehirn gibt es eine Stelle, mit der nicht gesehen werden kann (blinder Fleck).

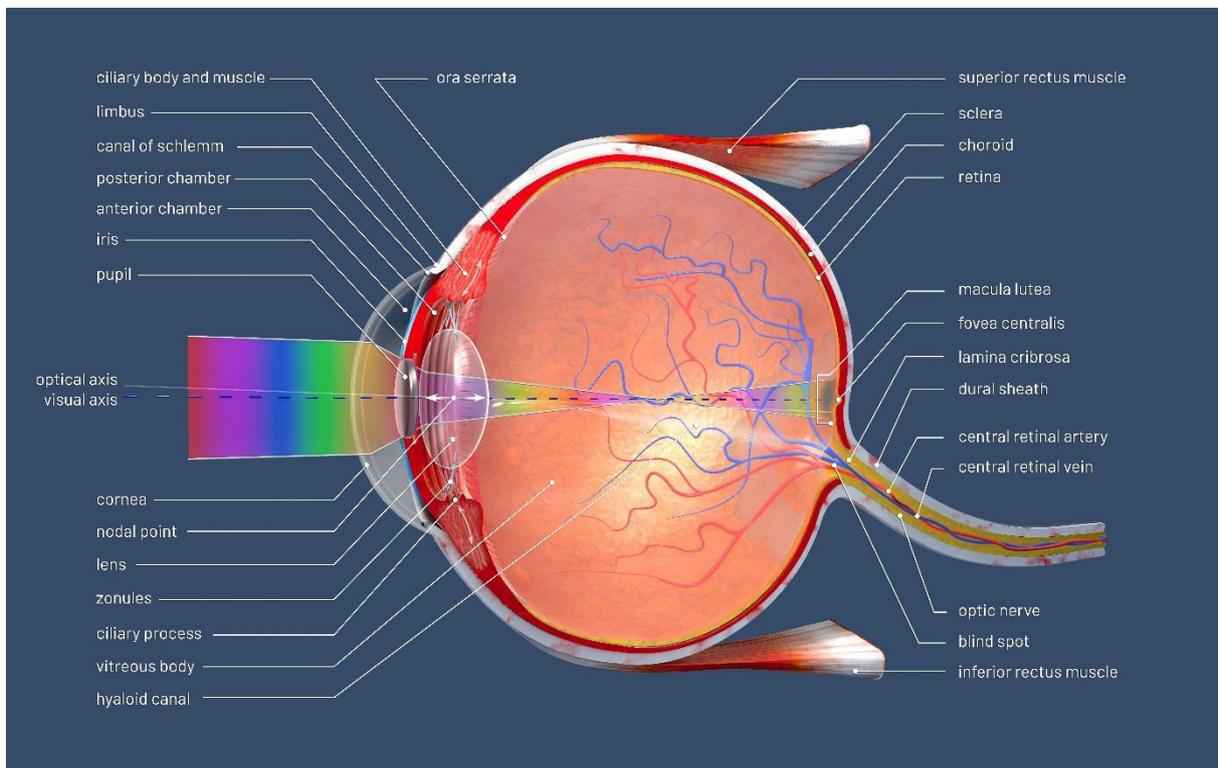


Abb. 3: Der Bau des Auges (Foto: © gettyimages/Christoph Burgstedt)

#### *Vom Auge zum Gehirn: Die Netzhaut als Ort der Signalwandlung*

Von der Retina führen ableitende Nerven zum Gehirn (Nervus opticus), wobei sich die beiden Sehnerven an der Schädelbasis überkreuzen und dann weiter über Thalamus und Corpus geniculatum laterale bis zum hintersten Teil des Großhirns (Hinterhauptlappen) ziehen. Dort befindet sich das Sehzentrum (visueller Cortex). Hier entsteht ein dreidimensionales Bild.

Die Lederhaut (Sclera) umgibt das gesamte Auge; zwischen Lederhaut und Retina liegt die Aderhaut (Choreoidea).

### 1.3.3 Erkrankungen der Netzhaut

Eine Netzhautablösung (Ablatio retinae) kann zur Erblindung führen, wenn sie nicht behandelt wird. Es handelt sich um eine sehr seltene Erkrankung. Symptome einer Netzhautablösung sind Lichtblitze, die von Betroffenen wahrgenommen werden. Zur Behandlung zählt die Operation.

Bei einer Retinitis pigmentosa sterben die Photorezeptoren ab, weil eines der Proteine, das für die Signalwandlung wichtig ist, nicht gebildet wird. Ursächlich ist ein Gendefekt. Diese Erkrankung kann daher zur vollständigen Erblindung führen.

## 2. Tiefenstrukturelle Weiterentwicklung des Unterrichts

### 2.1 Gewünschte Schlüsselkonzepte

#### *Gewünschtes Schlüsselkonzept*

Körperliche Achtsamkeit und Gesunderhaltung sind wichtig.

#### *Beitrag des Unterrichts zur Etablierung/Verankerung des Schlüsselkonzepts*

Der Unterricht stellt das biologische Prinzip der Stoff- und Energieumwandlung ins Zentrum. Dieses Prinzip zu verstehen, ist grundlegend, weil es klarmacht, dass der menschliche Körper komplexe Abläufe leistet und dass Störungen und Erkrankungen große Auswirkungen haben können.

#### *Anbindung an das vorhandene Habitat*

Gesundheitsbildung bzw. Körperverantwortung ist im Habitat bislang nur punktuell verankert (z. B. in Projekttagen, Präventionsmaßnahmen). Es wäre wichtig, die Körperverantwortung und die Körperwahrnehmung stärker zu verankern, das gilt insbesondere im Jugendalter und der damit verbundenen größeren Bereitschaft, Risiken einzugehen und gesundheitliche Folgen auszublenden. Der Biologieunterricht kann dazu beitragen, durch fachliche Informationen zu den komplexen Zusammenhängen der Signalumwandlung, die Einsicht zu verstärken, dass Gesundheit auf dem Zusammenspiel komplexer Prozesse beruht. Studien zeigen, dass der Informationsvermittlungsansatz nicht alle Schülerinnen und Schüler erreichen kann und durch Oberflächenstrukturen zu ergänzen ist, die auf die Stärkung der Selbstsicherheit zielen (vgl. Hinz 2006). Im Habitat müssten demnach auch Möglichkeiten geschaffen werden, dass Schülerinnen und Schüler sich selbst präsentieren können, um Anerkennung zu erfahren, ohne gesundheitliche Risiken eingehen zu müssen.

### 2.2 Intentionen des Unterrichtsvorhabens

1. Die Schülerinnen und Schüler verstehen die Bedeutung der Netzhaut für das Sehen.
2. Die Schülerinnen und Schüler sind motiviert, achtsam mit ihrer Gesundheit (im Hinblick auf das Sinnesorgan »Auge«) umzugehen.

### 2.3 Angaben zum Informationsgehalt

Der Unterricht enthält Informationen,

- dass die Sinneszelle Signale umwandelt,
- dass Impulse auf verschiedenen Wegen (hier elektrisch und chemisch) weitergegeben werden,
- über den Schichtenaufbau der Netzhaut (im Einzelnen: Pigmentschicht, Sehzellenschicht mit Stäbchen und Zapfen, Schaltzellenschicht, Nervenzellenschicht).

Die genannten Informationen sind in die Oberfläche des Unterrichts einzubetten. Informationen zu den biochemischen Abläufen werden nicht gegeben, da mit dem Aufbau der Netzhaut und deren „Position“ im Auge bereits sehr komplexe Zusammenhänge erarbeitet und Modelle herangezogen werden. Für ein höheres Maß an Differenziertheit wären sehr viele Grundlagen notwendig (z.B. Membran, Spannung, Umwandlungsprozesse) sowie weitere Modellvorstellungen. Die Komplexität der Vorgänge zu verstehen, wäre angesichts der zur Verfügung stehenden Zeit, dem Lebensalter und den Intentionen des Unterrichts nicht angemessen.

### **3. Oberflächenstrukturelle Realisierung**

#### **3.1 Die Repräsentation auf der Oberflächenebene**

Die Bedeutung der Netzhaut für das Sehen lässt sich am Beispiel von Personen deutlich machen, die an einer (drohenden) Netzhautablösung leiden. Das Beispiel des Zeichners Don Rosa ist besonders geeignet, weil die existenzielle Bedeutung des Sehens offensichtlich ist.

Für die angestrebten Intentionen in Bezug auf den Bau der Netzhaut ergibt sich aus fachdidaktischer Perspektive die Herausforderung der Anschauung. Die Netzhaut lässt sich nicht am Objekt betrachten; ihr Aufbau ist hochkomplex. Deshalb wird mit Modellen und Abbildungen gearbeitet, die bestimmte Merkmale hervorheben (z. B. zum geschichteten Aufbau), ohne dadurch fachwissenschaftlich fragwürdige Reduktionen vorzunehmen bzw. Fehlvorstellungen zu generieren. Die Komplexität des Vorgangs erfordert eine Inputphase. Eine fachliche Frage betrifft weiterhin den Schichtenaufbau der Netzhaut; im Schulbuch wie auch im zugehörigen Band mit Arbeitsblättern (z. B. Dörflinger et al. 2017, S. 37) wird der Aufbau der Netzhaut dargestellt, als ob die Aderhaut (mit Regenbogenhaut und Ziliarkörper) eine Schicht der Netzhaut bildet. Das ist fachlich nicht korrekt. Die Aderhaut und die Lederhaut bilden zwei Schichten, die von der Netzhaut funktional und anatomisch zu differenzieren sind. Das retinale Pigmentepithel ist jedoch zur Netzhaut zu zählen.

Die Funktion und der Aufbau der Netzhaut lässt sich mit Hilfe ausgewählter Versuche verdeutlichen. Anzumerken ist, dass die Versuche, obwohl sie einfach sind, genau durchgeführt werden müssen, um eine Beobachtung machen zu können. Auf diesen Umstand wird in der fachdidaktischen Literatur (z. B. Wonke 2011) nachdrücklich hingewiesen, sodass gegebenenfalls eine Moderation durch die Lehrperson wichtig sein kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Informationsgehalt im Habitat platziert und repräsentiert wird über:

- eine konkrete Krankengeschichte (Netzhautablösung) des prominenten Zeichners (Don Rosa)
- Versuche zum Sehen (Farbsehen, Hell-Dunkel-Sehen, Auflösung, Nachbilder)
- Schemazeichnung zur Netzhaut (mit Akzentuierung des Lichteinfalls)
- Schemazeichnung zum Aufbau des Auges (mit Akzentuierung des Lichteinfalls)

#### **3.2 Verstetigung und Nachhaltigkeit**

Der Aneignungsprozess wird sichtbar, indem die Schülerinnen und Schüler zeigen, dass sie

- die Informationen (2.3) mündlich und schriftlich wiedergeben können.
- das fachliche Basiskonzept, dass die Netzhaut einen Signalwandler darstellt, erklären können.
- eine Schemazeichnung der Netzhaut anfertigen können.

Korrespondierende Aufgaben im Unterricht:

- Wie nennt man die Zellen, die für das Farbsehen zuständig sind?
- Warum wird die Netzhaut als »Signalwandler« bezeichnet?
- Zeichne eine Schemazeichnung der Netzhaut und beschrifte sie.
- Beantworte eine der folgenden Fragen (die Schwierigkeit ist mit \* markiert).

Warum habe ich einen blinden Fleck? (Versuch 1\*)

Verwechsle ich Rot und Grün? (Versuch 2\*)

Warum sehe ich bei Dämmerlicht besser, wenn ich vorbeischaue? (Versuch 3\*\*)

Was sehen Fußballer/innen aus dem Augenwinkel zuerst: den Ball oder die Farbe? (Versuch 4\*\*)

Warum sehe ich Bewegung und nicht einzelne Bilder? (Versuch 5\*\*\*)

Warum sehe ich grüne Punkte, wo keine sind? (Versuch 6\*\*\*)

Durch Versuche reflektieren die Schülerinnen und Schüler ihre eigene Wahrnehmung und erleben, wie ihre Netzhaut Wahrnehmung ermöglicht. Es ist zu erwarten, dass diese Erfahrungen eher erinnert und mit Erfahrungen außerhalb des Unterrichts verbunden werden können.

## 4. Prüfung der Planung

### 4.1 Angemessenheit des Informationsgehalts

*Richtigkeit, Korrektheit, Wahrheitsgehalt*

Die gewählten Darstellungen zum Aufbau der Netzhaut sind korrekt. Der Text auf dem Arbeitsblatt ist geprüft. Die Versuche wurden im Vorfeld durchgeführt. Sie sind vielfach in der Literatur beschrieben.

*Neuigkeitsgehalt*

Erblindung und Netzhautablösung bzw. Augenerkrankungen sind für die Schülerinnen und Schüler der Klasse 7b in der Alltagswelt weniger präsent; die Empfindlichkeit und Komplexität des Auges ist den Schülerinnen und Schülern des 7. Schuljahrs eher weniger bewusst, am ehesten noch Calvin, Kiara, Tino und Hijab, da sie eine Brille tragen. Auch die Bedeutung biochemischer Umwandlungsprozesse ist eher weniger bekannt, wurde im Biologieunterricht aber bereits bei den Themen »Ernährung« und »Atmung« angesprochen. Der Aufbau des Auges wurde bereits erarbeitet; allerdings ist dieses Wissen nicht bei allen Schülerinnen und Schülern der 7b gleichermaßen vorhanden (vgl. Tab. 1). Der Bau der Netzhaut dürfte für alle Schülerinnen und Schüler der Klasse neu sein. Unterricht hat daher sämtliche Informationen zum Bau der Netzhaut zu geben. Folgende Informationen benötigen alle Schülerinnen und Schüler:

- Die Netzhaut ist der Ort der Signalumwandlung.
- Die Netzhaut besteht aus Sinneszellen.
- Die Netzhaut ist aus Schichten aufgebaut (Pigmentschicht, Sehzellenschicht, Schichtzellenschicht, Nervenzellenschicht).
- Es gibt zwei Arten von Sehzellen: die Stäbchen und die Zapfen.
- Stäbchen sind maßgebend für das Hell-Dunkel-Sehen.
- Zapfen sind maßgebend für das Farbsehen.

*Differenziertheit*

Der Vorgang der Stoff- bzw. Energieumwandlung in den Sinneszellen der Netzhaut ist ein ausgesprochen komplexer biochemischer Prozess. In der Klasse 7d fällt es Noah, Nina, Onur, Kiara, Felix, Jenny und Harkan aus unterschiedlichen Gründen schwer, den komplexen Zusammenhang in der Netzhaut erfassen zu können. Bei Onur und Henriette thematisierte die Mathematiklehrerin einen möglichen Förderbedarf im Bereich »Lernen«. Lisa und Hijab und Marcel sind wahrscheinlich mit

den Informationen zum Bau der Netzhaut unterfordert. Zwei der Versuche sind anspruchsvoller. Sie verdeutlichen:

- dass an der Austrittsstelle des Sehnervs keine Sinneszellen liegen,
- dass diese Stelle »blinder Fleck« genannt wird,
- dass es eine Stelle im Auge gibt, an der sehr viele Stäbchen und Zapfen zu finden sind (gelber Fleck),
- dass manche Menschen die Farben Rot und Grün nicht unterscheiden können (Rot-Grün-Blindheit), weil die Abläufe in den Zapfen nicht stattfinden können,
- dass in den Randbereichen des Auges vor allem Stäbchen liegen und Bewegungen deshalb eher wahrgenommen werden.

Trotz der erhöhten Schwierigkeit wird allen Schülerinnen und Schülern in dieser Doppelstunde die Wahl des Versuchs offengehalten und eine Entscheidung nach Interesse ermöglicht, da jeder Versuch die Bedeutung der Netzhaut verdeutlicht. Hinweise zur Schwierigkeit des Versuchs sind für die Schülerinnen und Schüler auf den Materialien angegeben. Sollten Schülerinnen und Schüler (vgl. Tab. 1) die entsprechenden Versuche wählen, bei denen das Gelingen in Frage steht, werde ich als Lehrperson unterstützend moderieren.

#### **4.2 Ermöglichung positiver Resonanz**

Um die Bedeutung der Netzhaut deutlich zu machen, wird die Situation einer Person gewählt, deren Leben in besonderer Weise mit dem Sehen in Zusammenhang steht: Don Rosa. Im Unterricht wird ein Bild der Person gezeigt und aus ihrem Leben berichtet. Dieses Beispiel löst Betroffenheit aus, da auch das berufliche Leben von Don Rosa als Zeichner an das Sehen geknüpft ist. Er ist nicht erblindet; er konnte geheilt werden.

Mit der Möglichkeit, sich am Ende des Unterrichts individuell über Lernfortschritte zu versichern, ist gewährleistet, dass niemand bloßgestellt wird; dass aber auch viele Schülerinnen und Schüler neu Gelerntes identifizieren können.

#### **4.3 Etablierung pädagogischer Validität**

Die Schülerinnen und Schüler können sich in der zentralen Arbeits- und Versuchsphase interessengeleitet Aufgaben wählen. Die Schwierigkeit ist angegeben. Kein Schüler und keine Schülerin wird bei großem Interesse daran gehindert, auch eine schwierigere Aufgabe zu bearbeiten, sondern von der Lehrperson unterstützt.

#### **4.4 Maß der Konnektivität**

Es sind keine Brüche oder Irritationen zu Erfahrungen beim vorgesehenen Unterricht zu erwarten. Eine besondere Konnektivität könnte für einen Schüler bzw. eine Schülerin gegeben sein, die selbst Personen im näheren Umfeld hat, die an einer Netzhautablösung leiden. Das gilt auch für Personen, die die Farben Rot und Grün verwechseln. Sollten solche Anbindungen an die Erfahrungen von Schülerinnen und Schülern vorhanden sein, werden sie aufgegriffen. Ansonsten bildet das Sehen eine Grunderfahrung, die alle Anwesenden teilen.

## **5. Planungsüberblick**

### **5.1 Zusammenfassende Konsequenzen für die Unterrichtsgestaltung**

Zusammenfassend ergeben sich für die Gestaltung der Oberflächenstruktur des vorgesehenen Unterrichts folgende Konsequenzen:

Die Oberflächenstruktur des Unterrichts

- enthält den unter 2.3 beschriebenen Informationsgehalt,
- differenziert nach Interessen der Schülerinnen und Schüler (Differenzierung I),
- sieht eine individuelle Wahl von Arbeitspartnern/innen vor,
- nutzt verschiedene Arbeitsräume,
- enthält ein Beispiel zur Netzhautablösung und betont die Folgen,
- enthält die unter 3.2 genannten Aufgaben,
- bietet ein einfaches Ausgangsmodell vom Auge und von der Netzhaut,
- bietet komplexere Aufgaben mit Transferleistungen (Differenzierung II).

## 5.2 Verlaufsskizze

	1	2	3	4	5
<b>Informations- gehalt</b>	Die Netzhaut ist grundlegend für das Sehen. Don Rosa, der weltbekannte Walt-Disney-Zeichner war vorübergehend an einer Netzhautablösung erblindet.	Es besteht ein Zusammenhang zwischen Auge und Gehirn. Das Auge leitet die Informationen an das Gehirn weiter.	Die Netzhaut besteht aus mehreren Schichten. Die Netzhaut besteht aus Sehzinneszellen (Zapfen und Stäbchen), Schaltzellenschicht, Nervenzellenschicht, Sehnerv.	Siehe 3.	Informationen zur Arbeitsweise in der nächsten Phase. Informationen zu den Arbeitsaufgaben und den Materialien.
<b>Repräsentation der Sache</b>	Flipchart mit Bild von Don Rosa, Disney-Comics.	Bildkarte, für jeden Schüler/jede Schülerin, die die Nervenverbindungen zwischen Auge und Gehirn zeigt.	Schemazeichnung (magnetisch) mit Beschriftung, Elektronenmikroskopische Aufnahme.	Arbeitsblatt (A1) mit Informationen zum Bau der Netzhaut	Materialien, Anleitungen, die bereits auf den Gruppentischen stehen.
<b>Aufgabe</b>	Rezeption	Hypothesen bilden: Warum ist die Netzhaut so wichtig für das Sehen?	Rezeption Nachvollziehen der Erläuterungen durch die Lehrperson zum Aufbau der Netzhaut. Sich an den Aufbau des Auges erinnern.	Textrezeption Verstehendes Lesen des Textes. Stellen von Rückfragen.	Entscheidungsfindung Entscheidung für zwei der vorgestellten Aufgaben.
<b>Raum-Zeit-Interaktionsstruktur</b>	Diskussion im Plenum/ Schülerinnen und Schüler sitzen im Halbkreis auf Stühlen (ohne Rückenlehne) (5) bis 7.35 Uhr	Flusterphase mit Partner/in. Schülerinnen und Schüler sitzen im Halbkreis auf Stühlen. (10') bis 7.45 Uhr	Informationen und Erklärungen durch die Lehrperson; <i>Schülerinnen und Schüler sitzen im Halbkreis auf Stühlen</i> (15') bis 8.00 Uhr	Individuelle Lektüre des Textes durch die Schülerinnen und Schüler (10') bis 8.10 Uhr	L stellt die Aufgabenstellungen und Schwerpunkte vor und verweist auf die Materialien, die auf den Gruppentischen bereitstehen. Schülerinnen und Schüler entscheiden sich für einen Versuchsschwerpunkt. (5') bis 8.15 Uhr
<b>Verstetigung und Nachhaltigkeit</b>	Erinnerung an eine sehr bekannte Persönlichkeit. Erkennen, dass eine „kleine“ Haut sehr wichtig ist.			Informationen können nachgelesen werden.	



## Literatur

- Berger, U. (2005). *Die Sinnes-Werkstatt: spannende Experimente mit Auge, Hand und Ohr*. Freiburg i. Br.: Velber.
- Betzold, A. (o. J.). *Unsere Sinne: das Auge. Aufbau und Experimente. Our senses: The Eye. Structure and Experiments*. Ellwangen: Arnulf Betzold.
- Bühler, T., Graf, E. (2016). *Sinnesorgan Auge. Lernen an Stationen im Biologieunterricht*. Augsburg: Auer.
- Clauss, W. & Clauss, C. (2018). *Humanbiologie kompakt*. 2. Aufl., Berlin: Springer Spektrum.
- Dörflinger, U., Hampl, U., Kunst, I. u. a. (2017). *Fachwerk Biologie. Baden-Württemberg 7–9, Lösungen zum Schülerbuch mit gestuften Hilfen und Erweiterungen*. Berlin: Cornelsen.
- Dörflinger, U., Hampl, U., Kunst, I. u. a. (2017). *Fachwerk Biologie. Baden-Württemberg 7–9*. Berlin: Cornelsen.
- Dolpp, N., Ganz, G., Hummel, E., Kalusche, D. & Willmer-Klumpp, C. (2017): *PRISMA Biologie 7/8, Differenzierende Ausgabe, Lehrerband, Baden-Württemberg*. Stuttgart: Klett.
- Dolpp, N., Ganz, G., Hummel, E., Kalusche, D., Willmer-Klumpp, C. (2017). *PRISMA Biologie 7/8, Differenzierende Ausgabe, Lehrerband*. Baden-Württemberg, Stuttgart: Klett.
- Esslinger-Hinz, I. (2021). *Kultursensible Didaktik*. Weinheim: Beltz.
- Esslinger-Hinz, I. (2016). *Gut vorbereitet in die Lehrprobe*. Weinheim: Beltz.
- Esslinger-Hinz, I., Wigbers, M. u. a. (2013). *Der ausführliche Unterrichtsentwurf*. Weinheim: Beltz.
- Esslinger-Hinz, I. (2015). Die Unterrichtsvorbereitung für einen transparenten Unterricht. Der Informationsgehalt des Unterrichts als Element der Unterrichtsdokumentation. In: *Schulpädagogik heute*, 6(12), S. 1–17.
- Frings, S., Müller, F. (2019). *Biologie der Sinne. Vom Molekül zur Wahrnehmung* (2., korrigierte und aktualisierte Aufl.). Berlin: Springer.
- Gregory, R. L. (2001). *Auge und Gehirn. Psychologie des Sehens* (Deutsch von M. Niehaus). Einbek: Rowohlt.
- Hinz, A. (2006). *Stark im Leben. Geschlechtergerechte Gesundheitsförderung in den Klassen 7 und 8*. Tübingen: dgvt-Verlag.
- Lübeck, M. (2020). *›Basiskonzepte‹ der Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht*. Münster: Waxmann.