

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Zwischen Skalpell und Kreide: Eine vergleichende
Untersuchung des Lernerfolgs von Dissektion und
Frontalunterricht an der Handelsakademie

verfasst von | submitted by
Sarah Huber BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 502 506 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Biologie und Umweltbildung Unterrichtsfach
Deutsch

Betreut von | Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Harald Wilfing

Abstrakt

Die folgende Masterarbeit untersucht den Einfluss der Dissektion und des Frontalunterrichts auf den Lernzuwachs von Schüler:innen der 4. Klasse Handelsakademie im naturwissenschaftlichen Unterricht in Wien, Österreich. Dafür wurden zwei Klassen entweder der Seziergruppe oder der Frontalunterrichtsgruppe zugewiesen. Verglichen wurden das deklarative und das konzeptuelle Wissen zu drei verschiedenen Messzeitpunkten (Pre-, Immediate-Post- und Delayed-Post-Test). Zur statistischen Auswertung wurden, aufgrund der kleinen Stichprobe, der Vorzeichentest und der Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Die statistische Analyse ergab beim Vergleich zwischen dem Pre- und Immediate-Post-Test innerhalb der Testgruppen nur eine teilweise statistische Signifikanz für einen generellen Lernzuwachs aufgrund des fehlenden Vorwissens. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterrichtsformen im Immediate-Post-Test und Delayed-Post-Test zwischen den beiden Klassen konnte im Vergleich des Lernerfolgs im deklarativen und im konzeptuellen Wissen festgestellt werden. Nur die Tendenz, dass die Seziergruppe im langfristigen, konzeptuellen Wissen besser abschneidet, konnte beobachtet werden. Insgesamt liefern jedoch beide Methoden einen Lernzuwachs. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass unter den gegebenen Bedingungen keine Unterrichtsmethode statistisch signifikant bestimmt werden konnte, die den besseren Lernerfolg liefert. Für die Unterrichtspraxis unterstreicht dieses Ergebnis, dass eine Kombination beider Unterrichtsmethoden sinnvoll sein kann.

Abstract

This master's thesis examines the effects of dissection-based instruction and traditional lecture-based teaching on learning gains in science education among fourth-grade students at a commercial high school (Handelsakademie) in Vienna, Austria. Two classes were randomly assigned either to the dissection group or to the lecture-based instruction group. Declarative and conceptual knowledge were assessed at three different measurement points (pre-test, immediate-post-test, and delayed-post-test). Due to the small sample size, the sign test and the Mann-Whitney-U test were used for statistical analysis. The statistical analysis revealed only partial statistical significance for overall learning gains within the test groups when comparing the pre-test and the immediate-post-test, which can be attributed to a lack of prior knowledge. No significant differences between the instructional methods were found in the immediate-post-test or the delayed-post-test when comparing learning outcomes in declarative and conceptual knowledge between the two classes. Only a tendency indicating that the dissection group performed better in long-term conceptual knowledge was observed. Overall, however, both instructional methods resulted in learning gains. The findings suggest that, under the given conditions, no teaching method could be identified as statistically significantly superior in terms of learning outcomes. For classroom practice, these results highlight that a combination of both instructional methods may be beneficial.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Relevanz der Untersuchung	8
1.3 Forschungsfrage und Hypothesen	9
2 Definitionen und theoretischer Hintergrund.....	10
2.1 Wissen.....	11
2.2 Frontalunterricht	11
2.2.1 Definition und theoretischer Hintergrund	11
2.2.2 Chancen und Grenzen des Frontalunterrichts	12
2.3 Handlungsorientierter Unterricht und die Dissektion.....	14
2.3.1 Definition und theoretischer Hintergrund	14
2.3.2 Chancen und Grenzen des handlungsorientierten Unterrichts und der Dissektion	16
2.4 Lernzuwachs	17
3 Das Auge als Thema im naturwissenschaftlichen Unterricht	18
3.1 Lehrplanbezug	18
3.2 Fachwissenschaftliche Hintergründe zum Unterrichtsthema	19
3.2.1 Physikalische Eigenschaften des Lichts als Grundlage des Sehens	19
3.2.2 Anatomie und Aufbau des menschlichen Auges.....	20
3.2.3 Die Bildentstehung im Auge	23
4 Methodik.....	26
4.1 Forschungsdesign	26
4.2 Durchführung des Unterrichts und der Testungen	27
4.2.1 Ablauf des Unterrichts in der Frontalunterrichtsgruppe	27
4.2.2 Ablauf des Unterrichts in der Seziergruppe	29
4.3 Statistische Auswertung	31
5 Ergebnisse	31
5.1 Vergleich der Testergebnisse zwischen den Gruppen	31
5.2 Prüfung der Hypothesen	33
6 Diskussion	35
6.1 Limitationen der Untersuchung	35
6.2 Interpretation der Ergebnisse	37

6.3 Implikationen für den Unterricht	38
7 Fazit und Ausblick	40
8 Literaturverzeichnis	42
9 Abbildungsverzeichnis	45
10 Anhang	46
10.1 SoSci Survey Fragebogen.....	46
10.2 PowerPoint: Das Sinnesorgan Auge	56
10.3 Arbeitsmaterial: Das Sinnesorgan Auge.....	69
10.4 Unterrichtsplanung Frontalunterricht	75
10.5 Unterrichtsplanung Seziergruppe	82

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich im Entstehungsprozess dieser Masterarbeit begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Dr. Harald Wilfing, für die fachliche Begleitung, die konstruktive Rückmeldung und die hilfreichen Anregungen während des Arbeitsprozesses.

Ebenso danke ich den beteiligten Schüler:innen, welche die Durchführung der Untersuchung erst möglich gemacht und mit hoher Motivation stets anwesend waren.

Darüber hinaus möchte ich meiner Mama und meinen Freunden, allen voran Regina Schweiger und Tobias Fink für die Motivation, Unterstützung und Begleitung, während der intensiven Arbeitsphasen, danken. Ohne euch wäre diese Arbeit nicht zu dem geworden, was sie heute ist!

1 Einleitung

Seit der umfangreichen Metaanalyse von John Hattie (2009), in der über 800 Metastudien über schulisches Lernen ausgewertet wurden, besteht weitgehende Einigkeit darüber, welche Merkmale für wirksamen Unterricht notwendig sind. Unter anderem identifiziert Hattie dabei die Schüler:innenaktivierung, eine konstruktive Feedbackkultur, eine dem Lernniveau angepasste kognitive Herausforderung und eine positive Lehrperson-Schüler:innen Beziehung als wichtige Schlüsselfaktoren des Lernerfolgs (vgl. Anderman & Hattie, 2013, S. 113–177). Seither werden Unterrichtsformen, welche die Lernenden stärker kognitiv einbinden als besonders lernförderlich angesehen.

Deshalb soll im folgenden Kapitel der Grundstein für diese Untersuchung gelegt werden. Dafür wird zuerst auf die Ausgangslage eingegangen, dann die Relevanz der Untersuchung dargelegt und anschließend werden die Forschungsfrage und die Hypothesen vorgestellt.

1.1 Ausgangslage

Vor dem Hintergrund der Metaanalyse Hatties ist der klassische Frontalunterricht, der als lehrpersonenzentriert und instruktiv gilt, wobei die Schüler:innen als passive Rezipienten fungieren, vielfach in Kritik geraten. Dabei betonen Didaktiker wie Gudjons bereits 2006, angelehnt an die Kognitionspsychologie, dass Unterricht sich vom rein belehrenden Charakter weg und hin zu lernendenzentrierten Settings und offenen Unterrichtsformen entwickeln müsste, um nachhaltiges Lernen ermöglichen zu können (vgl. Gudjons, 2006, S. 15–21). Auch empirische Studien wie jene von Wegner et al. (2007), die Freiarbeit mit dem Frontalunterricht verglichen, sowie Randler und Hulde (2007), die schüler:innenzentriertes Experimentieren mit durch die Lehrperson demonstrierten Versuchen verglichen, weisen darauf hin, dass schüler:innenzentrierte Methoden wie die Freiarbeit oder das forschende Lernen signifikant höhere Lernerfolge im Wissen, das über das Faktenwissen hinausgeht, erzielen als der reine Frontalvortrag (vgl. Randler & Hulde, 2007, S. 329–336; vgl. Wegner et al., 2007, S. 1–11). Darauf wird jedoch in Kapitel 2 noch genauer eingegangen.

Eine differenzierte Perspektive liefert die Studie von Sturm und Bogner (2008), die zeigt, dass der Frontalunterricht im Vergleich zu einer schüler:innenzentrierten Stationenarbeit zu

vergleichbaren bis sogar besseren Ergebnissen im Faktenwissen führen kann. Zudem wirft sie auf, dass ein gut strukturierter Input durch die Lehrperson durchaus lernwirksamer sein kann (vgl. Sturm & Bogner, 2008, S. 941–959).

Dem Frontalunterricht gegenüber steht der handlungsorientierte Unterricht, wobei hier das forschende Lernen durch eingeständiges Handeln zentral ist (vgl. Jank, 1994, S. 27–28). Eine sehr bekannte Methode im Biologieunterricht ist dabei das Sezieren biologischer Objekte. Dies ermöglicht multisensorische Erfahrungen und gilt als besonders einprägsam (vgl. Schlüter, 2023, S. 338–340). Untersuchungen, wie jene von Randler und Hulde (2007), die in der Sekundarstufe schüler:innenzentrierte Experimente mit lehrergelenkten Demonstrationsexperimenten verglichen, zeigen, dass aktivierende Methoden im Unterricht das Verständnis von komplexen biologischen Strukturen fördern und damit häufig zu einer höheren emotionalen Beteiligung der Schüler:innen führen können. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Lernmotivation und das Verständnis des Unterrichtsgegenstands aus (vgl. Randler & Hulde, 2007, S. 329–336). Selbiges konnte auch bei Engelschalt & Upmeyer zu Belzen (2019), die Fachwissen und Modellkompetenz in Hinblick auf Pflanzenzellen im Frontalunterricht und beim Mikroskopieren in der Sekundarstufe erforschten, beobachtet werden (vgl. Engelschalt & Upmeyer zu Belzen, 2019, S. 57–70). Weiters bestätigt dies auch die Untersuchung von Kaiser et al. (2023), bei der die reale Dissektion, mit dem Video einer Dissektion und der Arbeit mit anatomischen Modellen verglichen wurden. Schüler:innen der Dissektionsgruppe und der Videodissektionsgruppe fühlten sich signifikant weniger gelangweilt als die Gruppe, die mit den Modellen arbeitete, wobei das Interesse und Wohlbefinden in allen drei Gruppen vergleichbar hoch war (vgl. Kaiser et al., 2023, S. 1–9).

Auch der handlungsorientierte Unterricht kann jedoch Nachteile mit sich bringen. So können gerade beim Sezieren negative Emotionen wie Ekel oder Angst auftreten, die sich auf den Lernprozess auswirken können. Auch dies wurde in der Untersuchung von Kaiser et al. (2023) mit 218 Schüler:innen der Sekundarstufe anhand der Sektion eines Säugetierauges berücksichtigt und es zeigte sich, dass Ekel negativ mit positiven Erfahrungen und Interesse und negativ mit Langeweile korreliert, was die Lernergebnisse im Biologieunterricht beeinträchtigen kann (vgl. Kaiser et al., 2023, S. 1–8). Holstermann et al. (2012) konnten während ihrer Untersuchung mit 302 Schüler:innen der Sekundarstufe zur Dissektion eines Schweineherzens jedoch zeigen, dass Ekel und Interesse sich oft gegenseitig ausschließen,

jedoch koexistieren können. Während der Dissektion fühlten sich Schüler:innen allgemein am stärksten geekelt, danach sank das Ekelempfinden allerdings ab und blieb über die folgenden Wochen niedrig. Wenn bereits vor der Dissektion starkes Interesse am Thema Herz vorhanden war, berichteten Schüler:innen über weniger Ekel vor der Durchführung. Jedoch reduzierte starker Ekel zu Beginn der Durchführung das Interesse während der Dissektion. Spannend ist dabei, dass Mädchen ein höheres Ekelempfinden zu allen Messzeitpunkten zeigten. Das Interesse war jedoch vor der Dissektion geschlechterunabhängig gleich hoch und stieg bei den Mädchen während der Dissektion stark an und bei den Jungen blieb es ähnlich hoch, wie vor der Dissektion (vgl. Holstermann et al., 2012, S. 185–192). Damit wird allerdings klar, dass nicht jede schüler:innenzentrierte Methode automatisch lernförderlicher ist.

1.2 Relevanz der Untersuchung

Bei der Literaturrecherche stellte sich heraus, dass bislang keine Studien durchgeführt wurden, die explizit den Frontalunterricht mit der Dissektion in Hinblick auf den Lernerfolg vergleichen. Diese Untersuchung ist besonders in einer Handelsakademie spannend, da mit dem Eintritt in eine berufsbildende mittlere und höhere Schule bereits ein Schwerpunkt für die spätere Berufsausbildung getroffen wird (vgl. Gaisch et al., 2023, S. 10–11). Die Handelsakademie hat dabei ihren Schwerpunkt im Bereich der Wirtschaft. Das Fach Biologie wird hier nicht alleinstehend unterrichtet, sondern im Zuge der Naturwissenschaften (Biologie, Physik, Chemie). Über die fünf Jahre der Oberstufe aufgeteilt ergibt sich eine Gesamtsumme von 12 Wochenstunden (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025). Gaisch et al. (2023) konnten in ihrer Untersuchung zu den naturwissenschaftlichen Einstellungen von Schülerinnen der Sekundarstufe zeigen, dass sich Schülerinnen der Handelsakademie nur zu 26 Prozent (sehr) gut vorstellen können, eine MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) Ausbildung zu machen, während sich im Gymnasium 30 Prozent und in der höheren technischen Lehranstalt sogar 82 Prozent eine solche Ausbildung (sehr) gut vorstellen können. Auch die allgemeine Motivation für naturwissenschaftliche Inhalte fällt im Vergleich niedriger aus. So zeigt die Studie, dass nur 28 Prozent der 17-18-jährigen Schülerinnen Naturwissenschaften als sehr interessant empfinden, während es beim Themengebiet Technik 39 Prozent sind. Gleichzeitig geben 21 Prozent an,

Naturwissenschaften eher nicht oder gar nicht interessant zu finden, während dies bei der Technik nur 13 Prozent tun (vgl. Gaisch et al., 2023, S. 11; 38). Es ist also davon auszugehen, dass in der Handelsakademie das Interesse an den Naturwissenschaften, also auch an der Biologie, geringer ist als an anderen Schultypen, auch wenn diese Untersuchung sich nur auf Schülerinnen bezieht. Umso wichtiger ist es, dass der Unterricht so gestaltet ist, dass die Schüler:innen trotzdem motiviert sind und Lernerfolge verzeichnen können. Der Lehrplan stellt dies sicher, indem er als Ziel für den naturwissenschaftlichen Unterricht formuliert, dass die Schüler:innen naturwissenschaftliche Grundkompetenzen und ein Verständnis für naturwissenschaftliche Zusammenhänge erlangen. Dabei werden ausdrücklich handlungsorientierte Unterrichtsmethoden wie Experimente, Projekte oder Fallstudien betont. Diese sollen den Unterricht praxisnah und erlebbar machen (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025).

1.3 Forschungsfrage und Hypothesen

Vor dem nun unterbreiteten Hintergrund stellt sich die Frage, welche Methode im Biologieunterricht tatsächlich zu einem höheren Lernerfolg führt, insbesondere wenn es sich bei dem gewählten Unterrichtsthema um anatomische Strukturen handelt. Daher ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

„Inwiefern unterscheiden sich die Lernerfolge von Schülerinnen und Schülern der 4. Klasse einer Handelsakademie beim Einsatz von Frontalunterricht gegenüber dem Sezieren als handlungsorientierte Methode im Naturwissenschaftsunterricht?“

Aufgrund des zuvor dargelegten wissenschaftlichen Hintergrunds lassen sich nun drei Hypothesen ableiten:

- **Hypothese 1: Aufgrund von fehlendem Vorwissen ist zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test in beiden Gruppen ein signifikanter Lernzuwachs zu erwarten.**

Es ist aufgrund der Literaturrecherche im Kapitel 1.1 und dem daraus resultierenden Ergebnis, das sowohl Frontalunterricht als auch das Sezieren zu einem Lernerfolg führen können, davon auszugehen, dass ein signifikanter Lernzuwachs bei allen Schüler:innen zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test entsteht, da die meisten Schüler:innen

(je nachdem, welche Schularten vor ihrem Einstieg in die Handelsakademie besucht wurden) zum ersten Mal systematisch mit den Inhalten konfrontiert werden.

- **Hypothese 2: Der Immediate-Post-Test zeigt in der Frontalunterrichtsgruppe höhere kurzfristige Lernerfolge im Faktenwissen als in der Seziergruppe.**

Der kurzfristige Lernerfolg, gezeigt durch den Immediate-Post-Test, wird vermutlich in der Frontalunterrichtsgruppe in Hinblick auf Faktenwissen stärker ausfallen, da die Schüler:innen diese Inhalte kompakter und zielgerichteter vermittelt bekommen, wie nach Engelschalt und Upmeier zu Belzen (2019) und Sturm und Bogner (2008) bereits erläutert. In der Seziergruppe wird vermutlich ebenfalls ein deutlicher Lernzuwachs erkennbar sein, jedoch wird dieser gegebenenfalls etwas geringer ausfallen, da ein Teil der Zeit für die praktische Tätigkeit (und die damit verbundenen Vor- und Nachbereitung des Sezieren) aufgebracht wird.

- **Hypothese 3: Die Seziergruppe weist im Delayed-Post-Test bessere Ergebnisse im Zusammenhangswissen auf als die Frontalunterrichtsgruppe.**

Der langfristige Lernerfolg, der durch den Delayed-Post-Test gezeigt werden soll, wird in der Seziergruppe vor allem bei Fragen, die das räumliche Verständnis und die funktionalen Zusammenhänge abfragen, stärker ausfallen als in der Frontalunterrichtsgruppe, wie die Untersuchung von Wegner et al. (2007) vermuten lässt. Das liegt daran, dass die multisensorische Verarbeitung des Wissens tiefer sein kann, wie bei Schlüter (2023) und Sturm und Bogner (2008) erwähnt, und somit die Langzeiterhaltung erhöht wird.

2 Definitionen und theoretischer Hintergrund

Im folgenden Kapitel sollen deklaratives und prozedurales Wissen näher definiert werden. Außerdem soll der theoretische Hintergrund zum Frontalunterricht und der Dissektion gegeben werden. Dafür wird einerseits auf die Definition und andererseits auf die Chancen und Grenzen der jeweiligen Methode eingegangen. Dabei sollen die Erkenntnisse aus der Einleitung vertieft werden. Zuletzt wird der Begriff des Lernzuwachses für diese Arbeit geklärt.

2.1 Wissen

In der revidierten Version der Bloom'schen Taxonomie wird Wissen nach Krathwohl (2002) im pädagogischen Kontext in vier Kategorien unterteilt. Das Faktenwissen umfasst hierbei die grundlegenden Elemente wie Fachbegriffe, Definitionen und Wissen zu Einzelheiten und Details, die die Basis für das weitere Lernen bilden. Das konzeptuelle Wissen beschreibt das Wissen über Zusammenhänge zwischen diesen Elementen und dazu gehören unter anderem das Wissen über Klassifikationen, Prinzipien und Theorien, die das Verständnis von übergeordneten Strukturen und Konzepten ermöglichen. Das prozedurale Wissen beschreibt, wie etwas getan wird und beinhaltet die notwendigen Fertigkeiten, Techniken und die Kenntnis darüber, wann und wie spezifische Verfahren angewandt werden. Als letzte Art wird das metakognitive Wissen genannt. Dieses umfasst das Wissen über das eigene Denken und Lernen inklusive der Fähigkeit, Strategien so auszuwählen, dass sie die eigenen Lernprozesse zielführend unterstützen (vgl. Krathwohl, 2002, S. 212–214).

In dieser Arbeit und der nachfolgenden Untersuchung werden vor allem das Faktenwissen (=Deklaratives Wissen) und das Zusammenhangswissen (=Konzeptuelles Wissen) in den Mittelpunkt gestellt, da diese einen wichtigen Teil des Lernerfolgs abbilden und diese gut messbar und vergleichbar sind.

2.2 Frontalunterricht

Nun soll es zuerst um den Frontalunterricht gehen. Dieser entstand, als die Schule langsam vom kirchlichen in den staatlichen Bereich übergang und erste Fragen über die didaktischen Methoden zur Vermittlung von Wissen an größere Schüler:innengruppen gestellt wurden. Zentral war 1653, ausgehend von Harsdörffers Idee des poetischen Trichters, der Nürnberger Trichter, der besagte, dass eine belehrte Person ihr Wissen in die Gehirne der „Unwissenden“ gießen konnte. Seither hat sich viel verändert (vgl. Gudjons, 2021, S. 12–13).

2.2.1 Definition und theoretischer Hintergrund

Auch heute bezeichnet der traditionelle Frontalunterricht noch eine Form des Unterrichts, bei der die Lehrkraft im Mittelpunkt steht und die Lernprozesse stark steuert. Die gesamte

Klasse arbeitet dabei gleichzeitig an demselben Unterrichtsinhalt, wobei Interaktion und Kommunikation von der Lehrperson ausgehen. Ein typisches Merkmal ist es, dass die Inhalte Großteiles sprachlich vermittelt werden und als Medien werden weiters die Tafel, ein an die Wand oder Tafel projizierter Text, oder das Schulbuch verwendet. Die Schüler:innen werden eher als Empfänger:innen gesehen, anstatt den Unterricht aktiv zu gestalten. Der Frontalunterricht wird dabei nicht als einzelne Methode, sondern viel mehr als Sozialform betrachtet, in der unterschiedliche Methoden wie der Vortrag, das Lehrer:innengespräch oder Demonstrationen eingesetzt werden. Charakteristisch ist jedoch, dass die Blickrichtung der Schüler:innen immer auf die Lehrperson ausgerichtet ist, und diese sowohl den Ablauf des Unterrichts als auch die Inhalte und deren Vermittlung bestimmt. Weiters folgt der Frontalunterricht meist dem typischen Ablauf von Einstieg, Darbietung und Wiederholung der Inhalte, Sicherung der Ergebnisse an der Tafel, gefolgt vom Ausweisen der Hausübung. Weitere Sozialformen wie etwa Einzel-, Partner-, oder Gruppenarbeiten werden, wenn überhaupt, nur kurzfristig angewendet und dienen eher der Abwechslung, anstatt einer didaktischen Überlegung um den Lernprozess positiv zu beeinflussen. Der Frontalunterricht ist für die Lehrperson mit hohem Aufwand und meist großer Anstrengung verbunden, da diese zu jeder Zeit eine klare, zuvor geplante Aufgabe ausführen muss. Neben dem traditionellen Unterricht gibt es mittlerweile das Konzept des integrierenden Frontalunterrichts, der Phasen des lehrer:innengelenkten Unterrichts mit Arbeitsformen, in denen die Schüler:innen zunehmend selbst aktiv werden, verbindet. Die Anforderungen an die Eigenständigkeit dieser steigt dabei schrittweise, von Tätigkeiten, die durch die Lehrperson angeleitet werden, hin zu der eigenen Übernahme von Verantwortung, indem die Schüler:innen den Arbeitsprozess selbst begründen und organisieren bis zur höchsten Form, der vollkommen eigenständigen Steuerung und Umsetzung von Aufgaben. Dieses Konzept knüpft an die Überlegungen von Meyer und Okon (1984) an (vgl. Gudjons, 2021, S. 19–25).

2.2.2 Chancen und Grenzen des Frontalunterrichts

Trotz der immerwährenden Kritik am Frontalunterricht, erzeugt dieser auch einige Chancen für die Lernenden, die nicht missachtet werden dürfen. Er bietet nach Gudjons (2021) so zuallererst die Möglichkeit, Lernprozesse klar zu strukturieren und den Schüler:innen Orientierung in ihrem Lernen zu geben. Durch eine gezielte Führung und gute Aufbereitung der Lehrperson können Inhalte verständlich vermittelt und komplexe Zusammenhänge

geordnet und vereinfacht verständlich gemacht werden. Gleichzeitig muss diese Unterrichtsform nicht im Widerspruch zu eigenständigem Lernen stehen, wie dies oft dargestellt wird. Gut gestaltet kann der Frontalunterricht nämlich viele Anstöße geben, die das selbstverantwortete und selbstgesteuerte Lernen der Schüler:innen fördern. Die Stärke des Frontalunterrichts liegt somit darin, dass er ermöglicht, Wissen effizient und systematisch aufzubereiten und allen Schüler:innen zugänglich zu machen, sodass er einen gemeinsamen Wissensstand als Grundlage für weiterführende individuelle und kooperative Lernprozesse schafft. Zudem bietet er die Möglichkeit, dass Lehrkräfte Lernprozesse durchdacht anstoßen und steuern können und neue Impulse erzeugen können, bevor sie dann die Rolle von Lernbegleiter:innen einnehmen. Damit kann der Frontalunterricht, im Rahmen einer vielfältigen Methodenanwendung, nicht nur der reinen Wissensvermittlung dienen, sondern auch dazu beitragen, Denkprozesse anzustoßen und Schüler:innen dazu befähigen, sich Inhalte selbstständig zu erarbeiten. Es muss dazu aber in ein abwechslungsreiches Unterrichtskonzept eingebettet sein und sollte nicht isoliert angewendet werden (vgl. Gudjons, 2021, S. 144–146).

Die Vorteile des Frontalunterrichts sind zum Teil jedoch auch seine Nachteile. Der Frontalunterricht setzt nämlich im Lehr-Lern-Kurzschluss voraus, dass die Inhalte, die die Lehrperson lehrt auch tatsächlich von den Schüler:innen gelernt werden. Dabei wird jedoch übersehen, dass Lernen individuelle Prozesse beinhaltet, die nicht automatisch mit dem Lehren einhergehen (vgl. Gudjons, 2021, S. 27–28). So wird aus lernpsychologischer Sicht nach Beigzadeh et al. (2024) kritisiert, dass das bloße Zuhören ohne eigene Aktivität meist nur oberflächliches Lernen bewirkt, sodass ca. 80 Prozent des im Frontalunterricht vermittelten Inhalts bereits nach acht Wochen vergessen werden und somit kein tieferes Verständnis erreicht wird (vgl. Beigzadeh et al., 2024, S. 2).

Außerdem werden nach Gudjons (2021) die sozialen Ziele von Schule in den Hintergrund gestellt. Da die Lehrkraft den Ablauf steuert, haben Schüler:innen kaum Möglichkeiten, ihre Teamfähigkeit, die Selbstorganisation, Kommunikation und Konfliktlösung zu lernen. Auch nehmen das selbstständige Denken und kreatives Arbeiten, Problemlösungskompetenzen und das kritische Hinterfragen eine nebensächliche Rolle ein oder treten ganz in den Hintergrund, da die Schüler:innen vorwiegend Wissen aufnehmen müssen. Weiters wird durch den Frontalunterricht die Machtposition der Lehrperson gestärkt und Schüler:innen lernen

dadurch hierarchische Strukturen zu akzeptieren, anstatt Mitbestimmung und Eigenverantwortung zu erfahren. Die Lehrenden behalten so den Überblick und die Steuerung über das Geschehen. Dies kann jedoch auch zur Vermeidung von Unsicherheiten und zur Angst vor Kontrollverlust führen, was das Vermeiden von alternativen Lernformen begünstigt. Da das Lernen stark getaktet ist und für alle gleich strukturiert ist, werden Unterschiede im Lerntempo, Vorwissen und Interessen unberücksichtigt zurückgelassen. Der Unterricht wird am fiktiven Durchschnittsschüler bemessen und alle müssen im selben Tempo mitgehen, da individuelle Förderung im ökonomisch motivierten Massenunterricht keinen Platz hat. Auch kann sich das schnelle Abhandeln von Lehrstoff in einen Druck, ausgelöst durch die strukturellen Zwänge der Schule, den Lehrplan vollständig zu erfüllen, verwandeln, was wiederum zur Vermeidung anderer Unterrichtsformen durch die Lehrperson führt. Vor allem aber wird durch die von außen scheinbar hohe Disziplin gefördert, dass Schüler:innen sich zurückziehen, kaum mehr aktiv beteiligen und ihre Inaktivität tarnen, um nicht aufzufallen. Vor allem introvertiertere Schüler:innen werden durch die geringe Interaktion gehemmt, sich einzubringen (vgl. Gudjons, 2021, S. 29–36).

2.3 Handlungsorientierter Unterricht und die Dissektion

Als nächstes soll auch der handlungsorientierte Unterricht näher betrachtet werden. Der Begriff des handlungsorientierten Unterrichts fasst viele unterschiedliche Methoden zusammen, unter anderem das forschende Lernen, in welchem die Dissektion zu verorten ist, die auch verschwimmende Grenzen zu Begriffen wie etwa dem offenen Unterricht und der Freiarbeit aufweisen. Erste Ansätze stammten aus der Reformpädagogik des 20. Jahrhunderts, die versuchte, Schüler:innen in ihrer passiven Funktion neu zu denken und sie mehr als aktive Gestaltende in ihrem Lernen zu sehen (vgl. Gudjons, 2014, S. 7–8).

2.3.1 Definition und theoretischer Hintergrund

Nach Jank (1994) ist der handlungsorientierte Unterricht durch seine Ganzheitlichkeit und die Aktivierung der Schüler:innen definiert. Dabei richten sich die Planung und der Ablauf des Unterrichts nach den gemeinsam zwischen Lehrperson und Schüler:innen festgelegten Handlungsprodukten, sodass geistige und praktische Tätigkeiten der Lernenden ausgewogen

miteinander verbunden werden können (vgl. Jank, 1994, S. 27–28). Kennzeichen dieser Art des Unterrichts sind unter anderem die selbstständige Arbeit der Schüler:innen mit klarer Zielorientierung, wobei die praktischen Handlungen stets eng mit kognitiven Prozessen, wie etwa dem Planen der einzelnen Schritte, die notwendig sind, um das angestrebte Ziel zu erreichen, verbunden sind (vgl. Nerdel, 2017, S. 54). Dafür werden die notwendigen Materialien, wie etwa Informationsmaterial und Arbeitsgegenstände von der Lehrperson bereitgestellt. Diese tritt während des Lernprozesses in den Hintergrund und ist etwa für Fachgespräche und das flexible Reagieren auf unvorhersehbare Probleme und detaillierte Fragen zuständig. Außerdem muss sie sich schnell in den Gedankenprozess der Schüler:innen eindenken, wofür insgesamt eine hohe fachliche Kompetenz notwendig ist. Da die Schüler:innen ihren Lernprozess selbst steuern sollen, muss ihnen diese Anforderung zuerst erklärt werden und sie müssen kleinschrittig darauf vorbereitet werden. Weiters müssen sie eine hohe Motivation und ein hohes Engagement aufweisen, damit der handlungsorientierte Unterricht funktionieren kann (vgl. Riedl & Schelten, 2013, S. 102–103).

Der handlungsorientierte Unterricht stellt somit die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Unterrichtsgegenstand in den Mittelpunkt, und hier befindet sich auch die Verbindung zur Dissektion, die in dieser Arbeit von großer Bedeutung ist. Insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet das nämlich, spezielle Materialien und Primärerfahrungen in den Unterricht einzubeziehen und somit Lerngelegenheiten zu schaffen, bei denen die Schüler:innen direkten Kontakt mit echten Objekten erhalten. Die Primärerfahrungen ermöglichen es den Schüler:innen, aktiv und praktisch mit den Lernobjekten zu arbeiten. Dabei setzen sie sich direkt und eigenständig mit dem Unterrichtsgegenstand auseinander und es kommen wissenschaftliche Methoden und Werkzeuge zum Einsatz. Dieser handlungsorientierte Ansatz fördert also nicht nur das Verständnis der Lerninhalte und die methodische Kompetenz im Fach, sondern kann auch die Motivation und das Interesse der Lernenden steigern. Das sorgt für ein nachhaltigeres Verständnis der anatomischen Strukturen und Funktionen des Untersuchungsgegenstandes, sowie für eine räumlichere Vorstellung dessen (vgl. Kaiser et al., 2023, S. 1–3).

2.3.2 Chancen und Grenzen des handlungsorientierten Unterrichts und der Dissektion

Der handlungsorientierte Unterricht ist sinnvoll, weil er Denken und Handeln miteinander verbindet. Menschen lernen nicht nur durch abstraktes Nachdenken, sondern auch durch aktives Planen, Durchführen und Kontrollieren ihrer Handlungen. Indem Schüler:innen selbst aktiv werden, Informationen aufnehmen und anwenden, entwickeln sie komplexere und differenziertere Handlungsmuster. Das fördert gleichzeitig die kognitiven Fähigkeiten und hilft ihnen, die Umwelt besser zu verstehen und sie selbst gestalten zu können. Durch das Zusammenspiel aus theoretischem Denken und praktischem Handeln wird der Ansatz außerdem ganzheitlicher (vgl. Gudjons, 2014, S. 47). Einige Untersuchungen bestätigen nach Riedl und Schelten (2013), bei vor allem gut vorbereitetem und gestaltetem handlungsorientiertem Unterricht, dass dieser die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen stärken kann (vgl. Riedl & Schelten, 2013, S. 103). Das sieht man auch, wenn man die Methode des Sezierens betrachtet. Das Sezieren bringt einen direkten, dreidimensionalen Einblick in die untersuchten morphologischen Strukturen. Da es sich um praktisches Arbeiten handelt, wird methodisches Lernen gefördert und es werden wissenschaftliche Erkenntnisprozesse erlebbar gemacht. Durch die Primärerfahrung können alle Sinne am Lernen beteiligt sein und es wird auch die emotionale Ebene angesprochen, was zu einer tieferen Auseinandersetzung und damit zu einem besseren Verständnis der Lerninhalte führen kann (vgl. Kaiser et al., 2023, S. 2–3).

Neben den positiven Seiten des handlungsorientierten Unterrichtes gebe Riedl und Schelten (2013) jedoch auch an, dass der Erfolg des handlungsorientierten Unterrichts stark vom Vorwissen und den vorhandenen Basiskompetenzen in den Bereichen des Lesens und der Mathematik abhängig ist. Leistungsschwächere Schüler:innen haben hier, ähnlich wie in traditionelleren Unterrichtsformen, große Probleme, ausreichende Leistungen zu erzielen, was die starke Überlegenheit des handlungsorientierten Unterrichts in Frage stellt. Auch kann es durch das Selbstleiten des Lernprozesses vor allem bei leistungsschwächeren Schüler:innen schnell zu Überforderung und Orientierungslosigkeit kommen, wobei eine fehlende Unterstützung der Lehrkraft dann als besonders negativ wahrgenommen wird. Hier sind regelmäßige Gespräche und Rückmeldungen über den Lernprozess notwendig, um dies zu verhindern. Aber auch die Überpräsenz der Lehrperson, etwa wenn diese in die

Entscheidungsspielräume stark eingreift und damit zu viel Kontrolle ausübt, wird als negativ empfunden, was bei einem von den Schüler:innen als so stark motivierend und emotional wahrgenommenen Unterricht, negative Auswirkungen haben kann. Auch hier sind Fachgespräche wieder essenziell, um als Lehrperson die Waage zwischen dem eigenständigen Lernen und der Instruktion zu halten (vgl. Riedl & Schelten, 2013, S. 103–104). Vor allem aber bei der Dissektion kann sich die starke und emotionale Involviertheit der Schüler:innen negativ auswirken. Denn starke Gefühle, wie etwa Ekel, können dazu führen, dass das Interesse abnimmt, und Motivation und Selbstwirksamkeit sinken, was wiederum das Lernen negativ beeinflussen kann. Außerdem werden immer öfter auch Alternativen wie Modelle und Videos verwendet, da die Vorbereitung und die Durchführung der Dissektion sehr zeitaufwändig sein können. Auch ethische Bedenken spielen eine immer größere Rolle, da viele Schüler:innen das rein für den Unterricht notwendige Töten von Tieren und das Sezieren selbst immer kritischer sehen (vgl. Kaiser et al., 2023, S. 2–4).

2.4 Lernzuwachs

Nun wird der Begriff Lernzuwachs noch kurz definiert, um ein gemeinsames Verständnis dessen für diese Arbeit zu ermöglichen.

Unter Lernzuwachs versteht man die Zunahme fachlicher Kompetenzen bzw. Leistungen von Lernenden innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Dafür werden in der Unterrichtsforschung meist die am Ende einer Lernphase erreichten Leistungen sowie der erzielte Lern- bzw. Leistungszuwachs in diesem Zeitraum betrachtet. Der Lernzuwachs stellt ein zentrales Kriterium zur Beurteilung von Unterrichtseffektivität dar und beschreibt den durch den Unterricht bewirkten Leistungs- und Kompetenzgewinn. Ein Unterricht ist dann effektiv, wenn die Lernenden einen hohen Lernzuwachs aufweisen (vgl. Schrader & Helmke, 2021).

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Lernzuwachs über die messbare Veränderung von Fakten- und Zusammenhangswissen verstanden, die im Pre-, Immediate-Post- und Delayed-Post-Test festgestellt werden. Da der Lernzuwachs nicht direkt beobachtbar ist, wird er indirekt über die durchschnittlich erreichten Punktezahlen in den Tests erfasst. Der Lernzuwachs ergibt sich dann über die Differenz in den Punkten zwischen den drei Tests.

3 Das Auge als Thema im naturwissenschaftlichen Unterricht

Im folgenden Kapitel werden nun die wichtigen wissenschaftlichen Hintergründe für den zu untersuchenden Unterricht präsentiert. Auf dieser Grundlage wird das Material für die beiden Klassen erstellt. Zuerst soll dafür die Relevanz des Themas und der Lehrplanbezug geklärt und danach die biologischen und physikalischen Grundlagen des Themas dargelegt werden.

3.1 Lehrplanbezug

Der Lehrplan der Handelsakademie nennt als Lehrstoff in der vierten Jahrgangsstufe „Bau und Funktionsweise von Sinnesorganen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025) unter Einbezug der physikalischen und biologischen Grundlagen (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025). Außerdem wird im Lehrplan die Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung als zentraler didaktischer Grundsatz genannt. Dadurch sollen Schüler:innen die Möglichkeit erhalten, sich auch in naturwissenschaftliche und technischen Berufsfelder und Studiengänge zu orientieren und dies soll als Basis für das lebenslange Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich dienen (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025). Weiters ermöglicht diese Scientific Literacy aktive Teilhabe und das Treffen reflektierter Entscheidungen in unserer Gesellschaft, die stark von den Naturwissenschaften und der Technik geprägt ist. Dabei geht es nicht nur um Fachwissen in einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen, sondern vor allem um den Erwerb von Denk- und Arbeitsweisen, die das grundlegende Verständnis der Welt und ihrer Zusammenhänge ermöglicht (vgl. Nerdel, 2017, S. 15). Es zeigt sich somit hier erneut, dass Faktenwissen nicht ausreicht, sondern auch konzeptuelles Wissen notwendig ist. Dafür eignet sich das Thema Auge innerhalb des Lehrplanpunkts der Sinnesorgane in der HAK besonders, da durch das benötigte Wissen sowohl aus der Physik als auch aus der Biologie die Scientific Literacy gefördert wird und dieses somit interdisziplinär und nicht als eigenständiges Thema betrachtet wird.

3.2 Fachwissenschaftliche Hintergründe zum Unterrichtsthema

Nun folgen die physikalischen und biologischen Grundlagen zum Thema, die als Ausgangspunkt für das Unterrichtsmaterial gelten. Das Thema Sinnesorgane ist ein großes, das meist über mehrere Wochen im Unterricht behandelt wird. Für diese Arbeit wurde sich deshalb auf das Thema Auge und den Sehsinn beschränkt. Den Schüler:innen sollen dabei also die grundlegend wichtigen Informationen zur Anatomie und zum Sehprozess nähergebracht werden. Zuvor wurde bereits das Nervensystem, die Reizleitung und die Reizverarbeitung in beiden Klassen behandelt. Das Auge wird als erstes Sinnesorgan in einer vierstündigen Unterrichtsreihe eingeführt, bevor in den nachfolgenden Stunden die restlichen Sinnesorgane behandelt werden.

3.2.1 Physikalische Eigenschaften des Lichts als Grundlage des Sehens

Das Licht stellt einen kleinen Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums dar, das von den hochfrequenten, kurzwelligen Gammastrahlen bis hin zu den niederfrequenten, langwelligen Radiowellen reicht und somit mehr als 16 Größenordnungen umfasst. Für den menschlichen Sehvorgang ist jedoch nur ein enger Bereich von etwa 400 bis 750 Nanometer relevant, der als sichtbares Licht bezeichnet wird. Dieser ist nicht nur für das Sehen relevant, sondern auch für andere biologische Prozesse wie etwa die Photosynthese. Generell weist Licht Eigenschaften von Wellen und Teilchen auf (Welle-Teilchen-Dualismus). Das Teilchenmodell ist hier wichtig, um die Helligkeit zu erklären. Dabei wird die Anzahl der auf einer Fläche pro Zeiteinheit treffenden Photonen betrachtet (vgl. Müller et al., 2019, S. 602). Wenn das Licht als Welle beschrieben wird, wird sich auf unterschiedliche Farben bezogen. So weisen die Wellen eine bestimmte Wellenlänge (der Abstand zwischen zwei Wellenbergen oder Wellentälern), eine Frequenz (die Anzahl der Wellen pro Sekunde) sowie eine Amplitude (die Höhe zwischen Wellenberg und Wellental) auf. Der Energiegehalt des Lichtes hängt dabei von der Frequenz ab. So weist kurzwelliges Licht, wie violett oder blaues, mehr Energie auf als langwelliges Licht, wie etwa rotes oder orangefarbenes (vgl. Bear et al., 2018, S. 311). Generell wird in der Alltagssprache jedoch nicht klar zwischen der physikalischen Definition und der subjektiven Wahrnehmung unterschieden. Beispielsweise wird von Rotlicht gesprochen, obwohl damit eigentlich Licht mit einer bestimmten Wellenlänge gemeint ist, oder von der Farbe Schwarz, obwohl diese nur die Abwesenheit von Licht meint. Ebenso wird die Helligkeit

oft mit der empfundenen Lichtintensität gleichgesetzt, obwohl diese physikalisch als Photonenstromdichte definiert ist. Im praktischen Sprachgebrauch führen diese Ungenauigkeiten jedoch selten zu Missverständnissen, weshalb eine strikte Trennung meist nicht notwendig ist (vgl. Müller et al., 2019, S. 603).

Die Interaktion von Licht mit der Umwelt kann in der Optik durch die Reflexion, Absorption und Brechung beschrieben werden. Im Vakuum würde die elektromagnetische Strahlung, darunter das Licht, als gerade Linie verlaufen, weshalb sie auch als Lichtstrahl bezeichnet wird. Die Reflexion beschreibt dabei das Zurückwerfen von Lichtstrahlen an einer Oberfläche, wobei der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel entspricht. Absorption bedeutet, dass Lichtenergie von einer Oberfläche oder einem Partikel aufgenommen wird. Schwarze Flächen absorbieren beispielsweise nahezu alle, mit dem menschlichen Auge sichtbaren, Wellenlängen und erwärmen sich dadurch. Die Brechung tritt dann auf, wenn Lichtstrahlen von einem Medium in ein anderes übergehen und sich dabei die Ausbreitungsgeschwindigkeit verändert. Dadurch wird der Lichtstrahl abgelenkt, was für die Bildentstehung im Auge essenziell ist (vgl. Bear et al., 2018, S. 312).

3.2.2 Anatomie und Aufbau des menschlichen Auges

Die Aufgabe des Auges ist es, Licht zu erfassen, zu lokalisieren und zu analysieren (vgl. Bear et al., 2018, S. 312). Das Auge (Oculus) besteht aus dem Augapfel (Bulbus oculi) und seinen Hilfsstrukturen (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 873). Der Augapfel ist in einer knöchernen Höhle im Schädel lokalisiert, der Augenhöhle (Orbita) (vgl. Bear et al., 2018, S. 313). Weiters sind zur Bewegung des Augapfels sechs äußere Augenmuskeln notwendig, wobei vier davon gerade Muskeln sind (Musculi recti) und zwei davon schräge Muskeln (Musculi obliqui). Diese Muskeln werden vom Nervus oculomotorius, Nervus trochlearis und Nervus abducens innerviert (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 896–898). Die Muskeln sind bei äußerer Betrachtung des Auges nicht sichtbar, da sie sich unter der Bindehaut befinden. Diese dünne Membran zieht sich vom Augenlid zurück nach hinten und geht dann in die Lederhaut über, mit der sie verbunden ist. Der Sehnerv, der die die Netzhaut verlassenden Axone bündelt, verläuft durch die Augenhöhle und endet in der Nähe der Hypophyse an der Hirnbasis (vgl. Bear et al., 2018, S. 313). An der Hirnbasis treffen die Sehnerven der beiden Augen in der Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum) aufeinander, wie in Abbildung 1 zu erkennen. Die Fasern der temporalen

Netzhauthälfte bleiben dabei auf ihrer Seite, während jene der nasalen Netzhauthälfte sich im Chiasma kreuzen und auf die gegenüberliegende Gehirnhälfte ziehen. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Informationen aus der linken Gesichtsfeldhälfte auch in der rechten Gehirnhälfte verarbeitet werden und umgekehrt. Diese neu gebündelten Axone bilden dann die rechte und linke Sehbahn (Tractus opticus) und diese verlaufen unterhalb der Hirnhaut, die laterale Oberfläche des Zwischenhirns entlang (vgl. Bear et al., 2018, S. 351–352).

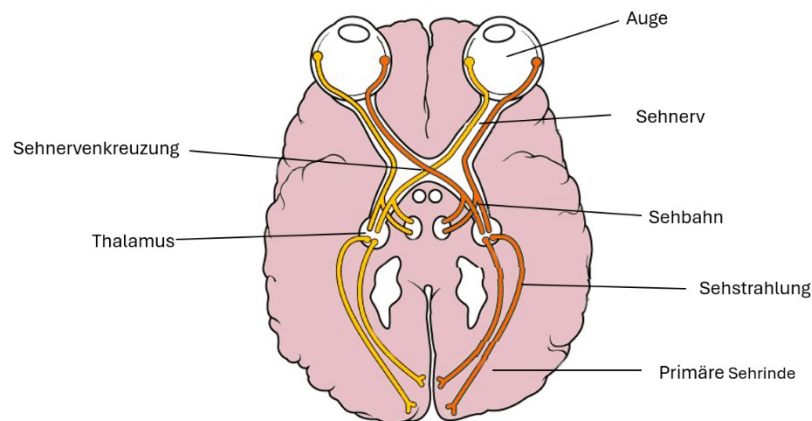


Abbildung 1: Das visuelle System des Menschen
(Quelle: Verändert nach Erdé (2013), unter CC0 1.0)

Die Stelle, an der der Sehnerv aus der Netzhaut austritt, die sogenannte Papille, und an welchem keine Photorezeptoren vorhanden sind, wird blinder Fleck genannt. Diese blinde Region wird im Alltag nicht wahrgenommen, da das Gehirn die fehlenden Bildinformationen automatisch aus der Umgebung ergänzt (vgl. Bear et al., 2018, S. 314).

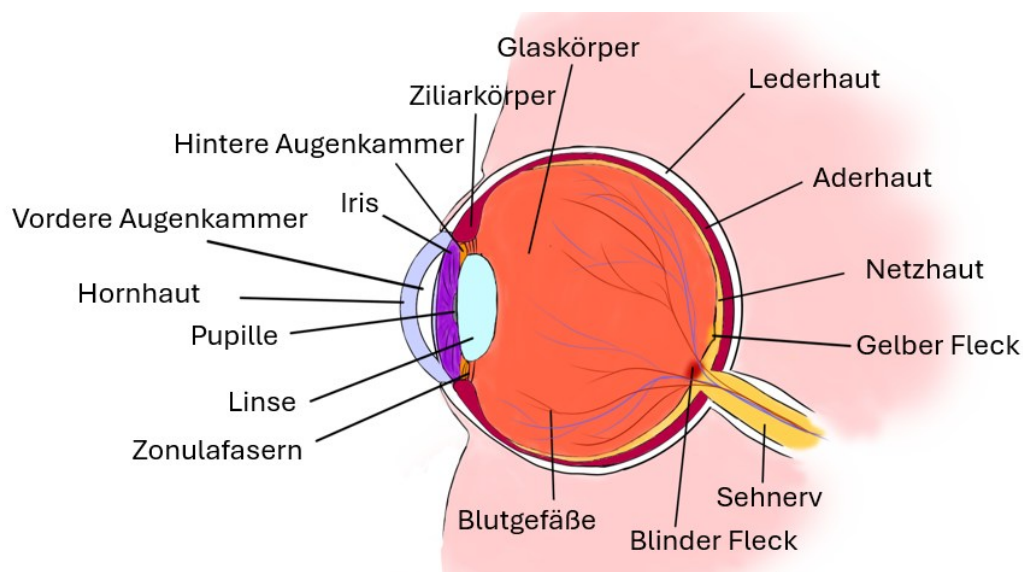


Abbildung 2: Vertikaler Schnitt durch das Auge
(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Rhacastilhos & Jmarchn (2007), unter CC BY-SA 3.0)

Der Augapfel selbst ist aus drei Schichten aufgebaut, der inneren, mittleren und äußeren Augenhaut. Abbildung 2 soll dabei helfen, diese von innen nach außen zu verbildlichen, indem sie die wichtigsten anatomischen Strukturen vereinfacht darstellt.

Die innere Augenhaut (*Tunica interna oculi*) besteht aus der Netzhaut (*Retina*) innen, welche die Stäbchen für das Dämmerungssehen und die Zapfen für das Tagessehen und Farbsehen enthält, und dem Pigmentepithel außen (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 873; 888–894). Beide bestehen aus vier Bereichen, nämlich einem lichtempfindlichen Außensegment, einem Innensegment, dem Zellkörper und einer synaptischen Endigung. Ersteres enthält zahlreiche Membranscheibchen, die mit Photopigmenten gefüllt sind, Licht einfangen und elektrische Veränderungen auslösen können. Bei Stäbchen ist dieses Außensegment langgestreckt und enthält Stapel vieler membranöser Scheibchen, die besonders auf schwaches Licht empfindlich reagieren (skotopisches Sehen). Zapfen hingegen besitzen ein kürzeres, verjüngtes Außensegment mit weniger Scheibchen, sind weniger lichtempfindlich, ermöglichen jedoch das Farbsehen bei Tageslicht (photopisches Sehen). Beide Varianten sind auf Abbildung 4 schematisch dargestellt und werden dort noch einmal näher betrachtet. Dadurch, dass diese beiden unterschiedlichen Systeme im menschlichen Auge zusammenarbeiten und sich ergänzen, wird die Netzhaut auch als Duplexretina bezeichnet. Diese enthält ungefähr 92 Millionen Stäbchen und 5 Millionen Zapfen (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 323–324). Die Netzhaut entwickelt sich aus dem inneren Blatt des Augenbechers, das Pigmentepithel aus dem äußeren Blatt. Die beiden Schichten sind trennbar, weshalb es zur Netzhautablösung kommen kann (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 873; 888–894). In der Mitte der Netzhaut befindet sich der gelbe Fleck (*Makula*), der für das scharfe zentrale Sehen verantwortlich ist und kaum große Blutgefäße enthält (vgl. Bear et al., 2018, S. 314).

Die mittlere Augenhaut (*Tunica media oculi*), oder auch *Uvea* genannt, umfasst die Aderhaut (*Choroidea*), die zwischen der Lederhaut und der Netzhaut liegt, stark mit Blutgefäßen durchzogen ist und die Blutversorgung sicherstellt. Außerdem zählt dazu der Ziliarkörper (*Corpus ciliare*) inklusive des Ziliarmuskels (*Musculus ciliaris*) und dessen Zonulafasern, der die Anpassung der Linsenform als Antagonist möglich macht. Weiters dient der Ziliarkörper zur Produktion des Kammerwassers durch Ziliarfortsätze. Ein weiterer Bestandteil ist die Regenbogenhaut (*Iris*), die als Blende fungiert und die beiden Muskeln (die mit dem Ziliarmuskel zusammenarbeiten) zur Pupillenerweiterung (*Musculus dilatator*

pupillae) und Pupillenverengung (Musculus sphincter pupillae) enthält. Ihre Farbe hängt von der Pigmentierung der Vorderfläche der Iris und der Melaninmenge des hinteren Irisepithels ab (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 873; 881–888).

Die äußere Augenhaut (Tunica externa oculi) besteht aus der Lederhaut (Sklera), die durch unregelmäßig angeordnete kollagene Fasern entsteht, den weißen Teil des Auges bildet und in seiner Dicke zwischen 0,3 mm und 1 mm variiert. Weiters gehört dazu die Hornhaut (Cornea), die der transparente, vordere Teil des Auges ist und stärker als die Lederhaut gekrümmt ist. Der Tränenfilm bedeckt die Hornhaut und besteht aus einer Lipidschicht, einer wässrigen Schicht inklusive Lysosomen und Immunoglobulin A, und einer Muzinschicht (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 873; 875–881).

Ein weiterer wichtiger innerer Bestandteil des Auges ist die Linse (Lens), die aus dem Ektoderm entsteht und aus Linsenkapsel und Linsenstern aufgebaut ist. Ihre Elastizität macht die Akkommodation erst möglich, nimmt jedoch mit dem Alter ab (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 885–887). Darüber hinaus teilt die Linse den Innenraum des Auges in zwei Abschnitte, die unterschiedliche Flüssigkeiten enthalten. Zwischen Hornhaut und Linse befindet sich das Kammerwasser, welches aus einer wässrigen Flüssigkeit besteht (vgl. Bear et al., 2018, S. 315). Dieses ist sowohl in der vorderen als auch in der hinteren Augenkammer zu finden, für die Ernährung der gefäßlosen Gewebe in diesem Bereich zuständig und wird durch die Ziliarfortsätze in der hinteren Augenkammer gebildet und durch die Pupille in die vordere transportiert (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 879–880). Direkt dahinter befindet sich der Glaskörper, der den Raum zwischen der Linse und der Netzhaut ausfüllt. Er besteht zu 99 Prozent aus Wasser, welches durch Hyaluronsäurekomplexe hoch viskos wird, was als Stabilisator und Stoßdämpfer dient (vgl. Funk & Reiss, 2012, S. 885–887).

3.2.3 Die Bildentstehung im Auge

Das Auge ermöglicht die Bildentstehung, indem es von Objekten reflektierte Lichtstrahlen einfängt und auf der Netzhaut bündelt. Die wichtigste Brechung des Lichts übernimmt dabei die Hornhaut, da Licht aus der Luft in ihr stark gebremst wird, während in der Linse, dem Kammerwasser und dem Glaskörper weniger Lichtablenkung stattfindet, zumal die Brechungsindizes zwischen diesen sehr ähnlich sind. Die Hornhaut hat etwa 42 Dioptrien und bündelt parallele Lichtstrahlen in einem Abstand von etwa 2,4 cm hinter ihrer Oberfläche

auf der Netzhaut. Die Linse ergänzt rund 16 Dioptrien an Brechkraft und ermöglicht das Scharfstellen von nahen und entfernten Objekten durch die Akkommodation (vgl. Bear et al., 2018, S. 316–319). Die Akkommodation ist auf Abbildung 3 sowohl bei einem nahen Objekt, als auch bei einem entfernten Objekt zu erkennen.

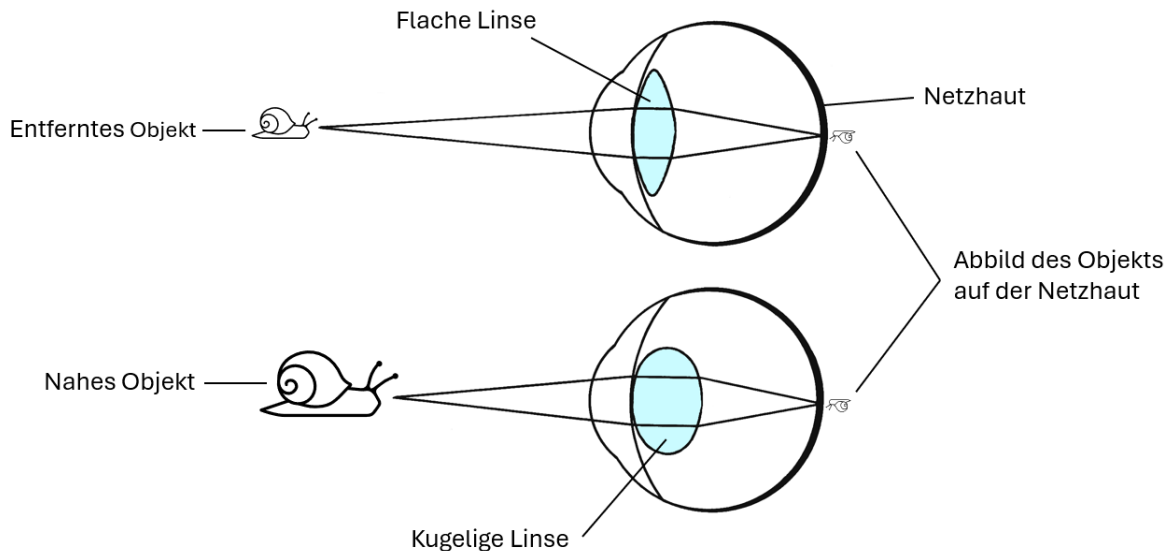


Abbildung 3: Akkommodation der Linse
(Quelle: Verändert nach Wiwiwalker, M. (2016), unter CC0 1.0)

Um weiter entfernte Objekte scharfzustellen wird der Ziliarmuskel entspannt und die Zonulafasern straffen sich. Die Linse wird flacher, wodurch die Brechkraft sinkt. Bei nahen Objekten kontrahiert der ringförmige Ziliarmuskel und die Zonulafasern lockern sich, weshalb die elastische Linse kugelig wird und die Brechkraft steigt. Diese Anpassung der Linse ermöglichen es also, Objekte in unterschiedlichen Entfernungen scharf auf der Netzhaut abzubilden. Zusätzlich passt sich die Pupille durch ihre Erweiterung oder Verengung den Lichtverhältnissen an. Wenn sich die Iris bei starkem Licht weitet und sich deshalb die Pupille verengt, verbessert das die Schärfentiefe, also den Bereich, der als scharf und deutlich zu sehen, wahrgenommen wird. Die auf der Netzhaut eintreffenden Lichtstrahlen werden dort umgekehrt abgebildet. So erscheint das linke Gesichtsfeld auf der rechten Netzhauthälfte und umgekehrt. Auch wird das obere Gesichtsfeld auf der Netzhaut unten abgebildet und umgekehrt (vgl. Bear et al., 2018, S. 316–319). Die Photorezeptoren, also die Stäbchen und Zapfen auf der Netzhaut, die auf Abbildung 4 schematisch zu erkennen sind, wandeln dann das Licht in elektrische Signale um. Diese Signale verändern das Membranpotenzial der nachgeschalteten Bipolarzellen. Diese wiederum übertragen die Signale an Ganglienzellen, die als einzige Zellen der Netzhaut Aktionspotenziale generieren und ihre Informationen über

den Sehnerv ans Gehirn weiterleiten können. Neben diesem direkten Pfad gibt es auch noch jenen über die Horizontalzelle und Amakrinzellen. Erstere erhalten dabei Informationen von Photorezeptoren und beeinflussen über laterale Verbindungen benachbarte Photorezeptoren und Bipolarzellen. Amakrinzellen hingegen erhalten ihre Informationen von Bipolarzellen und wirken vorwiegend auf die Ganglienzellen und andere Amakrinzellen, indem sie die Signale seitlich verarbeiten. Beide Zelltypen verändern die Antwort der Bipolar- und Ganglienzellen durch ihren engen Informationsaustausch (vgl. Bear et al., 2018, S. 321–322).

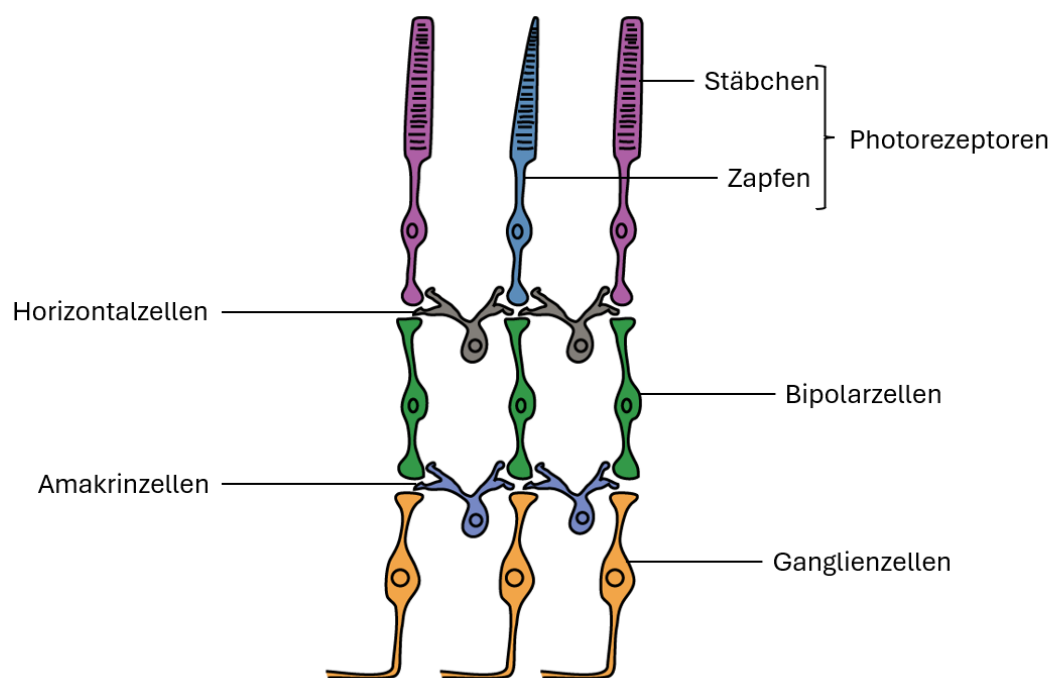


Abbildung 4: Aufbau der Retina
(Quelle: Verändert nach Henley, C. (2021), unter CC BY-NC-SA 4.0)

Nach der Netzhaut wird das Licht bzw. das daraus entstandene elektrische Signal vom zentralen visuellen System weiterverarbeitet. Der Weg der bewussten visuellen Wahrnehmung führt zuerst über das Corpus geniculatum laterale im Thalamus zur primären Sehrinde (primärer visueller Cortex). Die Informationen werden im primären visuellen Cortex parallel von spezialisierten Neuronen verarbeitet, die auf unterschiedliche Merkmale von Objekten (etwa die Farbe oder Form) reagieren. Danach leitet die primäre Sehrinde die verarbeiteten Informationen an die beiden extrastriären Stränge weiter, die sich im Schläfen- und Seitenlappen befinden, wo sie weiter verarbeitet werden (vgl. Bear et al., 2018, S. 350;374).

4 Methodik

Im folgenden Kapitel wird nun das methodische Vorgehen der Untersuchung dargestellt. Dabei wird genauer auf das Forschungsdesign, die Durchführung des Frontalunterrichts und des handlungsorientierten Unterrichts inklusive Dissektion und die statistische Auswertung eingegangen.

4.1 Forschungsdesign

Als methodischer Ansatz wird eine quasi-experimentelle Untersuchung gewählt, da die Schüler:innen sich bereits in den bestehenden Klassen befinden und somit eine Randomisierung nicht möglich ist (vgl. Reinders et al., 2011, S. 138–140). Es werden deshalb zwei Klassen derselben Schulstufe (4. Klasse Handelsakademie) zufällig entweder der Versuchsgruppe 1 (Erarbeitung des Unterrichtsgegenstandes durch die Dissektion = Dissektionsgruppe) oder der Versuchsgruppe 2 (Lehrpersonengeleiteter Frontalvortrag mit Arbeitsblätter zur Wissenssicherung = Frontalunterrichtsgruppe) zugelost. Die beiden Klassen einer Wiener Handelsakademie umfassen 21 bzw. 22 Schüler:innen, die zwischen 17 und 21 Jahre alt sind. Das Unterrichtsthema laut Lehrplan der Handelsakademie in der vierten Jahrgangsstufe ist „Bau und Funktionsweise von Sinnesorganen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025). Der Hauptfokus wird auf das Auge als Sinnesorgan gelegt und das Thema wird in beiden Klassen vier Stunden lang unterrichtet. Eine Klasse wird am Montag und eine am Dienstag unterrichtet, weshalb die Testungen an unterschiedlichen Tagen, jedoch jeweils in derselben Woche, durchgeführt werden.

Die Untersuchung umfasst einen Pre-Test am 06.10.2025 und 07.10.2025, zur Feststellung des Vorwissens der Schüler:innen, einen Immediate-Post-Test am 20.10.2025 und 21.10.2025, zur Überprüfung, wie gut die Schüler:innen den Inhalt nach der Behandlung des Themas verstanden haben und einen, vier Wochen nach Behandlung des Themas stattfindenden, Delayed-Post-Test am 17.11.2025 und 18.11.2025, zur Erhebung, welches Wissen langfristig erhalten bleibt (vgl. Rogers & Révész, 2020, S. 135–140). Diese werden als Single Choice Tests über die Plattform SoSci Survey abgehalten, um eine standardisierte Auswertbarkeit und statistische Vergleichbarkeit zu garantieren. Der Hauptfokus liegt dabei auf dem deklarativen

Wissen (Faktenwissen) und dem konzeptuellen Wissen (Zusammenhangswissen), welche jeweils mit 8 Fragen erhoben werden.

4.2 Durchführung des Unterrichts und der Testungen

Im Folgenden sollen nun die Durchführungen des Frontalunterrichts und des Unterrichts inklusive Dissektion aufgezeigt werden. Einen genaueren Überblick über die ungefähre Zeiteinteilung und die benötigten Materialein verschaffen die Verlaufstabellen im Anhang.

4.2.1 Ablauf des Unterrichts in der Frontalunterrichtsgruppe

Der Frontalunterricht fand in den Wochen zwischen dem 06.10.2025 und 17.10.2025 statt und umfasste insgesamt vier Unterrichtsstunden. Der Pre-Test wurde zu Beginn der ersten Einheit durchgeführt.

Die erste Stunde umfasste das Thema „Die Anatomie des Auges“ und Ziel war es, dass die Schüler:innen die wichtigsten Bestandteile des Auges und ihre Lage kennenlernen. Außerdem sollten sie deren Aufgaben näher beschreiben können. Die Stunde wurde dann damit eingeleitet, dass die Schüler:innen im Plenum die Frage beantworten sollten, welche Bestandteile wir in unserem Auge brauchen, um sehen zu können. Die Ideen wurden an der Tafel gesammelt, wobei bereits ein großer Teil der wichtigen Bestandteile des Auges genannt wurden. Danach folgte in der Erarbeitungsphase das erste Arbeitsblatt. Die Lehrperson erklärte mit Hilfe der PowerPoint und nacheinander erscheinenden Begriffen auf einer Abbildung des Auges die einzelnen Bestandteile und ihre Aufgaben. Nachdem die Schüler:innen sich diesen Vortrag angehört hatten, füllten sie in Einzelarbeit das Arbeitsblatt zur Anatomie des Auges selbstständig aus. Danach wurden in der Tabelle auf demselben Arbeitsblatt mit Hilfe eines präsentationsgestützten Frontalvortrags die Aufgaben der einzelnen Bestandteile ergänzt. Um die Stunde zu schließen, wurden einzelne Schüler:innen noch einmal aufgerufen, um die Bestandteile des Auges auf dem unbeschrifteten Bild zu nennen.

Die zweite Stunde wurde zum Thema „Das Licht und der Weg des Lichts durch das Auge“ gehalten. Da vor allem ersteres eine Wiederholung des vorhergehenden Jahres darstellte, wurde nur ein grober Überblick gegeben. Ziel war es, dass sich die Schüler:innen im Zuge der

Einheit die Inhalte der dritten Klasse HAK wieder ins Gedächtnis rufen, die Brechung in eigenen Worten beschreiben können und den Weg des Lichts durch das menschliche Auge beschreiben können. Die Schüler:innen wiederholten im Plenum die Inhalte der vorangegangenen Stunde anhand der Skizze auf der PowerPoint. Danach folgte ein Frontalunterricht, begleitet durch die Präsentation, in dem die wichtigsten Fakten zum Thema Licht und Lichtbrechung wiederholt wurden. Diese wurden von den Schüler:innen im Heft notiert. Danach zeichnete die Lehrperson eine minimalistische Skizze des Auges, anhand derer sie den Weg des Lichts durch das Auge erklärte, an die Tafel und die Schüler:innen übertrugen diese in ihr Heft. Zur Wiederholung der Inhalte erklärten sich die Schüler:innen gegenseitig die Pfeile in der Skizze und verwendeten dabei die gelernten Fachbegriffe.

Die dritte Stunde hatte zum Ziel, dass die Schüler:innen mit den Begriffen der Photorezeptoren und Signalweiterleitung vertraut werden. Außerdem sollten sie durch diese Einheit verstehen, wie Lichtreize in elektrische Signale umgewandelt werden, um im Gehirn weiterverarbeitet zu werden. Diese begann wieder mit einer Wiederholung der vorangegangenen Inhalte der letzten Stunde im Plenum. Dafür wurden zwei Personen aufgerufen, um diese zusammenzufassen. Danach erfolgt eine Tafelskizze durch die Lehrperson zum Aufbau der Netzhaut und eine Erklärung dieser. Außerdem wurde durch die Skizze auch der Prozess der Umwandlung des Lichts in elektrische Impulse und die Verarbeitung dieser im Gehirn näher erläutert. Der sich auf der PowerPoint befindliche Text dazu wurde in die Hefte übertragen. Zum Abschluss und zur Wiederholung bearbeiteten die Schüler:innen das Arbeitsblatt zur Bildentstehung im Auge.

In der vierten und letzten Stunde der Unterrichtsreihe sollten die Inhalte der letzten drei Stunden wiederholt und gefestigt werden. Außerdem sollten diese als Transfer auf Alltagssituationen übertragen werden. Dafür wurden zu Stundenbeginn wieder die Inhalte der letzten Stunde im Plenum wiederholt. Während der Erarbeitungsphase präsentierte die Lehrperson auf der PowerPoint einige Alltagsphänomene. Die Schüler:innen zeigten im Plenum auf und beantworteten die Frage, wie diese Alltagsphänomene durch ihr nun erlangtes Wissen zu erklären sind. Zum Abschluss des Themas wurden im Plenum an der Tafel alle Fakten rund um das Thema Auge als Sinnesorgan gesammelt. Die Lehrperson erstellte damit eine Mindmap, die die Schüler:innen in das Heft übertrugen. Danach wurde der

Immediate-Post-Test durchgeführt. Vier Wochen nach Beendigung des Themas wurde der Delayed-Post-Test abgehalten.

4.2.2 Ablauf des Unterrichts in der Seziergruppe

Auch die Dissektion fand in den Wochen zwischen dem 06.10.2025 und 17.10.2025 statt und umfasste insgesamt vier Unterrichtsstunden. Um die für eine Doppelstunde geplante Dissektion nicht unterbrechen zu müssen, wurde in der ersten Woche der Untersuchung eine zusätzliche Unterrichtsstunde abgehalten. Der Pre-Test wurde zu Beginn der ersten Einheit durchgeführt.

Die Stundenziele und Materialien waren grundlegend dieselben, wie jene der Frontalunterrichtsgruppe, um eine Vergleichbarkeit der Gruppen zu ermöglichen, auch wenn der Informationsteil aufgrund der benötigten Zeit für die Dissektion insgesamt kürzer gehalten wurde. In der ersten Unterrichtseinheit sollten den Schüler:innen die Bestandteile des Auges und ihre Lage vermittelt werden. Außerdem lernten sie die Funktion dieser kennen. Dafür wurde zuerst wieder im Plenum gesammelt, welche Bestandteile des Auges die Schüler:innen bereits kennen. Dann wurde das unbeschriftete Bild auf der PowerPoint gezeigt und die einzelnen Bestandteile durchbesprochen und beschriftet. Die Schüler:innen füllten hier parallel zur Erarbeitung das Arbeitsblatt aus. Danach wurden die einzelnen Teile des Auges und vor allem deren Funktionen langsam erklärt und die Schüler:innen notierten die wichtigsten Stichpunkte. Direkt darauf erläuterte die Lehrperson den Weg des Lichts durch das Auge. Als Abschluss wurde noch einmal die unbeschriftete Zeichnung auf der PowerPoint gezeigt und die Schüler:innen nannten im Plenum die jeweiligen Fachbegriffe dieser.

Nun folgten die beiden Sezierstunden (Stunde 2 und 3), welche direkt hintereinander stattfanden. Ziel war es, dass die Schüler:innen ihr Wissen aus der 3. Klasse HAK rund um das Licht wieder auffrischen, die Sicherheitsvorkehrungen rund um das Sezieren kennenlernen, die Brechung des Lichts in eigenen Worten beschreiben können, den Weg des Lichts durch das menschliche Auge kennenlernen und die, in der Theorie bereits gelernten, anatomischen Bestandteile des Auges auch im Präparat erkennen. Außerdem sollten sie die wichtigen Bestandteile eines Protokolls kennenlernen und dieses auch erstellen. Letzteres wurde vorwiegend von jenen Schüler:innen übernommen, die selbst nicht sezieren wollten und die Arbeitsschritte beobachteten (insgesamt drei Schüler:innen). In diesen Stunden wurde zu

Beginn kurz gemeinsam besprochen, was in der vorangegangenen Stunde zur Anatomie des Auges gelernt wurde und noch einmal auf den Weg des Lichts durch das Auge eingegangen. Danach begann die Lehrperson damit, die Sicherheitsvorkehrungen für das Sezieren, den respektvollen Umgang mit dem Rinderauge und die benötigten Materialien vorzustellen. Damit die Schüler:innen nicht nur anhand der Anleitung und der kurzen Erklärung sezieren mussten, wurde außerdem ein Video zur Dissektion eines Schweineauges gezeigt. Direkt darauf wurden die schriftliche Sezieranleitung, die zu behandelnden Arbeitsblätter (dieselben wie in der Frontalunterrichtsgruppe, die als Hilfestellung für das tiefere Verständnis dienen sollten) und die Rinderaugen ausgeteilt. Die Schüler:innen arbeiteten jeweils in Zweierteams an einem Rinderauge. Für die Dissektion, die Bearbeitung der Arbeitsblätter und die Erstellung des Protokolls hatten die Schüler:innen ungefähr 70 Minuten Zeit. Die Lehrperson beantwortete während dieser Zeit aufkommende Fragen und gab Hilfestellungen. Am Ende der Unterrichtseinheit wurden die Arbeitsplätze aufgeräumt, die Überreste des Rinderauges in einem separaten Mülleimer entsorgt und alles gereinigt und desinfiziert.

In der vierten und letzten Einheit sollten die Schüler:innen auch in dieser Gruppe die Erkenntnisse der letzten Stunden festigen und ihre eigenen Erkenntnisse reflektieren. Dafür lasen sich die Schüler:innen das Protokoll der letzten beiden Unterrichtsstunden noch einmal durch. Danach erfolgte eine Think-Pair-Share-Phase, in der die Schüler:innen zuerst allein überlegten, welche anatomischen Details sie während des Sezierens gut und welche eher schlecht oder gar nicht erkannt hatten. Außerdem überlegten sie sich, wo sie Schwierigkeiten hatten, was sie spannend fanden und wie ihnen das Sezieren insgesamt gefallen hat. Danach besprachen sie ihre Ergebnisse mit dem:der Sitznachbar:in und zum Schluss in einer Kleingruppe, bestehend aus vier Personen. Als nächstes folgte der Vergleich der Arbeitsblätter im Plenum, um zu sehen, ob Verständnisprobleme aufgetreten sind und noch offene Fragen existieren. Danach erhielten die Schüler:innen Alltagssituationen rund um das Thema, die sie in Zweierteams ausarbeiteten. Diese wurden dann im Plenum besprochen und die Notizen, wenn nötig, ausgebessert. Als Abschluss und Sicherungsphase überlegten sich die Schüler:innen dann am Ende der Unterrichtsstunde zwei Wahrheiten und eine Lüge rund um das Thema Auge und versuchten anschließend gegenseitig die Lüge zu identifizieren.

4.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS. Bei Hypothese 1 handelt es sich um einen Vergleich von jeweils zwei Messzeitpunkten (Pre- und Immediate-Post-Test) innerhalb derselben Klasse. Da diese abhängige Stichproben darstellen, weil es sich um eine wiederholte Messung derselben Schüler:innen handelt, keine Normalverteilung angenommen werden kann und die Stichprobe zu klein ist, wurde der Vorzeichentest angewendet (vgl. Universität Zürich, 2023b). Die statistische Auswertung erfolgte gegen die Annahme der Nullhypothese, welche besagt, dass kein Unterschied im Wissenszuwachs zwischen Pre- und Immediate-Post-Test zu erkennen ist.

Für Hypothese 2 und Hypothese 3, die einen Vergleich zwischen den beiden Gruppen im Immediate- und Delayed-Post-Test darstellen, wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Diese Entscheidung beruht auf der Tatsache, dass es sich um unabhängige Stichproben handelt, da kein:e Schüler:in beiden Gruppen angehört, auch hier keine Normalverteilung angenommen werden kann und die Stichprobe zu klein ist (vgl. Universität Zürich, 2023a). Die statistische Auswertung erfolgte auch hier jeweils gegen die Annahme der Nullhypothese, welche besagt, dass kein Unterschied zwischen der Frontalunterrichts- und Seziergruppe vorliegt.

5 Ergebnisse

Nun sollen die Ergebnisse der Testungen eingeordnet und veranschaulicht werden. Dafür wird im ersten Teilkapitel eine allgemeine Übersicht über die Testergebnisse gegeben und diese werden näher beschrieben. Im zweiten Teilkapitel werden dann die Hypothesen geprüft.

5.1 Vergleich der Testergebnisse zwischen den Gruppen

Abbildung 5 zeigt die durchschnittlich erreichten Punkte, sowohl im deklarativen als auch im konzeptuellen Wissen, während des Pre-, Immediate-Post- und Delayed-Post Test in beiden Klassen, um einen Überblick über die Testergebnisse beider Gruppen zu schaffen. Die

höchste zu erreichende Punktezahl betrug sowohl im deklarativen als auch im konzeptuellen Wissen jeweils 8 Punkte.

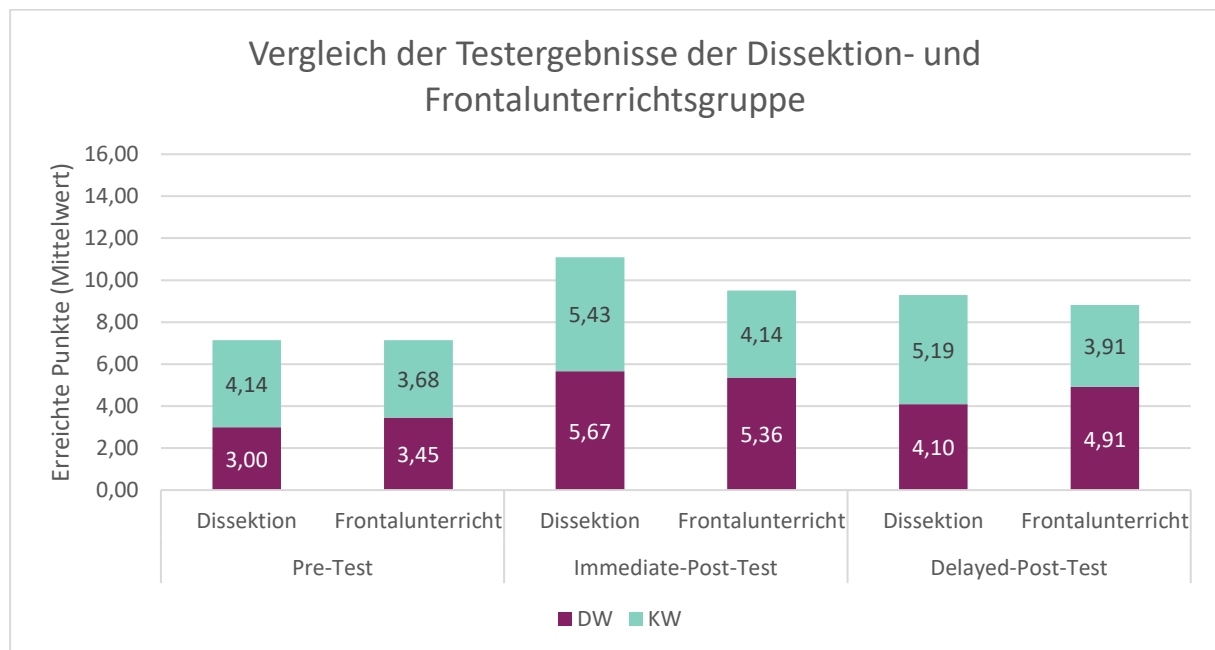


Abbildung 5: Durchschnittliche Testergebnisse im DW (Deklaratives Wissen) und KW (Konzeptuelles Wissen) der Dissektion- und Frontalunterrichtsgruppe in Pre-, Immediate- und Delayed-Post-Test (Anmerkung: Eigene Darstellung)

Vergleicht man das deklarative und das konzeptuelle Wissen im Pre-Test, so zeigte sich im deklarativen Wissen ein Durchschnitt von 3 Punkten in der Dissektionsgruppe, während die Frontalunterrichtsgruppe durchschnittlich 3,45 von 8 Punkten erreichte. Im selben Test war im konzeptuellen Wissen bei der Dissektionsgruppe eine durchschnittliche Punktezahl von 4,14 Punkten zu erkennen, während in der Frontalunterrichtsgruppe im Mittel 3,68 Punkte erreicht wurden. Hier fällt auf, dass die Schüler:innen trotz unterschiedlicher Vorbildung im Mittel eine sehr ähnliche Leistung erzielten.

Im Immediate-Post-Test, direkt nach Behandlung des Themas im Unterricht, zeigten sich etwas andere Ergebnisse. Im Hinblick auf das deklarative Wissen erreichte die Dissektionsgruppe einen Mittelwert von 5,67 Punkten, während die Frontalunterrichtsgruppe hingegen im Mittel 5,36 Punkte erzielte. Im Bereich des konzeptuellen Wissens lagen die Ergebnisse, mit durchschnittlich 5,43 Punkten in der Dissektionsgruppe und durchschnittlich 4,14 Punkten in der Frontalunterrichtsgruppe etwas niedriger.

Im Delayed-Post-Test, 4 Wochen nach Abschluss des Unterrichtsthemas, sanken alle Zahlen etwas. Die Dissektionsgruppe erreichte im deklarativen Wissen im Schnitt 4,10 Punkte,

während die Frontalunterrichtsgruppe durchschnittlich 4,91 Punkte erzielte. Im deklarativen Wissen hingegen zeigte sich in der Dissektionsgruppe ein Mittelwert von 5,19 Punkten, während in der Frontalunterrichtsgruppe durchschnittlich 3,91 Punkte erreicht wurden.

5.2 Prüfung der Hypothesen

Um diese Ergebnisse besser einordnen zu können, wurden diese statistisch ausgewertet und somit die Hypothesen geprüft.

- **Hypothese 1: Aufgrund von fehlendem Vorwissen ist zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test in beiden Gruppen ein signifikanter Lernzuwachs zu erwarten.**

Die erste Hypothese nimmt, basierend auf der Forschungsliteratur aus dem Kapitel 1.1, an, dass zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test ein statistisch signifikanter Lernzuwachs bei allen Schüler:innen zu erkennen ist, da die meisten Schüler:innen, je nach Vorbildung, zum ersten Mal das Thema „Auge als Sinnesorgan“ im Unterricht behandeln.

Für die Auswertung dieser Hypothese wurde für beide Untersuchungsgruppen ein Vorzeichentest durchgeführt, um zu überprüfen, ob tatsächlich ein statistisch signifikanter ($p = < .05$) Lernzuwachs zu verzeichnen ist, wie die Forschungsliteratur dies erwarten lässt.

Der Vorzeichentest zum Pre-Test und Immediate-Post Test der Seziergruppe ergab dabei von den 21 berücksichtigten Fällen 4 negative Differenzen, 15 positive Differenzen und 2 Bindungen. Somit weicht der Vorzeichentest stark von einer Gleichverteilung ab und es konnte eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden ($n = 21$, $p = .019$).

Anders fiel der Vorzeichentest zwischen Pre-Test und Immediate-Post-Test in der Frontalunterrichtsgruppe aus. Hier konnten innerhalb der Gruppe keine statistische Signifikanz festgestellt werden ($n = 22$, $p = .115$). Von den insgesamt 22 betrachteten Fällen konnten 6 negative Differenzen, 14 positive Differenzen und 2 Bindungen festgestellt werden.

Somit bestätigt sich die Annahme eines generellen Lernzuwachs aufgrund des fehlenden Vorwissens nur teilweise. Obwohl in beiden Testgruppen mehr positive als negative Differenzen beobachtet werden konnten, erreichte der Lernzuwachs nur in der Seziergruppe eine statistische Relevanz.

- **Hypothese 2: Der Immediate-Post-Test zeigt in der Frontalunterrichtsgruppe höhere kurzfristige Lernerfolge im Faktenwissen als in der Seziergruppe.**

Die zweite Hypothese geht aufgrund der Forschungsliteratur von Engelschalt und Upmeyer zu Belzen (2019) und Sturm und Bogner (2008) davon aus, dass die Frontalunterrichtsgruppe im Immediate-Post-Test im Faktenwissen höhere kurzfristige Lernerfolge verzeichnet, da die Inhalte präziser, geordneter und zielgerichteter vermittelt werden. In der Seziergruppe sollte ebenfalls ein deutlicher Lernzuwachs zwischen Pre-Test und Immediate-Post-Test zu erkennen sein, dieser könnte jedoch etwas geringer ausfallen, da zwei der vier geplanten Stunden für das Sezieren und die Vor- und Nachbereitung dessen verwendet werden.

Für die Prüfung dieser Hypothese wurde ein Mann-Whitney-U-Test berechnet. Dafür wurden nur die Ergebnisse zu den Fragen des deklarativen Wissens im Immediate-Post-Test herangezogen. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der Seziergruppe und der Frontalunterrichtsgruppe im Faktenwissen festgestellt werden, $U=219.000$, $Z=-.296$, $p=.767$. Somit muss die Hypothese verworfen werden, da kein höherer kurzfristiger Lernerfolg im Faktenwissen in der Frontalunterrichtsgruppe zu verzeichnen ist.

- **Hypothese 3: Die Seziergruppe weist im Delayed-Post-Test bessere Ergebnisse im Zusammenhangswissen auf als die Frontalunterrichtsgruppe.**

Die dritte Hypothese geht, aufbauend auf der Forschungsliteratur von Wegner et al. (2007) einerseits davon aus, dass der langfristige Lernerfolg im konzeptuellen Wissen, der durch den Delayed-Post-Test aufgezeigt werden soll, in der Frontalunterrichtsgruppe geringer ist als in der Seziergruppe. Andererseits wird aufgrund der Untersuchung von Schlüter (2023) und Sturm und Bogner (2008) davon ausgegangen, dass bei der Seziergruppe im Zusammenhangswissen, welches in dieser Gruppe multisensorisch verarbeitet wird, bessere Ergebnisse im Delayed-Post-Test zu erwarten sind.

Für diese Hypothese wurde erneut ein Mann-Whitney-U-Test berechnet, wobei nur die Ergebnisse des konzeptuellen Wissens im Delayed-Post-Test in der Seziergruppe und der Frontalunterrichtsgruppe inkludiert wurden. Dabei konnte kein statistisch signifikanter Unterschied im Zusammenhangswissen zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden, $U=157.500$, $Z=-1.811$, $p=.070$. Auch hier muss also die Hypothese aufgrund fehlender

statistischer Signifikanz verworfen werden, da kein höherer langfristiger Lernerfolg im Zusammenhangswissen in der Seziergruppe zu verzeichnen ist.

6 Diskussion

Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, herauszufinden, inwiefern sich die Lernerfolge zwischen einer Klasse mit Frontalunterricht und einer Klasse, die eine Dissektion durchführt, unterscheiden. Das Interesse bestand darin, zu erfahren, welche Methode sich besonders im Biologieunterricht eignet und somit eingesetzt werden sollte, um insbesondere anatomische Strukturen zu Lehren. Dabei wurden als Indikatoren für den Lernerfolg die erreichten Punkte im deklarativen und konzeptuellen Wissen herangezogen und sowohl in der Seziergruppe als auch in der Frontalunterrichtsgruppe zu drei verschiedenen Zeitpunkten erhoben. Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass nahezu keine statistische Signifikanz festgestellt werden konnte.

Im folgenden Kapitel sollen deshalb die Limitationen der Untersuchung aufgezeigt werden, eine Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Limitationen stattfinden und es sollen Implikationen für den Unterricht dargelegt werden.

6.1 Limitationen der Untersuchung

Um die Ergebnisse der Erhebung zu interpretieren, sollte zuvor auf die Limitationen dieser eingegangen werden.

Bereits im Forschungsdesign fällt auf, dass es sich um zwei Schulklassen handelt, die miteinander verglichen werden. Somit ist die Stichprobengröße mit insgesamt 43 Schüler:innen sehr gering. Zusätzlich sind die Schüler:innen nicht randomisiert zugeordnet worden, sondern verblieben in ihrer Klasse. Nur die Frage, welche Klasse die Seziergruppe und welche Klasse die Frontalunterrichtsgruppe darstellt, wurde mittels Los beantwortet. All diese Limitationen führen zu einer verminderten internen Validität der Untersuchung (vgl. Wirtz, 2021).

Durch den Fokus auf einen speziellen Schultyp, nur eine Schule und die geringe Stichprobe ist auch eine Generalisierbarkeit der Ergebnisse kaum möglich, was zu einer geringeren externen Validität führt (vgl. Wirtz, 2022).

Weiters ist auch anzumerken, dass die Lehrperson und ihre Motivation, Tagesverfassung (individuelle Ressourcen und Umweltfaktoren), ihr Wissen und auch das Verhältnis zur Klasse sich auf die Untersuchung auswirken kann, was unter dem Begriff „Lehrereffekt“ bekannt ist. Hierbei handelt es sich um die Tatsache, dass, je nachdem von welcher Lehrperson die Schüler:innen unterrichtet werden, sie trotz gleicher persönlicher Gegebenheiten eine unterschiedliche Leistungsentwicklung aufweisen können (vgl. Kunter & Pohlmann, 2015, S. 262–281).

Dadurch, dass das Sezieren für fast alle Schüler:innen eine neue Erfahrung darstellte, könnte auch der Neuheitseffekt, also die Tatsache, dass eine neue Methode verwendet wurde, einen positiven Einfluss auf die Ergebnisse haben. Der Neuheitseffekt verliert, je länger die Veränderung in Kraft tritt, immer mehr seine Wirkung. Dadurch zeigt sich oft erst nach einer längeren Beobachtungsdauer, ob mögliche Effekte tatsächlich auf den Unterschied des Unterrichts und nicht auf die Neuheit der Methode zurückzuführen sind (vgl. Elston, 2021, S. 565-566). Da die Untersuchung sich nur über sechs Wochen erstreckte, wovon die Dissektion nur zwei Unterrichtsstunden einnahm und für fast alle Schüler:innen eine neue Methode darstellte, kann der Neuheitseffekt nicht ausgeschlossen werden.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Ergebnisse der Untersuchung sind die individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen. Dazu zählen Unterschiede in der aktuellen Motivation, das individuelle Vorwissen (vgl. Scholz, 2025, S. 24–33) und die Tagesform (beobachtet wurden hier u.a. Krankheit, Müdigkeit, Konzentrationsfähigkeit nach einem langen Schultag) (vgl. Hattie, 2009, S. 39–60). Diese Faktoren können im Rahmen der Erhebung nicht beeinflusst werden, sich jedoch auf die Teilleistungen auswirken.

Eine der größten Limitationen stellt die Tatsache dar, dass kaum statistisch signifikante Ergebnisse erzielt wurden. Das sorgt für eine eingeschränkte Aussagekraft hinsichtlich der Wirksamkeit der Untersuchung. Selbst wenn mögliche (geringe) Effekte gegeben sind, sind diese unterhalb der statistischen Nachweisgrenze und könnten auch auf Zufall beruhen.

6.2 Interpretation der Ergebnisse

Nun werden die Ergebnisse der Untersuchung im Detail interpretiert. Das Ziel dabei ist es, herauszufinden, welche Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Frontalunterricht und handlungsorientiertem Sezieren in der 4. Klasse Handelsakademie, vor allem im deklarativen und im konzeptuellen Wissen gezogen werden können, welche Tendenzen erkennbar sind und wie die Limitationen der Untersuchung hier miteinfließen.

Die erste Hypothese ging davon aus, dass sowohl in der Frontalunterrichtsgruppe als auch in der Dissektionsgruppe zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test ein statistisch signifikanter Lernzuwachs zu beobachten ist. Die Analyse hat bereits gezeigt, dass in der Seziergruppe ein signifikanter Lernzuwachs beobachtbar ist ($p=.019$) während in der Frontalunterrichtsgruppe nur ein nicht statistisch signifikanter Trend zu erkennen ist ($p=.115$). Die durchschnittlich erreichten Punkte pro Schüler:in aus Kapitel 5.1 zeigen etwas erkennbarer, dass es in beiden Gruppen in beiden untersuchten Wissensbereichen eine Steigerung der Ergebnisse zwischen Pre-Test und Immediate-Post-Test gab. Die Seziergruppe steigerte sich hierbei in beiden Wissensbereichen von durchschnittlich insgesamt 7,14 von 16 Punkten im Pre-Test auf 11,1 von 16 Punkten im Immediate-Post-Test. Die Frontalunterrichtsgruppe steigerte sich in beiden Wissensbereichen von 7,13 von 16 Punkten im Pre-Test auf 9,5 von 16 Punkten im Immediate-Post-Test. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass beide Methoden grundsätzlich dazu geeignet sind, Lernfortschritte bei Schüler:innen zu bewirken, wobei die Stärke des Effekts bei beiden Gruppen variiert. Mögliche Gründe für das schlechtere Abschneiden der Frontalunterrichtsgruppe könnten die kleine Stichprobe, individuelle Unterschiede wie etwa die Vorerfahrung, die Konzentrationsfähigkeit der Schüler:innen und ihre Motivation sein, was zu einer größeren Streuung der Ergebnisse führt.

Die zweite Hypothese geht davon aus, dass der Immediate-Post-Test in der Frontalunterrichtsgruppe höhere kurzfristige Lernerfolge im Faktenwissen aufzeigen würde, als dies in der Seziergruppe der Fall ist. Der Mann-Whitney-U-Test ergab hier jedoch, wie bereits im Analyseteil erörtert, keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($U=219.000$, $Z=-.296$, $p=.767$). Somit kann der erwartete Vorteil des Frontalunterrichts in Bezug auf das kurzfristige Faktenwissen empirisch nicht bestätigt

werden. Gleichzeitig zeigen die durchschnittlich erreichten Punkte pro Schüler:in in Kapitel 5.1, dass die Dissektionsgruppe sogar leicht bessere Ergebnisse im Faktenwissen im Immediate-Post-Test erreichte. Die Seziergruppe erzielte pro Schüler:in durchschnittlich 5,67 von 8 Punkten, während die Frontalunterrichtsgruppe durchschnittlich 5,36 von 8 Punkten pro Schüler:in erlangte. Dieses Ergebnis impliziert, dass sowohl Frontalunterricht als auch Dissektion dazu in der Lage sind, kurzfristig Faktenwissen zu vermitteln, auch wenn keine der Methoden klar überlegen ist. Möglicherweise ist das Ergebnis aufgrund von individuellen Unterschieden der Schüler:innen, unterschiedlichem Vorwissen oder durch situative Faktoren im Unterricht so ähnlich.

Die dritte Hypothese postulierte, dass die Seziergruppe im Delayed-Post-Test bessere langfristige Leistungen im Zusammenhangswissen aufweisen würde als die Frontalunterrichtsgruppe. Auch hier zeigte der Mann-Whitney-U-Test keinen statistisch signifikanten Unterschied ($U=157.500$, $Z=-1.811$, $p=.070$). Es ist jedoch hervorzuheben, dass eine Tendenz zugunsten der Seziergruppe erkennbar ist. Das wird auch deutlich, wenn man die durchschnittlich erreichten Punkte pro Schüler:in aus Kapitel 5.1 betrachtet. So erzielte die Seziergruppe im konzeptuellen Wissen durchschnittlich pro Schüler:in im Delayed-Post-Test 5,19 von 8 Punkten, während die Frontalunterrichtsgruppe durchschnittlich nur 3,91 von 8 Punkten pro Schüler:in erlangte. Diese Tendenz deutet darauf hin, dass handlungsorientierte Methoden wie das Sezieren möglicherweise einen positiven Einfluss auf die Integration von Wissen in größere Zusammenhänge und langfristiges Lernen haben könnten, auch wenn dies in der vorliegenden Untersuchung nicht statistisch signifikant gezeigt werden konnte. Auch hier ist anzumerken, dass unterschiedliches Vorwissen, situative Faktoren im Unterricht und auch die geringe Stichprobe das Ergebnis beeinflussen haben könnte. Weiters ist besonders hier der Neuheitseffekt als mögliche Limitation mitzudenken.

6.3 Implikationen für den Unterricht

Die Ergebnisse dieser Untersuchung liefern, wenn auch kaum statistisch signifikante Ergebnisse erreicht wurden, wertvolle Hinweise für die Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der 4. Klasse Handelsakademie.

Die Untersuchung bestätigt, dass sowohl Frontalunterricht als auch handlungsorientierter Unterricht Lernfortschritte im deklarativen und konzeptuellen Wissen ermöglichen und damit als Unterrichtsmethoden im Naturwissenschaftsunterricht grundsätzlich geeignet sind. Dass die Seziergruppe insbesondere im Zusammenhangswissen bessere Ergebnisse erzielte, deutet darauf hin, dass handlungsorientierte Methoden das langfristige Lernen und das Verständnis von Zusammenhängen fördern könnten.

Für die Praxis lässt sich aus diesen Erkenntnissen ableiten, dass eine Kombination beider Methoden im Unterricht sinnvoll sein kann. Der Frontalunterricht hilft dann dabei, Informationen und grundlegendes Faktenwissen, das für das erste Verständnis eines Themas notwendig ist, strukturiert und effizient zu vermitteln, wie dies bereits zuvor nach Sturm und Bogner (2008) erläutert wurde. Gleichzeitig kann das Einbeziehen von handlungsorientierten Methoden, wie etwa dem Sezieren, das aktive, multisensorische Lernen ermöglichen und die Integration von neuem Wissen in komplexe Zusammenhänge fördern, was bereits durch Randler und Hulde (2007) und Schlüter (2023) aufgezeigt werden konnte. Lehrkräfte könnten also so vorgehen, dass zunächst komplexe Inhalte im Frontalunterricht in strukturierter Form dargelegt werden und diese anschließend durch das Sezieren vertieft und Zusammenhänge klar gemacht werden.

Darüber hinaus kann, anhand der Ergebnisse, angenommen werden, dass individuelle Unterschiede der Lernenden, die hier nicht näher beleuchtet wurden (wie etwa die Motivation, die Konzentrationsfähigkeit und das Vorwissen), sich jedoch als Limitation zeigten, eine zentrale Rolle spielen. Lehrkräfte sollten dies als Anlass nehmen, Lerninhalte auf unterschiedliche Wege erschließbar zu machen, um möglichst viele unterschiedliche Lernende und ihre individuellen Voraussetzungen anzusprechen. Dies wäre durch differenzierte Aufgabenstellungen und Gruppenarbeiten, in denen sich die Schüler:innen gegenseitig unterstützen, möglich (vgl. Baur et al., 2022, S. 20–23).

Ein weiterer praktischer Aspekt ist die Langzeitwirkung von Methoden. Die Tendenz, dass die Seziergruppe im Delayed-Post-Test bessere Ergebnisse erzielte, deutet darauf hin, dass handlungsorientierte Methoden die Festigung von Wissen über längere Zeiträume unterstützen können. Für die Unterrichtspraxis verdeutlicht das, dass Lehrpersonen nicht nur den kurzfristigen Lernerfolg betrachten sollten, sondern auch die langfristige Speicherung und die Anwendbarkeit des Wissens im Blick behalten sollten. Handlungsorientierte Methoden,

auch in Kombination mit Transferfragen, können hier den Transfer von Wissen und das naturwissenschaftliche Problemlösen unterstützen (vgl. Wilhelm et al., 2018, S. 120–121).

Ein weiterer Aspekt, der in der Unterrichtsgestaltung berücksichtigt werden könnte, ist die Motivation der Schüler:innen. Auch wenn diese in der vorliegenden Untersuchung nicht systematisch gemessen wurde, lässt sich aus Sturm und Bogner (2008) ableiten, dass sich handlungsorientierte Methoden wie das Sezieren, durch das aktive Teilhaben und die Abwechslung, positiv auf das Engagement und die Selbstwirksamkeit der Schüler:innen auswirken können. Dies ist insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht, der oftmals sehr abstrakte und anspruchsvolle Inhalte vermittelt, sinnvoll.

Insgesamt ist jedoch zu sagen, dass die gewählten Methoden an die Klasse, das Vorwissen und die Lernenden angepasst werden sollten, um einen hohen Lernzuwachs zu erreichen (vgl. Hattie, 2009, S. 39–60; 211).

7 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Masterarbeit lag das Hauptaugenmerk auf der Forschungsfrage, inwiefern sich die Lernerfolge von Schüler:innen der 4. Klasse Handelsakademie beim Einsatz von Frontalunterricht und der handlungsorientierten Methode des Sezierens im naturwissenschaftlichen Unterricht unterscheiden. Um diese Frage zu beantworten, wurde zuerst der wissenschaftliche Hintergrund, sowohl auf fachdidaktischer als auch auf fachwissenschaftlicher Ebene erarbeitet. Auf den Ergebnissen dieser Recherche aufbauend wurden dann drei Hypothesen ausformuliert. Diese sollten während der Durchführungsphase, anhand von zwei Klassen derselben Schulstufe, untersucht werden. Dafür wurde zuerst zugelost, welche Klasse die Seziergruppe und welche die Frontalunterrichtsgruppe darstellt. Danach wurde der Unterricht vier Stunden lang anhand der Unterrichtsverlaufsplanung durchgeführt. Drei Testungen, der Pre-Test vor Bearbeitung des Unterrichtsthemas, der Immediate-Post-Test direkt nach der Durchführung der Unterrichtsstunden und der Delayed-Post-Test, vier Wochen nach Abschluss des Unterrichtsthemas, sollten dann Auskunft darüber geben, ob die Hypothesen standfest sind.

Dabei konnte herausgefunden werden, dass zwischen dem Pre-Test und dem Immediate-Post-Test nur in der Seziergruppe ein statistisch signifikanter Lernzuwachs zu beobachten war. In der Frontalunterrichtsgruppe konnte nur ein Trend in dieser Richtung beobachtet werden. Die zweite Hypothese, die davon ausging, dass in der Frontalunterrichtsgruppe im Faktenwissen im Immediate-Post-Test höhere kurzfristige Lernerfolge als in der Seziergruppe zu verzeichnen sind, konnte nicht verifiziert werden. Ebenso konnte auch die dritte Hypothese, die besagte, dass die Seziergruppe bessere langfristige Ergebnisse im Zusammenhangswissen im Delayed-Post-Test aufweist als die Frontalunterrichtsgruppe, nicht statistisch signifikant nachgewiesen werden. Hier ist jedoch eine statistische Tendenz zu erkennen.

Diese Ergebnisse müssen jedoch im Kontext der Limitationen betrachtet werden. Hier muss angeführt werden, dass bereits im Forschungsdesign zu erkennen ist, dass es sich um keine randomisierten Gruppen handelt und, dass die enge Begrenzung auf nur eine Schule eines spezifischen Schultyps die interne und externe Validität schwächen. Die geringe Stichprobe hat den Nachteil, dass bereits wenige Schüler:innen die Ergebnisse stark beeinflussen. Weiters müssen hier der Lehrereffekt, der Neuheitseffekt und die individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen Beachtung finden. All dies wirkt sich auf die statistische Aussagekraft der Untersuchung aus. Vor allem diese Limitationen bieten jedoch einen Ansatz für eine erneute Untersuchung dieser Art. Auch wenn nicht alle Faktoren beeinflusst werden können, so würde bereits eine weitaus größere Stichprobe, etwa schulübergreifend, weitaus genauere Ergebnisse liefern. Auch der Neuheitseffekt könnte durch eine längere Dauer der Untersuchung abgeschwächt werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung definitiv kritisch, im Kontext der Limitationen, betrachtet werden müssen. Die Tendenzen im Pre- und Immediate-Post-Test lassen jedoch darauf schließen, dass beide Methoden dazu geeignet sind, Lernerfolg zu erzielen. Außerdem ist, durch die Tendenz im Delayed-Post-Test, zu sagen, dass handlungsorientierter Unterricht dazu führen könnte, dass Wissen besser und langfristiger gefestigt werden kann und der Transfer von Wissen unterstützt werden kann. Für die Praxis lässt sich daraus ableiten, dass eine Kombination beider Methoden zielführend für den Unterricht sein könnte.

8 Literaturverzeichnis

Anderman, E. M., & Hattie, J. (Hrsg.). (2013). *International guide to student achievement* (1. Auflage). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203850398>.

Baur, A., Baumgartner-Hirscher, N., Lehtinen, A., Neudecker, C., Nieminen, P., Papaevripidou, M., Rohrmann, S., Schiffli, I., Schuknecht, M., Virtbauer, L., & Xenofontos, N. (2022). *Differenzierung beim Inquiry-based Learning im naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Differenzierungstool für das Experimentieren im Sinne des Forschenden Lernens* (1. Auflage). Juventa Verlag.

Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2018). *Neurowissenschaften: Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie* (A. Engel, Hrsg.; A. Held & M. Niehaus, Übers.; 4. Auflage 2018). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57263-4>.

Beigzadeh, A., Bazayr, H., Delzende, M., Razmi, M., & Sharifi, N. (2024). Comparing the effect of lecture method and cooperative teaching method on the learning, communication skills, and attitudes of students: A quasi-experimental study. *Frontiers in Education*, 9, 1449538. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1449538>.

Elston, D. (2021). The novelty effect. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 85(3), 565–566. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.06.846>.

Engelschalt, P., & Upmeyer zu Belzen, A. (2019). Interventionsstudie zur Wirkung von schülerzentrierten Methoden auf Modellkompetenz und Fachwissen. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 18, 57–74.

Erdé. (2013). *Système visuel humain*. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sys%C3%A8me_visuel_humain.jpg (abgerufen am 19.07.2025).

Funk, R., & Reiss, G. (2012). Sinnesorgane Auge und Ohr. In F. Anderhuber, F. Pera, & J. Streicher (Hrsg.), *Waldeyer—Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas in einem Band* (19. Auflage).

Gaisch, M., Rammer, V., Sterrer, S., & Takacs-Schwarzinger, C. (2023). *Wie MINT gewinnt. Assoziationen, Erfolgsfaktoren und Hemmnisse österreichischer Schülerinnen in Bezug auf eine Ausbildung in den MINT-Bereichen*. Auftragsstudie für die MINTality Stiftung. Wien. FH OÖ.

Gudjons, H. (2006). *Neue Unterrichtskultur—Veränderte Lehrerrolle* (1. Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

Gudjons, H. (2014). *Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung - Selbsttätigkeit - Projektarbeit* (8. Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

Gudjons, H. (2021). *Frontalunterricht - neu entdeckt: Integration in offene Unterrichtsformen* (4. Auflage). UTB. <https://doi.org/10.36198/9783838557755>.

Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted). Routledge.

Henley, C. (2021). *Anatomy of the Retina*. Neuroscience.
<https://openbooks.lib.msu.edu/neuroscience/chapter/vision-the-retina/> (abgerufen am 19.07.2025).

Holstermann, N., Ainley, M., Grube, D., Roick, T., & Bögeholz, S. (2012). The specific relationship between disgust and interest: Relevance during biology class dissections and gender differences. *Learning and Instruction*, 22(3), 185–192.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.10.005>.

Jank, W. (1994). „Veränderte Kindheit“—Unveränderte Didaktik? *Bundesarbeitskreis der Seminar- und Fachleiter: Mitteilungen des Bundesarbeitskreises der Seminar- und Fachleiter e.V.*, 3(4), 12–38. <https://doi.org/10.25656/01:18339>.

Kaiser, L., Polte, S., Kirchhoff, T., Großmann, N., & Wilde, M. (2023). Dissection in biology education compared to alternative methods in terms of their influence on students' emotional experience. *Frontiers in Psychology*, 14.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1138273>.

Krathwohl, D. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Taylor & Francis*, 41(4), 212–218.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_11.

Müller, W., Frings, S., & Möhrle, F. (2019). *Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung* (6. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58462-0>.

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule* (1. Auflage). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>.

Randler, C., & Hulde, M. (2007). Hands-on versus teacher-centred experiments in soil ecology. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 329–338.
<https://doi.org/10.1080/02635140701535091>.

Rechtsinformationssystem des Bundes. (2025). *RIS - Lehrpläne – Handelsakademie und Handelsschule—Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 24.04.2025*.
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008944> (abgerufen am 24.04.2025).

Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C., & Gniewosz, B. (2011). *Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden* (1. Auflage).

Rhcastilhos, & Jmarchn. (2007). *Schematic diagram of the human eye*. Wikimedia Commons.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_en.svg (abgerufen am 16.07.2025).

Riedl, A., & Schelten, A. (2013). *Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung* (1. Auflage). Franz Steiner Verlag.

Rogers, J., & Révész, A. (2020). Experimental and quasi-experimental designs. In J. McKinley & H. Rose (Hrsg.), *The Routledge Handbook of Research Methods in Applied Linguistics*. Routledge.

Schlüter, K. (2023). Vielfalt und Funktionen von Unterrichtsmedien. In H. Gropengießer & U. Harms (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (1. Auflage). Aulis.

Scholz, L. (2025). *Was wir von den leistungsstärksten Schüler:innen lernen können: Eine mehrebenenanalytische Untersuchung von Voraussetzungen und Merkmalen (potenziell) leistungsstarker Schüler:innen*. Hamburg University Press.
<https://doi.org/10.15460/hup.272.2138>.

Schrader, F., & Helmke, A. (2021). *Unterrichtseffektivität im Dorsch Lexikon der Psychologie*.
<https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/unterrichtseffektivitaet#search=44a8f9ef95a2518a4fcc4829e35f30a3&offset=5> (abgerufen am 20.12.2025).

Sturm, H., & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30(7), 941–959.
<https://doi.org/10.1080/09500690701313995>.

Universität Zürich. (2023a). *Mann-Whitney-U-Test*.
https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html (abgerufen am 14.12.2025).

Universität Zürich. (2023b). *Vorzeichentest*.
https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/vorzeichen.html (abgerufen am 14.12.2025).

Wegner, C., Dreier, B., & Grotjohann, N. (2007). „Frontalunterricht kontra Freiarbeit“: Eine empirische Untersuchung zur Umsetzung botanischer Themen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, 16(1). <https://doi.org/10.4119/UNIBI/ZDB-V16-I1-180>.

Wilhelm, M., Rehm, M., & Reinhardt, V. (Hrsg.). (2018). *Wirksamer Biologieunterricht* (1. Auflage, Bd. 1). Schneider Verlag Hohengehren.

Wirtz, M. (2021). *Validität, interne im Dorsch Lexikon der Psychologie*.
<https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/validitaet-interne#search=5e9204463a4a18d697fd78454884aa5b&offset=2> (abgerufen am 20.12.2025).

Wirtz, M. (2022). *Validität, externe im Dorsch Lexikon der Psychologie*.
<https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/validitaet-externe#search=5e9204463a4a18d697fd78454884aa5b&offset=4> (abgerufen am 20.12.2025).

Wiwiwalker, M. (2016). *Accommodation (PSF)*. Wikimedia Commons.
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accommodation_\(PSF\)_PT.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accommodation_(PSF)_PT.png) (abgerufen am 19.07.2025).

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das visuelle System des Menschen.....	21
Abbildung 2: Vertikaler Schnitt durch das Auge.....	21
Abbildung 3: Akkommodation der Linse	24
Abbildung 4: Aufbau der Retina	25
Abbildung 5: Durchschnittliche Testergebnisse im DW (Deklaratives Wissen) und KW (Konzeptuelles Wissen) der Dissektion- und Frontalunterrichtsgruppe in Pre-, Immediate- und Delayed-Post-Test	32

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber:innen der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

10 Anhang

10.1 SoSci Survey Fragebogen

06.10.25, 19:00

Korrekturfahrne qnr2 (pretesthuber) 06.10.2025, 19:00

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

vielen Dank, dass du dich bereit erklärt hast, an dieser wissenschaftlichen Studie teilzunehmen.

Im Interesse der Transparenz und des Einholens deiner Einverständniserklärung stelle ich dir im Folgenden die Hintergründe dieser Forschungsstudie vor.

Zweck dieser Studie

Forschungsstudien dienen dazu, neue Erkenntnisse zu gewinnen, die anderen Menschen und der Gesellschaft in Zukunft helfen können.

In der vorliegenden Studie beforsche ich im Rahmen meiner Masterarbeit, den Lernzuwachs durch das Sezieren bzw. den Frontalunterricht.

Die Teilnahme an dieser Studie ist mit keinerlei Risiko verbunden.

Teilnehmer:innen

Um an dieser Studie teilnehmen zu können, musst du

(1) Schüler:in der vierten Klasse Handelsakademie sein.

(2) in einer der beiden Untersuchungsgruppen zugeteilt sein.

Ablauf und Ausfüllhinweise

Zu Beginn wirst du gebeten, allgemeine demografische Angaben (z. B. Geschlecht, Alter) zu deiner Person zu machen.

Danach erhältst du einen kurzen Test, bestehend aus 16 Fragen, rund um dein Fakten- und Zusammenhangswissen über das Thema „Auge als Sinnesorgan“.

Für den Erfolg der Studie ist es wichtig, dass du den Fragebogen ernsthaft und vollständig ausfüllst und keine der Fragen auslässt. Bitte lies dir alle Informationen und Anweisungen sorgfältig durch.

Freiwillige Teilnahme

Die Beantwortung dieses Fragebogens ist völlig freiwillig. Du bist nicht verpflichtet,

an der Studie teilzunehmen, und du kannst die Beantwortung des Fragebogens jederzeit ohne Angabe von Gründen abbrechen.

Nutzen und Risiken der Teilnahme

Es sind keine Risiken zu erwarten, die durch das Ausfüllen dieses Online Fragebogens entstehen können.

Die Forschung soll der Gesellschaft zugute kommen, indem neue Erkenntnisse gewonnen werden. Als Teilnehmer:in an dieser Studie wirst du keinen direkten finanziellen Nutzen haben. Ich hoffe jedoch, dass die Teilnahme an der Studie eine gute Gelegenheit ist, dein Wissen rund um das Thema „Auge als Sinnesorgan“ auf den Prüfstand zu stellen.

Datenverwendung, Vertraulichkeit und Schutz der Privatsphäre

Alle erhobenen Daten werden ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet. Die Umfrage ist daher völlig anonym und alle Antworten werden streng vertraulich behandelt.

Nach Abschluss der Datenerhebung ist es nicht mehr möglich, deinen Datensatz gezielt zu löschen, da er nicht mehr mit dir in Verbindung gebracht werden kann.

Dauer der Studie

Das Ausfüllen des Fragebogens dauert **etwa 10 Minuten**. Es hängt jedoch auch davon ab, wie viel Zeit du für die einzelnen Punkte aufwendest.

Kontaktinformationen

Wenn du Fragen oder Anmerkungen zum Fragebogen oder zur Studie im Allgemeinen hast, kannst du dich gerne an a12011271@unet.univie.ac.at wenden.

Herzlichen Dank für deine Unterstützung,

Sarah Huber, BEd

Indem du den Fragebogen weiter ausfüllst, erklärst du dich mit der Teilnahme an dieser Studie einverstanden.

Seite 02

SD

1. Welches Geschlecht hast du?

SD01 

- ☐ weiblich
- ☐ männlich

2. Wie alt bist du?

SD02 

Ich bin Jahre alt.

3. Gib hier deine Initialen und die Klasse an.

SD03 

Beispiel: Sarah Huber aus der 4CK = SH4CK

4. Wie heißt die lichtempfindliche Schicht im Auge, die Sinneszellen enthält?

FW01

- ☐ Hornhaut
- ☐ Glaskörper
- ☐ Netzhaut
- ☐ Bindehaut

5. Welche Aufgabe hat die Iris?

FW02

- ☐ Sie bricht das Licht
- ☐ Sie reguliert die Pupillengröße
- ☐ Sie schützt die Linse
- ☐ Sie produziert Tränenflüssigkeit

6. Wie heißen die Sinneszellen für das Farbsehen?

FW03

- ☐ Stäbchen
- ☐ Zapfen
- ☐ Pigmentzellen
- ☐ Nervenzellen

FW04

7. Welche Struktur schützt das Auge von außen und ist für die erste Lichtbrechung verantwortlich?

- ☐ Ziliarmuskel
- ☐ Netzhaut
- ☐ Hornhaut
- ☐ Sehnerv

8. Welche Funktion hat der Ziliarmuskel?

FW05

- ☐ Er reguliert die Pupille
- ☐ Er produziert Tränenflüssigkeit
- ☐ Er verändert die Form der Linse zur Scharfstellung
- ☐ Er schützt die Netzhaut

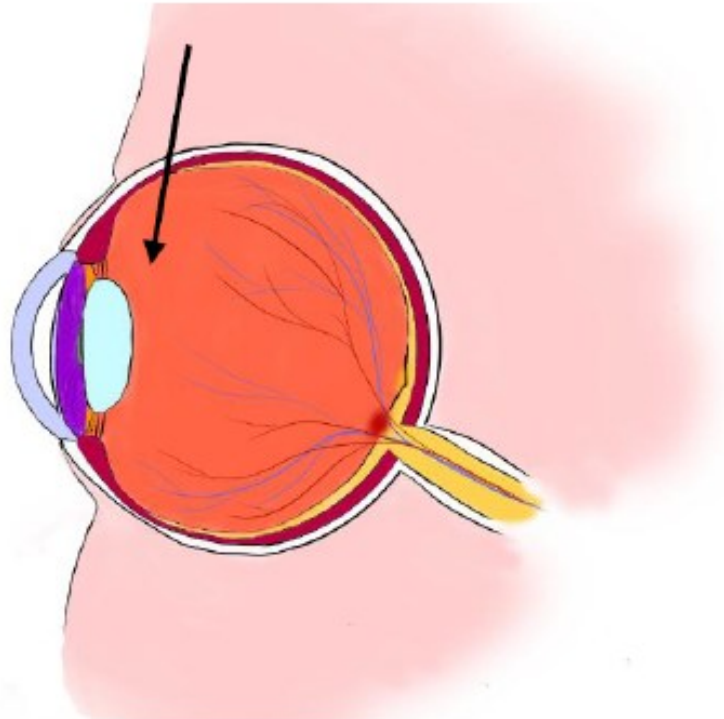
9. Was ist die Aufgabe des Sehnervs?

FW06

- ☐ Er regelt die Pupille
- ☐ Er hält die Linse an ihrem Platz
- ☐ Er leitet die Lichtreize ans Gehirn weiter
- ☐ Er produziert Glaskörperflüssigkeit

FW07

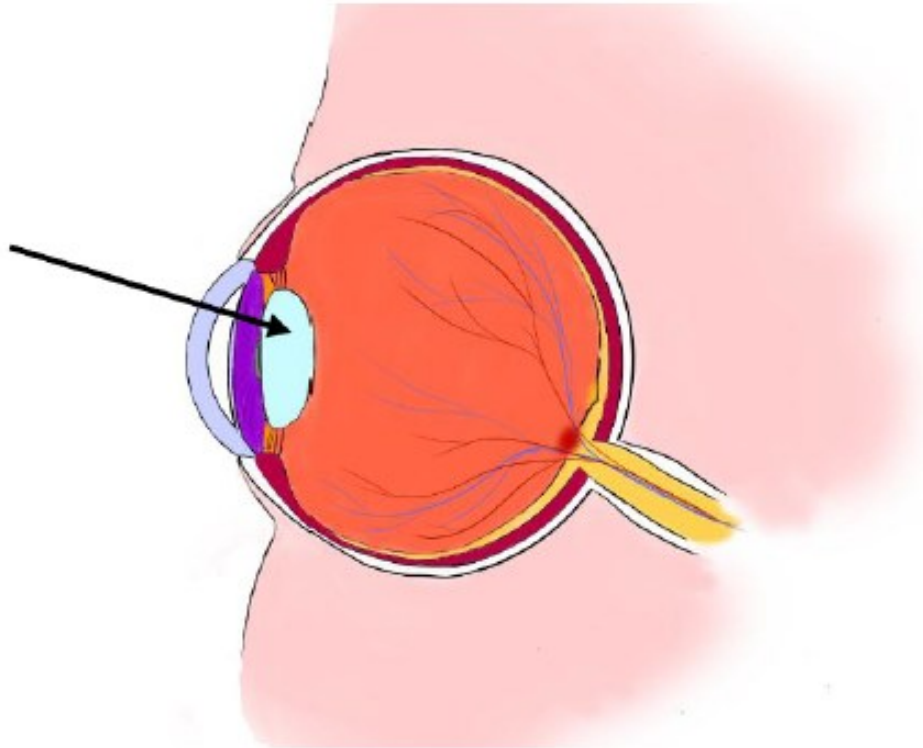
10. Welche Struktur ist hier mit dem Pfeil markiert?



- ☐ Linse
- ☐ Hintere Augenkammer
- ☐ Glaskörper
- ☐ Netzhaut

FW08

11. Welche Struktur ist hier mit dem Pfeil markiert?



- ☐ Vordere Augenkammer
- ☐ Ziliarkörper
- ☐ Zonulafasern
- ☐ Linse

12. Warum sehen wir bei Dunkelheit schlechter in Farben als bei Tageslicht? KW01

- ☐ Weil die Linse weniger Licht durchlässt
- ☐ Weil Zapfen inaktiv sind und Stäbchen kein Farbsehen ermöglichen
- ☐ Weil die Pupille sich zu stark verengt
- ☐ Weil der Glaskörper das Licht nicht weiterleitet

13. Was passiert bei der Akkommodation, wenn ein naher Gegenstand betrachtet wird? KW02

- ☐ Die Linse wird flach und die Sehschärfe steigt
- ☐ Die Pupille wird größer
- ☐ Der Ziliarmuskel spannt sich an und die Linse wird kugelig
- ☐ Die Hornhaut verändert ihre Form

14. Warum nehmen wir das auf dem Kopf stehende und spiegelverkehrte Bild, das auf der Netzhaut entsteht, trotzdem aufrecht wahrnehmen? KW03

- ☐ Weil die Linse zwei Spiegelungen verursacht
- ☐ Weil das Gehirn das Bild im Sehzentrum dreht
- ☐ Weil die Iris das Bild reflektiert
- ☐ Weil das Bild im Sehnerv umgedreht wird

KW04

15. Warum vergrößert sich die Pupille bei Dunkelheit?

- ☐ Damit der Sehnerv entlastet wird
- ☐ Um mehr Licht auf die Netzhaut zu lassen
- ☐ Weil die Hornhaut sich entspannt
- ☐ Damit die Zapfen besser funktionieren

16. Was passiert, wenn die Netzhaut beschädigt ist?

KW05

- ☐ Die Lichtbrechung ist gestört
- ☐ Die Pupille bleibt dauerhaft weit
- ☐ Das Bild kann nicht mehr aufgenommen und ans Gehirn weitergeleitet werden
- ☐ Der Augendruck sinkt sofort ab

17. Warum ist der blinde Fleck nicht störend für unser Sehen?

KW06

- ☐ Weil er farbig gefüllt ist
- ☐ Weil das andere Auge ihn ausgleicht und das Gehirn das Bild ergänzt
- ☐ Weil dort keine Lichtstrahlen auftreffen
- ☐ Weil dort keine Linse vorhanden ist

18. Welchen Weg nimmt das Licht, wenn es ins Auge fällt?

KW07

- ☐ Hornhaut → Glaskörper → Linse → Iris → Netzhaut
- ☐ Hornhaut → Iris → Linse → Glaskörper → Netzhaut
- ☐ Iris → Hornhaut → Glaskörper → Linse → Netzhaut
- ☐ Pupille → Hornhaut → Linse → Sehnerv → Netzhaut

KW08

19. Was passiert, wenn der Ziliarmuskel dauerhaft erschlafft ist?

- ☐ Die Iris funktioniert nicht mehr
- ☐ Die Linse kann sich nicht mehr anpassen und das Scharfstellen auf nahe Objekte wird unmöglich
- ☐ Die Pupille bleibt weit geöffnet
- ☐ Der Sehnerv wird blockiert

Letzte Seite

Vielen Dank für deine Teilnahme!

Vielen herzlichen Dank, dass du den Fragebogen bis zum Ende ausgefüllt hast!

Du hast meinem Forschungsvorhaben damit sehr geholfen.

Deine Antworten wurden gespeichert, du kannst das Browser-Fenster nun schließen.

Sarah Huber – 2025

10.2 PowerPoint: Das Sinnesorgan Auge

Das Sinnesorgan Auge

Sarah Huber



1



Anatomie des Auges

2025

Das Auge

2

2



Welche Bestandteile braucht unser Auge,
damit wir sehen können?

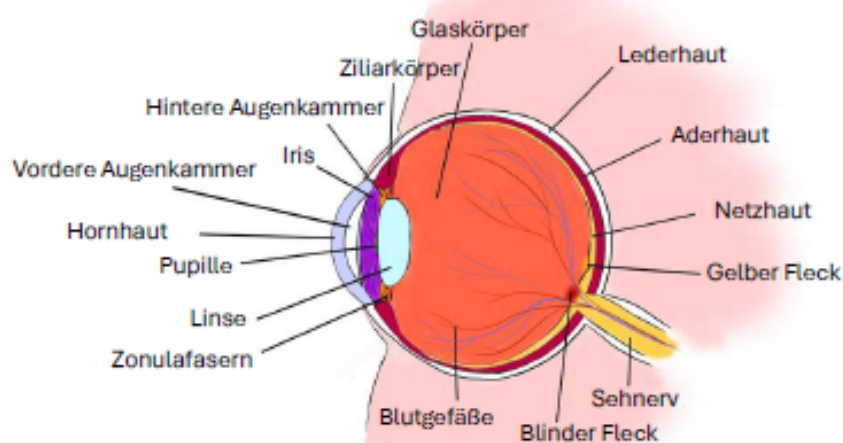
2025

Das Auge

3

3

Die Anatomie des menschlichen Auges



Quelle: Eigene Darstellung, adaptiert nach Rhoads & Smith (2007), unter CC BY-SA 3.0.

2025

Das Auge

4

4

Überblick und Funktionen der Bestandteile 1

Anatomische Struktur	Definition und Funktion
Glaskörper	Gelartige Substanz, die den Großteil des Auges ausfüllt und als Stoßdämpfer dient
Ziliarkörper	Enthält den Ringmuskel, der die Linse für die Scharfstellung verformt
Iris	Farbige Teil des Auges, der wie eine Blende die Größe der Pupille, je nach Helligkeit, anpasst
Vordere Augenkammer	Raum zwischen Hornhaut und Iris, der mit Kammerwasser gefüllt ist
Hintere Augenkammer	Raum zwischen Iris und Linse, ebenfalls mit Kammerwasser gefüllt
Hornhaut	Transparente Schicht, die Licht ins Auge lässt und bereits bricht
Pupille	Dunkle Öffnung in der Mitte der Iris, durch die Licht ins Augeninnere kommt; Bei Licht wird sie kleiner, bei Dunkelheit größer
Linse	Klare, elastische Struktur; Ihre Form wird durch die Entspannung und Anspannung der Zonulafasern und des Ringmuskels verändert (=Akkommodation)

2025

Das Auge

5

5

Überblick und Funktionen der Bestandteile 2

Anatomische Struktur	Definition und Funktion
Zonulafasern	Fasern, mit denen die Linse am Ziliarkörper befestigt ist und gespannt werden kann
Blutgefäße	Versorgen die Netzhaut mit Sauerstoff und Nährstoffen
Blinder Fleck	Die Stelle an der der Sehnerv aus der Netzhaut austritt; Hier keine Sinneszellen
Sehnerv	Leitet die Lichtsignale ans Gehirn weiter
Gelber Fleck	Stelle auf der Netzhaut, auf der kaum große Blutgefäße sind; Ort des schärfsten Sehens
Netzhaut	Schicht, in der sich die Sinneszellen (Stäbchen und Zapfen) befinden; Licht wird in elektrische Signale umgewandelt
Aderhaut	Stellt Blutversorgung sicher
Lederhaut	Weiß, feste Außenhülle; Bietet Schutz und Stabilität für das Auge

2025

Das Auge

6

6



Physikalisches Hintergrundwissen

2025

Das Auge

7

7



Wiederholung - Das Licht

- Das menschliche Auge kann Licht im Bereich von 400 bis 750nm (Nanometer) erkennen = sichtbares Licht
- Licht wird meist als Welle beschrieben
 - Wellenlänge
 - Abstand zwischen zwei Wellenbergen oder zwei Wellentälern
 - Frequenz:
 - Anzahl der Wellen pro Sekunde in Hertz (Hz) gemessen
 - Höhere Frequenz bedeutet Wellen folgen schneller aufeinander
 - Kurzwelliges Licht eher blau/violett
 - Langwelliges Licht eher rot/orange
 - Amplitude:
 - Höhe zwischen einem Wellenberg und einem Wellental

2025

Das Auge

8

8

Interaktion des Lichts mit der Umwelt



- Im Vakuum (luftleerer Raum) wäre Licht ein gerader Strahl!
- Reflexion
 - Ein Lichtstrahl wird an einer Oberfläche zurückgeworfen
 - Einfallswinkel = Ausfallswinkel
 - Z.B. Handydisplay in der Sonne
- Absorption
 - Lichtenergie wird von einer Oberfläche oder einem Partikel aufgenommen
 - Z.B. Schwarze Oberflächen absorbieren fast das gesamte Licht
- Brechung
 - Licht geht von einem Medium in ein anderes über
 - Z.B. Von der Luft ins Wasser, in dem man schwimmt – Eigener Körper sieht verzerrt aus

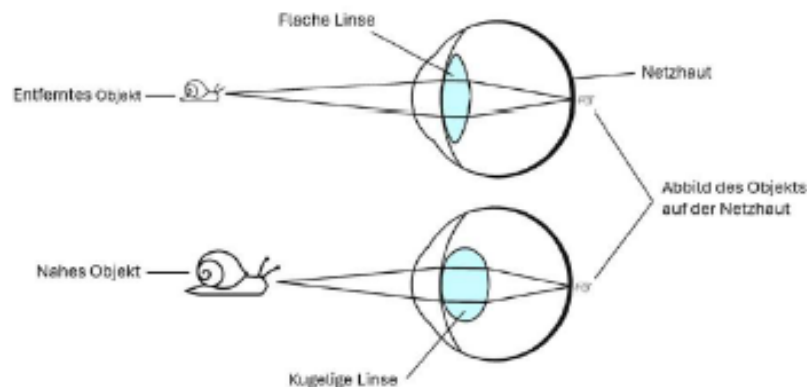
2025

Das Auge

9

9

Lichtbrechung und Akkommodation



Quelle: verändert nach Wikipedia, M. (2016), unter CC-BY 1.0

2025

Das Auge

10

10



Das Sehen

2025

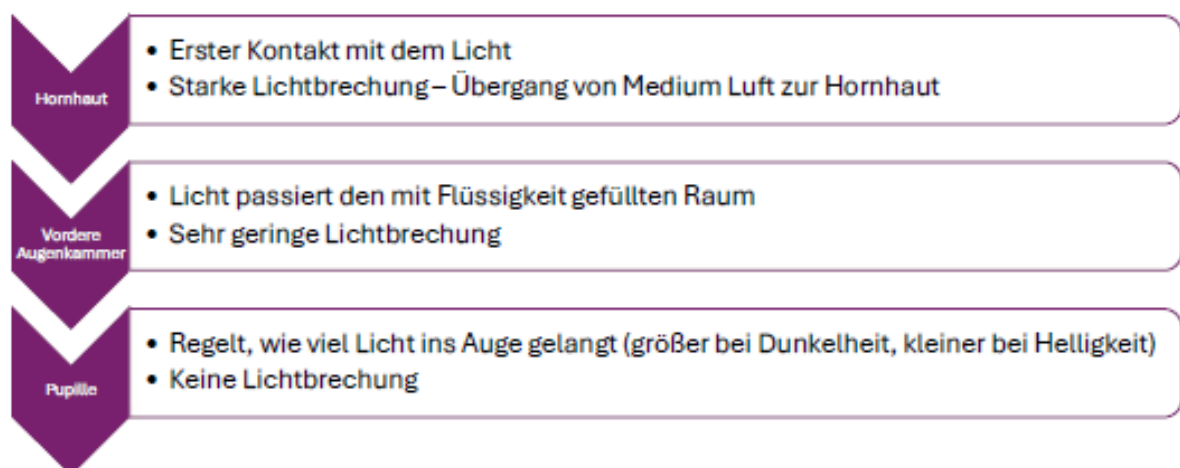
Das Auge

11

11



Der Weg des Lichts im Auge 1



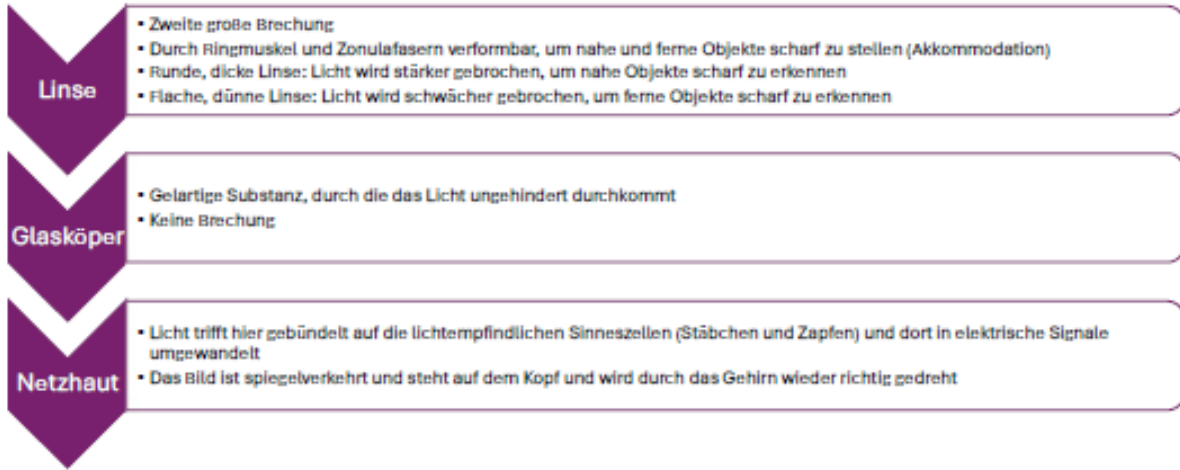
2025

Das Auge

12

12

Der Weg des Lichts im Auge 2



2025

Das Auge

13

13

Die Netzhaut und die Sinneszellen



- Schicht, in der sich die Sinneszellen (Stäbchen und Zapfen) befinden
 - Stäbchen
 - Ca. 92 Millionen
 - Sehr empfindlich auf schwache Lichtreize; Nachtsehen
 - Zapfen
 - Ca. 5 Millionen
 - Weniger empfindlich; Farbsehen bei Tageslicht

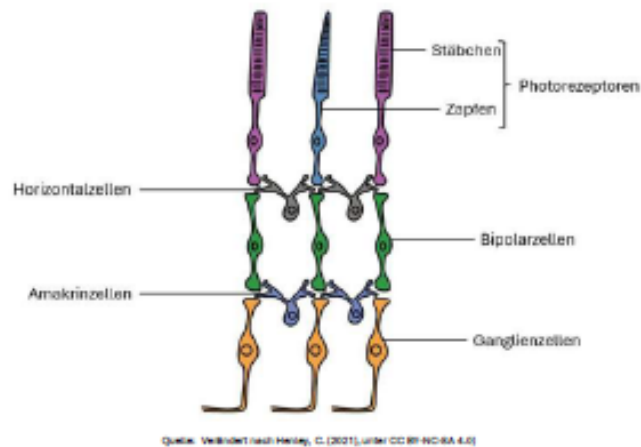
2025

Das Auge

14

14

Aufbau der Netzhaut



2025

Das Auge

15

15

Die Bildentstehung im Auge



Lichteinfall

- Lichtstrahl von Objekt gelangt durch die Hornhaut und Pupille ins Auge

Brechung

- Linse stellt sich so ein, dass das Licht genau auf Netzhaut fokussiert wird (= Akkommodation)

Abbildung

- Auf Netzhaut entsteht kleines, auf dem Kopf stehendes und spiegelverkehrtes Bild; Die Sinneszellen wandeln das Licht in elektrische Energie um

Weiterleitung

- Die elektrischen Signale werden über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet

Verarbeitung

- Gehirn erkennt und dreht das Bild richtig und ergänzt die beiden Bilder beider Augen zu einem räumlichen Gesamtbild.

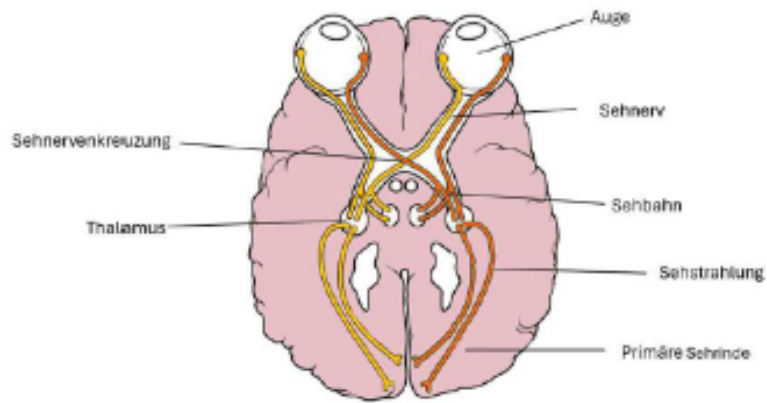
2025

Das Auge

16

16

Das visuelle System des Menschen



Quelle: verändert nach Röm (2013), unter CC BY 4.0

2025

Das Auge

17

17



Alltagsphänomene

2025

Das Auge

18

18



Warum sehen wir ein ganzes Bild, obwohl
es den blinden Fleck gibt?

2025

Das Auge

19

19



Warum tragen manche Menschen eine
Brille?

2025

Das Auge

20

20



Warum sehen wir bei plötzlicher Dunkelheit
zuerst fast nichts und dann immer besser?

2025

Das Auge

21

21



Warum sehen wir im Dunklen (fast) keine
Farben?

2025

Das Auge

22

22



Warum blinzeln wir automatisch, wenn uns jemand/etwas mit hellem Licht blendet?



Warum sehen wir unsere Nase nicht immer, obwohl sie in unserem Blickfeld ist?



Warum wirkt ein gerader Stock im Wasser plötzlich abgelenkt?

2025

Das Auge

25

25



Verwendete Literatur

- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2018). Neurowissenschaften: Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie (A. Engel, Hrsg.; A. Held & M. Niehaus, Übers.; 4. Aufl. 2018). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57263-4>.
- Erdé. (2013). Système visuel humain. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sys%C3%A8me_visuel_humain.jpg (abgerufen am 19.07.2025).
- Funk, R., & Reiss, G. (2012). Sinnesorgane Auge und Ohr. In F. Anderhuber, F. Pera, & J. Streicher (Hrsg.), *Waldeyer—Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas in einem Band* (19. Auflage).
- Henley, C. (2021). Anatomy of the Retina. Neuroscience. <https://openbooks.lib.msu.edu/neuroscience/chapter/vision-the-retina/> (abgerufen am 19.07.2025).
- Müller, W., Frings, S., & Möhrten, F. (2019). Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung (6. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58462-0>.
- Rhcastilhos, & Jmarchn. (2007). Schematic diagram of the human eye. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_en.svg (abgerufen am 16.07.2025).
- Wiwiwalker, M. (2016). Accommodation (PSF). Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accommodation_\(PSF\)_PT.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accommodation_(PSF)_PT.png) (abgerufen am 19.07.2025).

2025

Das Auge

26

26

10.3Arbeitsmaterial: Das Sinnesorgan Auge

Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Die Anatomie des Auges

1. Beschrifte die anatomische Zeichnung des Auges vollständig.
Verwende dafür die Begriffe aus der Box unten.

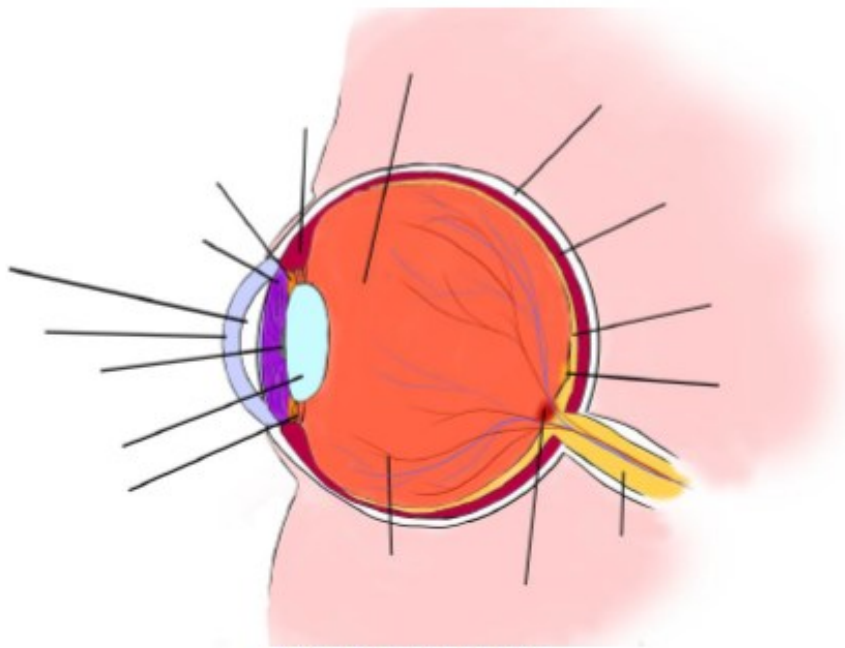


Abbildung 1: Das menschliche Auge

Quelle: Eigene Darstellung, adaptiert nach Rhcastilhos & Jmarchn (2007), unter CC BY-SA 3.0.

Iris, Glaskörper, Hintere Augenkammer, Vordere Augenkammer, Ziliarkörper, Lederhaut, Netzhaut, Aderhaut, Gelber Fleck, Blinder Fleck, Linse, Blutgefäße, Zonulafasern, Sehnerv, Pupille, Hornhaut

2. Ergänze die Definition und Funktion zu den einzelnen anatomischen Strukturen.

Anatomische Struktur	Definition und Funktion
Glaskörper	
Ziliarkörper	
Iris	
Vordere Augenkammer	

Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Hintere Augenkammer	
Hornhaut	
Pupille	
Linse	
Zonulafasern	
Blutgefäße	
Blinder Fleck	
Sehnerv	
Gelber Fleck	
Netzhaut	
Aderhaut	
Lederhaut	

Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Die Bildentstehung im Auge

1. Fülle die einzelnen Teile des Lückentext aus. Die Begriffe in der Box helfen dir dabei!

Beschrifte sie dann mit den Nummern 1-5 (passend zur Abbildung) und bringe sie durch Ausschneiden und richtiges Einkleben in die richtige Reihenfolge.

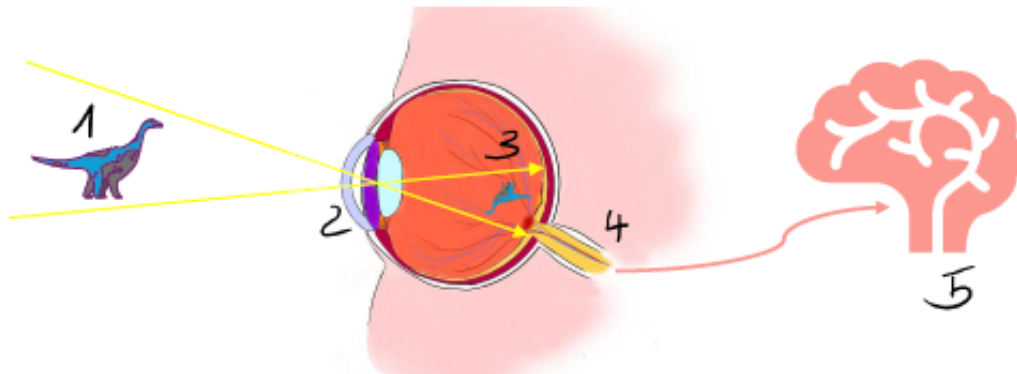


Abbildung 2: Die Bildentstehung im Auge

Quelle: Eigene Darstellung, adaptiert nach Rhcastilhos & Jmarchn (2007), unter CC BY-SA 3.0.

___ Sobald die Lichtstrahlen im Inneren des Auges sind, durchqueren sie die _____. Diese ist elastisch und kann ihre Form verändern, um das Licht richtig auf der _____ zu bündeln. Dieser Vorgang heißt _____.

___ Lichtstrahlen, die von einem _____ reflektiert werden, treffen auf das Auge. Sie gelangen zuerst durch die durchsichtige _____ und die Pupille ins Augeninnere. Die _____ reguliert dabei mit Hilfe der Iris die Menge des einfallenden Lichts, indem sie kleiner oder größer wird.

___ Die entstandenen _____ Signale werden über den _____ weitergeleitet. Sie gelangen über die Nervenbahnen ins _____, genauer gesagt in den visuellen Cortex.

___ Auf der Netzhaut entsteht nun ein kleines, _____ und _____ Bild. Das ist die Folge der Lichtbrechung durch die Linse. Die Netzhaut enthält _____, sogenannte Stäbchen und Zapfen, die auf Lichtreize reagieren. Sie wandeln das Licht in elektrische Signale um, die das Gehirn verarbeiten kann.

___ Im Gehirn werden die Signale _____, _____ und richtig herum _____. So entsteht für uns ein aufrechtes, seitenrichtiges Bild. Außerdem kombiniert das Gehirn die Bilder beider _____ zu einem dreidimensionalen, räumlichen Gesamtbild.

Objekt, Akkommodation, zusammengeführt, Hornhaut, Linse, seitenverkehrtes, Netzhaut, elektrischen, Pupille, Gehirn, Sehnerv, gedreht, auf dem Kopf stehendes, interpretiert, Sinneszellen, Gesichtsfeldhälften

Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Anleitung Protokoll

- Welche Teile soll das Protokoll beinhalten?
 - Titel, Name, Datum
 - Verwendete Geräte und Chemikalien
 - Aufgabenstellung
 - Beschreibt in ein bis zwei Sätzen, was euer Ziel ist.
 - Durchführung
 - Beschreibt sachlich und in ganzen Sätzen, wie ihr bei der Dissektion vorgegangen seid.
 - Verwendet das richtige Vokabular für die anatomischen Strukturen des Auges.
 - Ergebnisse inklusive Bilder
 - Dokumentiert eure Entdeckungen mit Hilfe von Fotos und fügt diese ein.
 - Damit ihr diese nicht im Nachhinein beschriften müsst, könnt ihr die unten zu findenden Zettel unter die anatomische Struktur legen und dann das Bild aufnehmen!
- Weitere Aufgabenstellungen:
 - Bearbeitet während des Sezierens auch das Arbeitsblatt „Die Bildentstehung im Auge“ und seht euch die PowerPoint „Das Auge“ an, um genauer zu verstehen, was ihr da eigentlich vor euch liegen habt!
- Begriffskärtchen zur Beschriftung der Bildaufnahmen:

Hornhaut	Iris	Sehnerv
Netzhaut	Aderhaut	Glaskörper
Linse	Reste der Augenmuskeln/ des Fettgewebes	Lederhaut

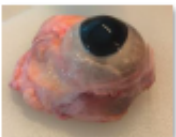
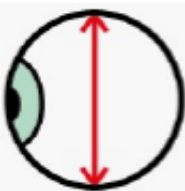
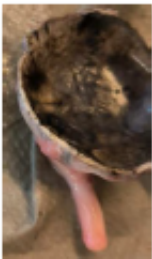
Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Arbeitsanleitung Sezieren

- Ihr benötigt:

Ein frisches Auge	Eine Sezierwanne	Ein großes Becherglas (gefüllt mit Wasser)
Eine Schere	Ein Skalpell	Eine Pinzette

- Arbeitsschritte

Bild	Arbeitsschritt
	1. <u>Der äußere Aufbau des Augapfels</u> Seht euch zuerst das vor euch liegende Auge von außen an. Versucht die Iris, die Pupille, den Sehnerv, die Lederhaut und das noch vorhandene Fett- und Muskelgewebe zu finden. Entfernt letzteres mit Schere und Pinzette.
	2. <u>Durchtrennung des Augapfels</u> Positioniert nun das Auge mit der Pupille und Iris nach links. Ritzt nun mit dem Skalpell von Oben nach unten die Lederhaut des Auges ein. Geht dabei vorsichtig und langsam vor, da ihr sonst die inneren Bestandteile kaputt machen könntet. Schneidet nun mit der Schere einmal rundherum, dort wo ihr bereits eingeritzt habt, sodass ihr das Auge in eine vordere und hintere Hälfte teilt. Legt die vordere Augenhälfte in das mit Wasser gefüllte Becherglas.
	3. <u>Ansehen der hinteren Augenhälfte</u> Auf der Innenseite der hinteren Augenhälfte könnt ihr zuerst die Netzhaut erkennen. Versucht sie mit der Pinzette (eventuell unter Wasser) abzulösen, achtet jedoch darauf, dass sie mit dem Sehnerv verbunden ist und freigeschnitten werden muss. Darunter ist die Pigmentschicht mit der Aderhaut zu erkennen. Versucht auch diese abzulösen, die geht vermutlich jedoch schwieriger. Nun ist nur mehr die Lederhaut zu erkennen. Drückt sie zwischen Daumen und Zeigefinger zusammen, sodass ihr ihre Stabilität fühlt.
	4. <u>Ansehen der vorderen Augenhälfte</u> Nehmt nun die vordere Augenhälfte aus dem Wasser. Nehmt den Glaskörper heraus und beschreibt seine Form und Konsistenz. Nun sollte die Linse inklusive des Ringmuskels, der Zonulafasern und der Iris vor euch liegen. Betrachtet die Linse und legt sie auf einen geschriebenen Text, um zu sehen, wie sie Buchstaben vergrößert. Versucht sie auch zusammenzudrücken und kontrolliert, ob sie sich wirklich einfach verformen lässt. Löst nun die Iris unter Wasser ab und betrachtet auch diese. Versucht auch die Hornhaut zu finden.
	5. <u>Aufräumen</u> Bringt alle Reste in den vorgesehenen Mistkübel vorne. Sie dürfen nicht in den normalen Mistkübel oder Abfluss geworfen werden! Reinigt euren Arbeitsblatt zuerst mit Wasser und dann mit Desinfektionsmittel. Wascht eure benötigten Materialien sorgfältig ab. Wascht eure eigenen Hände gründlich!

Arbeitsmaterial – Das Sinnesorgan Auge

Verwendete Quellen:

- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2018). *Neurowissenschaften: Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie* (A. Engel, Hrsg.; A. Held & M. Niehaus, Übers.; 4. Auflage 2018). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57263-4>.
- Funk, R., & Reiss, G. (2012). Sinnesorgane Auge und Ohr. In F. Anderhuber, F. Pera, & J. Streicher (Hrsg.), *Waldeyer—Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas in einem Band* (19. Auflage).
- Müller, W., Frings, S., & Möhrten, F. (2019). *Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung* (6. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58462-0>.
- Rhcastilhos, & Jmarchn. (2007). *Schematic diagram of the human eye*. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_en.svg (abgerufen am 16.07.2025).
- Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). (2016). Arbeitsblatt 2: Präparation eines Schweineauges. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2016/fb8/4_info/1_sinne/3_auge2/5_ab2/ (abgerufen am 19.07.2025)
- Bilder auf Arbeitsanleitung
 - Augapfel: Eigene Aufnahme (2025)
 - Durchtrennung des Augapfels: Eigene Darstellung (2025)
 - Hintere Augenhälfte: Eigene Aufnahme (2025)
 - Vordere Augenhälfte: Eigene Aufnahme (2025)

10.4 Unterrichtsplanung Frontalunterricht

Sarah Huber

Unterrichtsplanung: Das Sinnesorgan Auge

Gruppe Frontalunterricht

Lehrplaninhalt 4. Klasse HAK:

„Bau und Funktionsweise von Sinnesorganen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025)

1. Stunde - Die Anatomie des menschlichen Auges				
Stundenziele: - Die Schüler:innen lernen die wichtigsten Bestandteile des Auges und ihre Lage kennen. - Die Schüler:innen können die Funktion der Bestandteile des Auges nennen.				
Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, verkünden des neuen Unterrichtsthemas „Das Sinnesorgan Auge“	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Frage ins Plenum: Welche Bestandteile braucht unser Auge zum Sehen? Lehrperson ruft aufzeigende Personen auf und sammelt die Begriffe an der Tafel	Plenum	Tafel, Kreide
10 Minuten	Erarbeitung	Lehrperson zeigt unbeschriftetes Auge auf der PowerPoint, um im ersten Schritt langsam mit den neuen Begriffen vertraut zu machen; Schüler:innen bekommen dieses als	Lehrpersonenvortrag; Einzelarbeit	PowerPoint „Das Auge“, Hefte, Arbeitsblatt „Die Anatomie des Auges“

Sarah Huber

12011271

13.07.20205

			Kopie ausgeteilt; Lehrperson lässt nach der Reihe die Begriffe erscheinen und erklärt die Teile kurz (und streicht dabei die von den Schüler:innen zuvor genannten Begriffe weg); Schüler:innen ergänzen die Beschriftung		
20 Minuten	Erarbeitung		Lehrperson erklärt die Teile des Auges erneut und schreibt ihre Funktion an die Tafel, Schüler:innen schreiben diese ab	Lehrpersonenvortrag; Einzelarbeit	Tafel, Kreide, Hefte
10 Minuten	Sicherung		Schüler:innen schließen die Hefte; Lehrperson ruft einzelne Personen auf, zeigt auf ein anatomisches Merkmal und Schüler:in antwortet, um welche Struktur es sich handelt und welche Aufgabe diese hat	Plenum	Tafel, anatomische Skizze des Auges

2. Stunde – Das Licht und der Weg des Lichts durch das Auge				
Stundenziele: - Die Schüler:innen erinnern sich an die Unterrichtsinhalte zum Thema Licht aus der 3. Klasse HAK. - Die Schüler:innen können die Brechung in eigenen Worten beschreiben. - Die Schüler:innen kennen den Weg des Lichts durch das menschliche Auge.				
Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, Schüler:innen lesen sich parallel dazu den Hefteintrag der letzten Stunde durch	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Eine bis zwei Personen aus dem Plenum wiederholen die Inhalte der letzten Stunde anhand der Skizze auf der PowerPoint, sodass alle wieder auf demselben Stand sind; Lehrperson ergänzt fehlende Inhalte	Plenum	PowerPoint „Das Auge“
20 Minuten	Einstieg	Die Lehrperson wiederholt die wichtigsten Fakten zum Thema Licht und der Brechung von Licht; Die Schüler:innen schreiben die PowerPoint Folien ab	Lehrpersonenvortrag	PowerPoint „Das Auge“

10 Minuten	Erarbeitung	Lehrperson zeichnet den Weg in eine minimalistische Skizze an der Tafel ein und erklärt anhand des Pfeildiagramms, welchen Weg das Licht im Auge nimmt und welche Rolle das Licht beim Fokussieren hat; Schüler:innen hören und sehen zu	Lehrpersonenvortrag	Tafel, Kreide
5 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Schüler:innen übertragen die Zeichnung inklusive Beschriftung ins Heft	Einzelarbeit	Tafelskizze, Heft
5 Minuten	Sicherung	Schüler:innen schreiben zusammen mit Sitznachbar:in den Weg des Lichts mit eigenen Worten. aber unter Verwendung des erlernten Vokabulars, unter das eingeklebte Blatt	Partner:innenarbeit	Heft, Arbeitsblatt „Der Weg des Lichts“,

3. Stunde – Sehvorgang und Bildentstehung				
Stundenziele: • Die Schüler:innen kennen und verstehen die Begriffe Fotorezeptoren und Signalweiterleitung. • Die Schüler:innen verstehen, wie Lichtreize in elektrische Signale umgewandelt werden und im Gehirn verarbeitet werden. • Die Schüler:innen können den Sehvorgang und die Bildentstehung stark vereinfacht erklären.				
Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, Schüler:innen lesen sich parallel dazu den Hefteintrag der letzten Stunde durch	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Eine bis zwei Personen aus dem Plenum wiederholen die Inhalte der letzten Stunde anhand der Skizze auf der PowerPoint, sodass alle wieder auf demselben Stand sind; Lehrperson ergänzt fehlende Inhalte	Plenum	PowerPoint „Das Auge“
25 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Lehrkraft skizziert und erklärt den Aufbau der Netzhaut und die Umwandlung des Lichts in elektrische Impulse und die Bildentstehung im Auge ; Schüler:innen	Plenum	PowerPoint „Das Auge“

		schreiben nach der Erklärung den Text dazu von PowerPoint ab		
15 Minuten	Sicherung	Schüler:innen füllen das Arbeitsblatt „Die Bildentstehung im Auge“ aus und vergleichen dieses mit den Mitschriften im Heft	Einzelarbeit	Arbeitsblatt „Die Bildentstehung im Auge“

4. Stunde – Wiederholung inklusive Alltagsbezug

Stundenziele:

- Die Schüler:innen wiederholen und festigen die Erkenntnisse aus den letzten drei Stunden.
- Die Schüler:innen wenden ihr Wissen auf alltägliche Beobachtungen an.

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, Schüler:innen lesen sich parallel dazu den Hefteintrag der letzten Stunde durch	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Eine bis zwei Personen aus dem Plenum wiederholen die Inhalte der letzten Stunde anhand der Skizze auf der PowerPoint, sodass alle wieder auf	Plenum	PowerPoint „Das Auge“

		demselben Stand sind; Lehrperson ergänzt fehlende Inhalte		
20 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Lehrperson präsentiert mit Hilfe der PowerPoint nach der Reihe Alltagssituationen rund um das Sehen und fragt ins Plenum, wie sich diese, anhand der Informationen aus den letzten Einheiten, begründen lassen; Aufzeigende Schüler:innen erklären das Phänomen und machen sich Notizen im Heft	Plenum	PowerPoint „Das Auge“; Tafel, Kreide, Heft
20 Minuten	Sicherung	Lehrperson stellt die Frage ins Plenum, was die Schüler:innen sich zum Thema Auge gemerkt haben; Lehrperson erstellt anhand der Antworten eine Mindmap an der Tafel, die die Schüler:innen abzeichnen	Plenum	Tafel, Kreide, Heft

10.5 Unterrichtsplanung Seziergruppe

Sarah Huber

Unterrichtsplanung: Das Sinnesorgan Auge

Gruppe Dissektion

Lehrplaninhalt 4. Klasse HAK:

„Bau und Funktionsweise von Sinnesorganen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2025)

1. Stunde - Die Anatomie des menschlichen Auges				
Stundenziele:				
- Die Schüler:innen lernen die wichtigsten Bestandteile des Auges und ihre Lage kennen. - Die Schüler:innen können die Funktion der Bestandteile des Auges nennen.				
Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, verkünden des neuen Unterrichtsthemas „Das Sinnesorgan Auge“	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Frage ins Plenum: Welche Bestandteile braucht unser Auge zum Sehen? Lehrperson ruft aufzeigende Personen auf und sammelt die Begriffe an der Tafel	Plenum	Tafel, Kreide
10 Minuten	Erarbeitung	Lehrperson zeigt unbeschriftetes Auge auf der PowerPoint, um im ersten Schritt langsam mit den neuen Begriffen vertraut zu machen; Schüler:innen bekommen dieses als	Lehrpersonenvortrag; Einzelarbeit	PowerPoint „Das Auge“, Hefte, Arbeitsblatt „Die Anatomie des Auges“

Sarah Huber

12011271

14.07.20205

		Kopie ausgeteilt; Lehrperson lässt nach der Reihe die Begriffe erscheinen und erklärt die Teile kurz (und streicht dabei die von den Schüler:innen zuvor genannten Begriffe weg); Schüler:innen ergänzen die Beschriftung		
20 Minuten	Erarbeitung	Lehrperson erklärt die Teile des Auges erneut und schreibt ihre Funktion an die Tafel, Schüler:innen schreiben diese ab	Lehrpersonenvortrag; Einzelarbeit	Tafel, Kreide, Hefte
5 Minuten	Erarbeitung	Lehrperson erklärt kurz anhand einer Skizze den Weg des Lichts durch das Auge; Schüler:innen vermerken diese Informationen im Heft	Plenum	Tafel, Kreide, Hefte
5 Minuten	Sicherung	Schüler:innen schließen die Hefte; Lehrperson ruft einzelne Personen auf, zeigt auf ein anatomisches Merkmal und Schüler:in antwortet, um welche Struktur es	Plenum	Tafel, anatomische Skizze des Auges

		sich handelt und welche Aufgabe diese hat	
--	--	---	--

2. Stunde – Das Licht und die Dissektion des Auges Teil 1 der Doppelstunde				
Stundenziele: - Die Schüler:innen erinnern sich an die Unterrichtsinhalte zum Thema Licht aus der 3. Klasse HAK. - Die Schüler:innen kennen und halten die Sicherheitsvorkehrungen für das Sezieren ein. - Die Schüler:innen können die Brechung in eigenen Worten beschreiben. - Die Schüler:innen kennen den Weg des Lichts durch das menschliche Auge. - Die Schüler:innen können die, in der Theorie gelernten, anatomischen Strukturen des Auges am Präparat erkennen.				
Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, Schüler:innen lesen sich parallel dazu den Hefteintrag der letzten Stunde durch	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Lehrperson erklärt die Sicherheitsvorkehrungen für die Dissektion, die benötigten Materialien werden kurz vorgestellt, hergezeigt, jedoch noch nicht ausgeteilt; Es wird darauf hingewiesen, dass niemand zum Sezieren gezwungen wird, jede	Lehrpersonenvortrag	PowerPoint „Das Auge“

		Person jedoch zusehen sollte		
10 Minuten	Einstieg	Lehrperson zeigt ein Video der Dissektion, damit die Schüler:innen bereits davor einen genauen Plan für die Durchführung haben	Plenum	Kamps, L. (2024): Der Blick ins Auge - Sezieren eines Schweineauges: https://www.youtube.com/watch?v=cgg-kfkV_AQ&ab_channel=LisaKamps (abgerufen am 15.07.2025).
5 Minuten	Erarbeitung	Die Schüler:innen bekommen die Arbeitsanleitung, die zu behandeln den Arbeitsblätter und eine Anleitung für das Protokoll ausgeteilt, die in den nächsten 1,5 Unterrichtseinheiten zu bearbeiten sind; Die Schüler:innen teilen sich in Zweiertteams auf du holen sich das notwendige Material und beginnen mit der Dissektion	Partner:innenarbeit	Ein frisches Auge pro Zweiertteam, Sezierwanne, Becherglas (gefüllt mit Wasser), Schere, Skalpell, Pinzette, Arbeitsblätter: „Arbeitsanleitung Sezieren“ „Die Anatomie des Auges“ „Die Bildentstehung im Auge“ „Anleitung Protokoll“
25 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Durchführung der Dissektion und Bearbeitung der	Partner:innenarbeit	Ein frisches Auge pro Zweiertteam, Sezierwanne, Becherglas

		Arbeitsblätter; Die Lehrperson hilft den einzelnen Gruppen bei Schwierigkeiten und beantwortet Fragen zum Vorgehen und zu den zu bearbeitenden Arbeitsblättern		(gefüllt mit Wasser), Schere, Skalpell, Pinzette, Arbeitsblätter: „Arbeitsanleitung Sezieren“ „Die Anatomie des Auges“ „Die Bildentstehung im Auge“ „Anleitung Protokoll“
--	--	--	--	---

3. Stunde – Das Licht und die Dissektion des Auges Teil 2 der Doppelstunde

Stundenziele:

- Die Schüler:innen kennen und halten die Sicherheitsvorkehrungen für das Sezieren ein.
- Die Schüler:innen kennen den Weg des Lichts durch das menschliche Auge.
- Die Schüler:innen können die, in der Theorie gelernten, anatomischen Strukturen des Auges am Präparat erkennen.
- Die Schüler:innen können gemeinsam ein Protokoll zur Dissektion erstellen.

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
10 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Durchführung der Dissektion und Bearbeitung der Arbeitsblätter; Die Lehrperson hilft den einzelnen Gruppen bei Schwierigkeiten und	Partner:innenarbeit	Ein frisches Auge pro Zweierteam, Sezierwanne, Becherglas (gefüllt mit Wasser), Schere, Skalpell, Pinzette, Arbeitsblätter: „Arbeitsanleitung Sezieren“

		beantwortet Fragen zum Vorgehen und zu den zu bearbeitenden Arbeitsblättern		„Die Anatomie des Auges“ „Die Bildentstehung im Auge“
30 Minuten	Sicherung	Erstellung bzw. Fertigstellung des Protokolls	Partner:innenarbeit	„Anleitung Protokoll“ „Anleitung Protokoll“, Fotos der Dissektion
10 Minuten	Sicherung	Aufräumen, Putzen und Verstauen der verwendeten Materialien; Säubern der Tische	Plenum	Flächendesinfektionsmittel, Handdesinfektionsmittel, Putzmittel, Küchenrolle, Müllsack

4. Stunde – Wiederholung

Stundenziele:

- Die Schüler:innen wiederholen und festigen die Erkenntnisse aus den letzten drei Stunden.
- Die Schüler:innen hinterfragen und verifizieren oder falsifizieren und korrigieren ihre eigenen Erkenntnisse.

Zeit	Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Material
5 Minuten	Einstieg	Anwesenheit kontrollieren, Schüler:innen lesen sich parallel dazu das Protokoll der letzten Doppelstunde durch	Plenum	-
5 Minuten	Einstieg	Think-Pair-Share: Was habe ich während der Dissektion gut erkannt und was gar nicht?	Einzelarbeit, Partner:innenarbeit, Gruppenarbeit	PowerPoint „Das Auge“

		Wo hatte ich Schwierigkeiten? Was fand ich spannend? Wie hat mir das Sezieren insgesamt gefallen?		
15 Minuten	Sicherung	Vergleichen der Arbeitsblätter im Plenum	Plenum	Bearbeitete Arbeitsblätter der Schüler:innen
10 Minuten	Erarbeitung/Sicherung	Die Schüler:innen erhalten Alltagssituationen rund um das Sehen über die sie sich in Zweiertteams, anhand der Informationen aus den letzten Einheiten und dem Sezieren, austauschen sollen; Sie machen sich stichwortartige Notizen dazu ins Heft	Partner:innenarbeit	PowerPoint „Das Auge“; Stift, Heft
10 Minuten	Sicherung	Die Ergebnisse der Partner:innenarbeit werden im Plenum besprochen und falls nötig korrigiert	Plenum	PowerPoint „Das Auge“; Notizen der Schüler:innen
5 Minuten	Sicherung	Jede Person überlegt sich zwei Wahrheiten und eine Lüge rund um das Auge; Sitznachbar:in muss die Lüge finden	Einzelarbeit, Partner:innenarbeit	Heft