



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

**„Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema
Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung)“**

verfasst von / submitted by

Sebastian Vogt

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 445 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde
UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Danksagung

Vom ersten Entschluss an, diesen zweiten Bildungsweg einzuschlagen, bis zu diesem Moment, in dem ich diese Danksagung im Rahmen meiner Diplomarbeit verfasse, konnte ich mich stets auf die Unterstützung meiner Familie, Freunde und Wegbegleiter verlassen. Ich möchte mich bei allen, die mich ein Stück auf dieser Reise begleitet haben, herzlich bedanken.

Dass diese Reise überhaupt möglich war und nun auch zu Ende gehen kann, habe ich einigen Menschen zu verdanken, die ich hier an dieser Stelle explizit erwähnen möchte.

Zuallererst möchte ich meinem Betreuer Mag. Dr. Thomas Plotz, der diese Arbeit ermöglicht hat und mich auf dieses interessante Thema gebracht hat, für alle guten Ratschläge, sowie die ausgezeichnete und unkomplizierte Betreuung bedanken.

Ich möchte mich recht herzlich bei allen Schülern und Schülerinnen, die einen großen Teil dazu beigetragen haben, das Unterrichtsmaterial bis zur heutigen Form zu entwickeln, bedanken. Dank gebührt auch allen Lehrpersonen, die es mir ermöglichten, das noch unausgereifte Material an ihren Schülern und Schülerinnen zu testen.

Ohne den Rückhalt und die Unterstützung meiner gesamten Familie hätte ich es vor fünf Jahren wahrscheinlich nicht gewagt noch ein Studium zu beginnen. Besonderer Dank gilt dabei meinen Eltern, die mir diese Chance ermöglicht haben und nie an dieser Entscheidung gezweifelt haben. Ich möchte mich auch herzlichst bei meinen Eltern und Schwiegereltern für die Betreuung meiner Kinder, während ich Zeit zum Lernen benötigte, bedanken. Ein großes Dankeschön auch an meine Schwiegermutter für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Der größte Dank dieser Welt gebührt meiner lieben Frau. Sie hat alle Höhen und Tiefen, die dieses Studium mit sich gebracht hat, mit mir durchgestanden und stets Verständnis für mein Unterfangen aufgebracht. Ohne sie wäre diese Reise vermutlich ziemlich schnell wieder zu Ende gewesen, denn sie hat mir jeden Tag die Kraft und Motivation, die nötig war um dieses Studium in unserer Situation und in dieser Form zu absolvieren, gegeben. Ein riesiges Dankeschön möchte ich hier auch meinen Kindern widmen: Ihr seid die Allergrößten für mich!

Wr. Neustadt, Mai 2018

Zusammenfassung

Da wir in der heutigen Zeit so gut wie ständig von elektromagnetischer Strahlung umgeben sind, ergibt sich ein starker Alltagsbezug und eine gesellschaftliche Relevanz aufgrund derer das Thema Strahlung im Physikunterricht verstärkt behandelt werden sollte. Diese Arbeit setzte sich zum Ziel, Unterrichtsmaterial für eine schülerzentrierte Einheit zum Thema Ultraviolettstrahlung zu entwickeln. Durch die Wahl des ‚Design-Based Research‘ Ansatzes als Forschungsdesign für diese Arbeit konnte eine Verbindung zwischen Grundlagenforschung und anwendungsbezogener Forschung hergestellt werden und dabei konkrete Probleme aus der Praxis durch einen theorieorientierten Prozess gelöst werden. In einem sich wiederholenden Zyklus aus Entwicklung und Evaluation, sowie Analyse und Überarbeitung des Materials wurde dieses an die Bedürfnisse der Schüler und Schülerinnen angepasst und verbessert. In den einzelnen Entwicklungszyklen wurden durch qualitative Methoden, wie Schülerinterviews, teilnehmende Beobachtung, ausgefüllte Arbeitsblätter und der Think-Aloud Methode, Daten erhoben. Im Rahmen der Datenanalyse wurde vor allem darauf geachtet, im Material vorhandene Bearbeitungs- und Verständnisschwierigkeiten der Schüler und Schülerinnen zu erkennen und diese durch Überarbeitungen zu beheben.

Im Zuge dieser Entwicklungsschritte ist ein empirisch erprobtes Lernmaterial zum Thema Ultraviolettstrahlung entstanden, das von Schülern und Schülerinnen selbstständig bearbeitet und direkt im Regelunterricht eingesetzt werden kann. Die tatsächliche Lernwirksamkeit des entwickelten Unterrichtsmaterials wurde im Laufe dieser Arbeit nicht erhoben.

Abstract

Due to the fact that we are at present constantly surrounded by electromagnetic radiation a direct reference to our daily lives and a social relevance ensue, both underscoring the reason as to why the topic ‘Radiation’ has to be dealt with in greater detail in Physics lessons. The following thesis predominantly focuses on compiling teaching material for a pupil-oriented unit on the topic of ultraviolet radiation. By adopting the ‘Design-Based Research’ approach for this particular thesis a connection between fundamental research and applied research could be established to therefore solve concrete practical issues by means of a theory based process. The conclusive teaching material has been adapted and improved to the needs of the pupils based on a continuous cycle of development and evaluation, as well as, the analysis and

revision of materials. Furthermore, during the individual developmental cycles data has been acquired through the use of qualitative methods, such as interviews with pupils, participant observation, completed worksheets, and the Think-Aloud Method. As part of the data analysis it has been essential to discern and ultimately remedy existing pupils' difficulties with the preparation and the understanding of the given materials.

In the course of the aforementioned developmental steps an empirically tested learning material on the topic of ultraviolet radiation has been accumulated which pupils can use independently during lessons. The actual learning effectiveness of the developed teaching material has not been tested during the composition of this thesis.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	10
2. Theoretischer Hintergrund	12
2.1. Fachliche Klärung.....	12
2.1.1. Elektromagnetische Strahlung	13
2.1.2. Einordnen der UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum.....	15
2.1.3. Entdeckung der UV-Strahlung	16
2.1.4. UV-Strahlungsquellen.....	17
2.1.5. Wechselwirkung von UV-Strahlung mit Materie.....	19
2.1.6. Anwendungsbereiche der UV-Strahlung	23
2.1.7. Gefahren durch UV-Strahlung	25
2.1.8. Schutz vor UV-Strahlung.....	27
2.1.9. Schlussfolgerungen aus der fachlichen Klärung	29
2.2. Theorien und Methoden der Physikdidaktik.....	30
2.2.1. Didaktische Analyse.....	31
2.2.2. Die didaktische Rekonstruktion.....	33
2.2.3. Schülervorstellungen	35
2.2.4. Schülerzentriertes Lernen an Stationen.....	41
2.2.5. Experimente im Physikunterricht.....	43
2.2.6. POE-Methode	46
2.2.7. Die Bildergeschichte im Unterricht	47
2.2.8. Sicherungsmethode Kreuzworträtsel.....	49
3. Forschungsdesign.....	51
3.1. Design-Based Research	51
3.2. Analysemethoden	54
3.2.1. Die Think Aloud Methode.....	54
3.2.2. Das Interview.....	56
3.2.3. Die teilnehmende Beobachtung.....	57
3.3. Die qualitativen Auswertungsverfahren	59
3.3.1. Aufbereitung qualitativer Daten	59
3.3.2. Transkriptionsverfahren	60

3.3.3. Die qualitative Inhaltsanalyse	61
4. Das entwickelte Unterrichtskonzept	62
4.1. Überblick über die Entwicklungszyklen	62
4.2. Das Ausgangsmaterial	64
4.2.1. Didaktische Analyse	64
4.2.2. Stundenplanung	71
4.2.3. Entwicklung des Ausgangsmaterials	76
5. Entwicklungszyklus 1	78
5.1. Methodischer Zugang und Durchführung	79
5.1.1. Teilnehmende Beobachtung	79
5.1.2. Bearbeitete Arbeitsblätter	81
5.1.3. Interviews	82
5.2. Analyse der Daten	83
5.2.1. Teilnehmende Beobachtung	83
5.2.2. Ausgefüllte Arbeitsblätter	86
5.2.3. Kurzinterviews	88
5.3. Erste Überarbeitung des Materials	89
5.3.1. Allgemeine Erkenntnisse	89
5.3.2. Station 1 – Das elektromagnetische Spektrum und UV-Strahlung	91
5.3.3. Station 2 – Absorption und Transmission von UV-Strahlung	93
5.3.4. Station 3 - Reflexion von UV-Strahlung	94
6. Entwicklungszyklus 2	96
6.1. Methodischer Zugang und Durchführung	96
6.1.1. Die Think-Aloud Methode	96
6.1.2. Aufbereitung der Daten durch Transkription	97
6.1.3. Qualitative Textanalyse	98
6.2. Analyse der Daten	99
6.2.1. Station 1	99
6.2.2. Station 2	101
6.2.3. Station 3	104
6.3. Zweite Überarbeitung des Materials	107
6.3.1. Station 1	107

6.3.2. Station 2	109
6.3.3. Station 3	111
6.4. Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	112
 7. Diskussion.....	 113
7.1. Allgemein.....	113
7.2. Gewonnene Erkenntnisse in Bezug auf vorangegangene Literatur	114
7.3. Erhobene Schülervorstellungen	116
7.4. Ausblick.....	118
 8. Literaturverzeichnis	 120
8.1. Internetquellen.....	124
8.2. Bildquellen.....	125
 9. Anhang	 126
9.1. Ausgangsmaterial	126
9.2. Entwicklungszyklus 1	141
9.2.1. Arbeitsblätter und Lösungsblätter	141
9.2.2. Transkripte Kurzinterviews.....	155
9.3. Entwicklungszyklus 2	158
9.3.1 Transkripte Think Alouds.....	158
9.3.2. Arbeitsblätter und Lösungsblätter	181

1. Einleitung

Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent und umgibt uns Menschen seit jeher. Lange Zeit war der Mensch ausschließlich elektromagnetischer Strahlung natürlichen Ursprungs ausgesetzt, dies hat sich in den letzten Jahrzehnten drastisch verändert. Aus unserem heutigen Alltag ist der Nutzen, den wir aus den verschiedenen Strahlungsarten in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten ziehen, nicht mehr wegzudenken. So basiert etwa ein Großteil der heutigen Kommunikationsformen auf der Datenübertragung mittels elektromagnetischer Strahlung. Neben diesen vorteilhaften technischen Errungenschaften, die die heutige Gesellschaft prägen, geht aber auch stets eine gewisse Gefahr für den menschlichen Körper von Strahlung aus. Trotz diesem starken Alltagsbezug und dem gesellschaftsrelevanten Kontext sind die meisten Strahlungsarten des elektromagnetischen Spektrums gar nicht bis kaum im österreichischen Lehrplan vertreten.

Im Zuge dieser Diplomarbeit sollen für die Sekundarstufe I, genauer für die 8. Schulstufe, Unterrichtsmaterialien zur Ultraviolettstrahlung, einem der Bereiche des elektromagnetischen Spektrums, entwickelt werden. Dabei soll das Lernmaterial einen schülerzentrierten Unterricht ermöglichen, um dies umzusetzen, basiert das Konzept der Unterrichtseinheit auf einem Stationenbetrieb. Dabei sollen vor allem folgende zwei Lernziele erreicht werden:

- Die Schüler und Schülerinnen können die wichtigsten Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung nennen und die UV-Strahlung im Spektrum richtig einordnen.
- Schüler und Schülerinnen können die ihnen bereits vom sichtbaren Licht bekannten Phänomene der Absorption, Reflexion und Transmission auf die UV-Strahlung übertragen und deren Auswirkungen auf das alltägliche Leben besser verstehen.

Das entwickelte Unterrichtskonzept orientiert sich an den neuesten Erkenntnissen der fachdidaktischen Forschung und baut dabei auf bereits vorhandene Arbeiten zu diesem Thema auf.

Mit Hilfe der Forschungsmethode des ‚Design-Based Research‘, das als theorieorientierter Prozess für die Lösung von konkreten Problemen aus der Praxis verstanden wird, soll das erstellte Ausgangsmaterial in sich wiederholenden Zyklen weiterentwickelt werden. Dabei ist das Ziel durch die mehrmalige Evaluation und Überarbeitung, Schwierigkeiten und Verständnisprobleme der Schüler und Schülerinnen zu beseitigen. Am Ende dieses Entwicklungsprozesses soll ein empirisch erprobtes Unterrichtsmaterial zum Thema UV-Strahlung stehen, das aufgrund der praktisch gesammelten Erfahrungen direkt in der Schule einsetzbar ist.

Die Diplomarbeit ist wie folgt gegliedert:

- *Kapitel 2* soll die wichtigsten theoretischen Hintergründe über die fachlichen und fachdidaktischen Grundlagen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, erläutern. In *Kapitel 2.1.* werden im Zuge der fachlichen Klärung der elektromagnetischen Strahlung und im speziellen der UV-Strahlung die wichtigsten Konzepte vorgestellt. In *Kapitel 2.2.* werden der aktuelle Stand der Physikdidaktik, sowie Theorien und Methoden, die in dieser Arbeit zur Anwendung kommen, beschrieben.
- *Kapitel 3* stellt das Forschungsdesign, den ‚Design-Based Research‘ Ansatz vor, der für die Entwicklung des Unterrichtsmaterials gewählt wurde. Weiters werden die verwendeten Methoden zur Datenerhebung und -analyse vorgestellt.
- *Kapitel 4, 5 und 6* beschreiben die einzelnen Entwicklungsschritte des Materials, ausgehend von der Entstehung des Ausgangsmaterials bis hin zum fertigen empirisch erprobten Lernmaterial.
- *Kapitel 7* beschreibt die wichtigsten Erkenntnisse, die im Laufe des Entwicklungsprozesses entstanden sind und gibt einen kurzen Überblick über Schülervorstellungen, die im Zuge dieser Arbeiten aufgetreten sind.
- Im *Anhang* dieser Arbeit befinden sich die Versionen des Unterrichtsmaterials der einzelnen Entwicklungsschritte, sowie die Transkripte der Think-Alouds und der geführten Kurzinterviews.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Fachliche Klärung

Die in diesem Kapitel vorgenommene fachliche Klärung ist, neben der Erfassung von Schülerperspektiven und der didaktischen Strukturierung, einer der drei Bestandteile des fachdidaktischen Triplets der didaktischen Rekonstruktion, auf die im Kapitel 2.2.2. genauer eingegangen wird (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 3). Die fachliche Klärung wird als Kernpunkt jeder didaktischen Entwicklung angesehen, dabei wird das im Unterricht behandelte Thema aus einer fachlichen und wissenschaftlichen Sichtweise analysiert (vgl. Plotz, 2017, S. 22). Im Zuge der fachlichen Klärung werden die wichtigsten physikalischen Konzepte eines Unterrichtsthemas erarbeitet und diese einer inhaltlichen Elementarisierung unterzogen. Komplizierte und komplexe Sachverhalte zu vermitteln, das verlangt eine Konzentration auf Wesentliches, eine Vereinfachung und eine Unterteilung des Stoffes in adressatengerechte Sinneinheiten und Lernschritte (Hopf & Wiesner, 2011, S.72).

Bei der fachlichen Klärung werden die wichtigsten theoretischen physikalischen Hintergründe, auf denen das entwickelte Unterrichtsmaterial basiert, vorgestellt. Dabei stehen einerseits die allgemeinen Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung und die einzelnen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums, sowie deren Klassifikation, im Mittelpunkt. Andererseits wird die UV-Strahlung genauer behandelt, da sich der Großteil, des in dieser Arbeit entwickelten Unterrichtsmaterials, auf diese Strahlungsart bezieht. Dabei stehen folgende Aspekte im Fokus: wo und wie wird die UV-Strahlung in das elektromagnetische Spektrum eingeordnet, welche Quellen können UV-Strahlung erzeugen und wie verhält sich UV-Strahlung bei der Wechselwirkung mit Materie. Außerdem wird auf die Effekte der UV-Strahlung auf den menschlichen Körper eingegangen und vor allem darauf, wie man sich vor UV-Strahlung schützen kann. Es werden technische, wirtschaftliche und medizinische Anwendungsgebiete, die heute schon unseren Alltag maßgeblich beeinflussen, beschrieben und Methoden vorgestellt, durch die UV-Strahlung in Zukunft eine noch größere Rolle in unserem Leben spielen könnte.

2.1.1. Elektromagnetische Strahlung

Das Wissen über die grundlegenden Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung stellt die Grundlage dar, um die verschiedenen Strahlungsarten differenzieren und auftretende physikalische Phänomene erklären zu können.

Die elektromagnetische Strahlung beschreibt die Übertragung von Energie durch elektromagnetische Wellen. Dabei setzen sich die elektromagnetischen Wellen aus miteinander verknüpften elektrischen und magnetischen Feldern zusammen. Die beiden Felder stehen senkrecht aufeinander und senkrecht auf die Ausbreitungsrichtung der Welle, daher werden elektromagnetische Wellen als Transversalwellen bezeichnet. Somit unterscheidet sich die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung wesentlich vom Schall, dessen Wellen sich longitudinal ausbreiten, also in Ausbreitungsrichtung schwingen. Zur näheren Beschreibung einer Lichtwelle wird gewöhnlich das elektrische Feld herangezogen, da dieses normalerweise wesentlich größer als das magnetische ist (vgl. Gerhard, 2016, S. 9). Die Felder sind zueinander in Phase und dabei sind an jedem Ort des Raumes und zu jedem Zeitpunkt die Feldstärken durch folgende Formel verknüpft (vgl. Tipler und Mosca, 2015, S. 988):

$$E = c * B$$

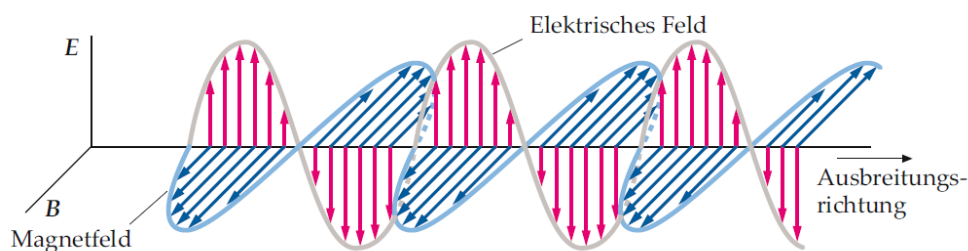


Abbildung 1: Elektrischer und magnetischer Feldvektor einer elektromagnetischen Welle
(Quelle: Tipler und Mosca, 2015, S. 988)

Elektromagnetische Strahlung benötigt für die Ausbreitung kein Medium. Jede elektromagnetische Strahlung breitet sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus. Da elektromagnetische Strahlung omnipräsent ist und uns je nach Strahlungsart in

unterschiedlicher Intensität ständig umfließt, kann von einer hohen Relevanz dieses Themas für den Unterricht ausgegangen werden (vgl. Plotz, 2016a, S. 3). Die elektromagnetischen Wellen lassen sich aufgrund ihrer Wellenlänge und Frequenz in unterschiedliche Abschnitte einteilen. Das Produkt aus Wellenlänge und Frequenz ist dabei jeweils gleich der Lichtgeschwindigkeit: $\nu * \lambda = c$ (Tipler und Mosca, 2015, S. 989). Die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen kann mit Hilfe des elektromagnetischen Spektrums dargestellt werden.

Grundsätzlich kann die elektromagnetische Strahlung sowohl über das Teilchenbild, bei dem die elektromagnetischen Wellen aus diskreten, masselosen Einheiten, den sogenannten Photonen, bestehen, als auch über das Wellenbild erklärt werden (vgl. Knight, Jones und Field, 2015, S. 824). Aufgrund des Vorwissens der Schüler und Schülerinnen, über Wasserwellen und mechanische Wellen, wird in dieser Arbeit das Wellenbild als vorrangiges Modell zur Erklärung der elektromagnetischen Strahlung herangezogen. Die Beschreibung vieler Phänomene ist mit Hilfe des Wellenbildes für Schüler und Schülerinnen leichter verständlich, außerdem fehlt im Zuge des entwickelten Unterrichtskonzeptes die nötige Zeit um das Teilchenbild als neues Modell zur elektromagnetischen Strahlung einzuführen (vgl. Plotz, 2017b, S.37f).

Die UV-Strahlung fällt in einen Teilbereich des elektromagnetischen Spektrums, der als optische Strahlung bezeichnet wird. Dieser Bereich umfasst die Spektralbereiche mit Wellenlängen zwischen 100 nm und 1 mm und beinhaltet somit folgende Strahlungsarten: die Ultraviolette Strahlung, das sichtbare Licht und die Infrarot-Strahlung. Die Grenzwellenlängen dieser Spektralbereiche werden durch unterschiedliche physikalische, chemische oder biologische Wirkungen der Strahlung bestimmt (vgl. Lüders & von Oppen, 2015, S. 355).

In der folgenden Tabelle wird die Untergliederung der optischen Strahlung, sowie die Wellenlängen- und Frequenzbereiche dargestellt.

Symbol	Bezeichnung	Wellenlängenbereich in nm	Frequenzbereich in THz
EUV	Extremes Vakuum- Ultraviolett	1 – 100	$3 \cdot 10^5$ – 3000
VUV	Vakuum-Ultraviolett	100 – 200	3000 – 1500
UV-C	Fernes Ultraviolett	200 – 280	1500 – 1070
UV-B	Mittleres Ultraviolett	280 – 315	1070 – 952
UV-A	Nahes Ultraviolett	315 – 380	952 – 789
VIS	Sichtbarer Bereich	380 – 780	789 – 384
IR-A	Nahes Infrarot	780 – 1400	384 – 214
IR-B	Mittleres Infrarot	1400 – 3000	214 – 100
IR-C	Fernes Infrarot	3000 – 10^6	100 – 0.3

Tabelle 1: Untergliederung der optischen Strahlung Quelle: (Lüders & von Oppen, 2015, S. 355)

2.1.2. Einordnen der UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum

Im elektromagnetischen Spektrum sind alle verschiedenen Arten der elektromagnetischen Strahlung aufgrund ihrer Wellenlänge, Frequenz oder transportierten Energie eingeordnet. Folgende Strahlungsarten sind unter anderem in diesem Spektrum zu finden: Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, sichtbares Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellen, Radiowellen, TV- und Funk-Wellenbereich (vgl. Abb. 2).

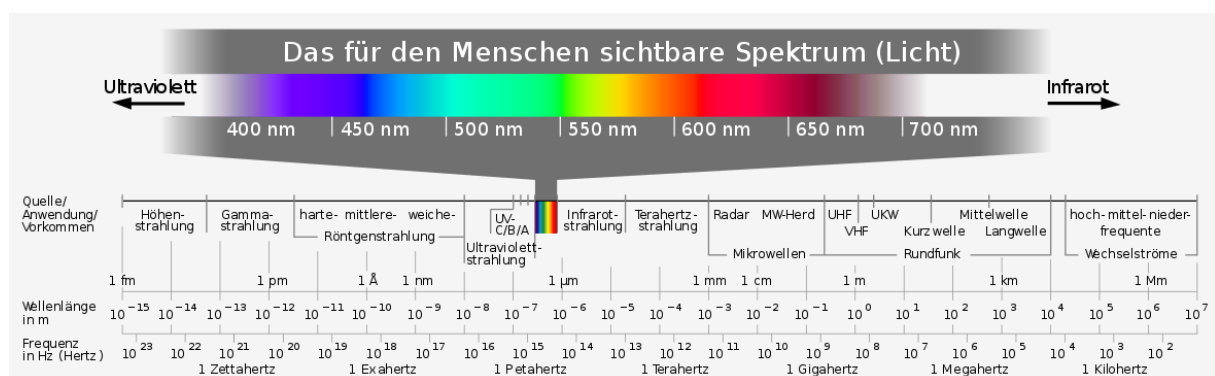


Abbildung 2: Das elektromagnetische Spektrum

(Quelle: Von Horst Frank / Phrood / Anony - Horst Frank, Jailbird and Phrood, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606>)

Die UV-Strahlung schließt im elektromagnetischen Spektrum einerseits an das sichtbare Licht, genauer an den violetten Anteil mit einer größeren Wellenlänge als die UV-Strahlung an, und andererseits an die Röntgenstrahlung mit einer kürzeren Wellenlänge. In der Literatur sind für die UV-Strahlung leicht unterschiedliche Abgrenzungen im elektromagnetischen Spektrum zu finden. Häufig wird angegeben, dass die UV-Strahlung den Abschnitt des Spektrums zwischen den Wellenlängen von 100 – 400 nm umfasst. Dieser Bereich kann weiters in drei Unterbereiche gegliedert werden, die UVA (315 – 400 nm), UVB (280 – 315 nm) und UVC (100 – 280 nm) bezeichnet werden (World Health Organization, 2002, S. 1). Diese drei Unterkategorien der UV-Strahlung zeichnen sich durch unterschiedliche physikalische und biologische Eigenschaften aus, die in den folgenden Kapiteln genauer erläutert werden. So zählt etwa die UVC-Strahlung bereits zu den ionisierenden Strahlungen, wobei UVA und UVB zu den optischen Strahlungen gezählt werden.

Der einzige Bereich des elektromagnetischen Spektrums, der für das menschliche Auge wahrnehmbar ist, ist der des sichtbaren Lichtes von etwa 400 – 780 nm. Alle anderen Strahlungsarten, eingeschlossen der UV-Strahlung, sind für das menschliche Auge unsichtbar.

2.1.3. Entdeckung der UV-Strahlung

Das Konzept der Unsichtbarkeit, der meisten Bereiche des elektromagnetischen Spektrums, ist für Schüler und Schülerinnen schwer zu erfassen. Die Vorgänge, die zur Entdeckung der UV-Strahlung führten, nämlich die Wechselwirkung der Strahlung mit Materie, stellt eine Möglichkeit dar, das Vorhandensein einer unsichtbaren Strahlung den Schülern und Schülerinnen begreifbarer zu machen.

Johann Wilhelm Ritter (1776 - 1810) wird als eine der herausragendsten Persönlichkeiten unter den Naturforschern der Frühromantik im Kulturkreis Jena – Weimar beschrieben (Richter, 2003). 1801 entdeckte er die UV-Strahlung und nur ein Jahr später 1802 erfand er den ersten Akkumulator.

Am 22.02.1801 führte Johann Wilhelm Ritter ein prinzipiell sehr simples Experiment durch. Er fächerte das Sonnenlicht mit einem Prisma in die Spektralfarben auf und entdeckte, dass am äußersten violetten Rand, wo kein sichtbares Licht mehr zu erkennen ist, die Schwärzung von

lichtempfindlichem Silberchloridpapier am stärksten ist. So hatte Ritter das ultraviolette Licht entdeckt, welches er zunächst ‚de-oxidierende Strahlung‘ nannte, um ihre chemische Wirkungskraft zu betonen und sie von den infraroten „Wärmestrahlen“ am anderen Ende des Spektrums zu unterscheiden. Bevor sich die Bezeichnung Ultraviolettstrahlung durchgesetzt hatte, wurde die von Ritter entdeckte Strahlung bis ins 19. Jahrhundert als ‚chemische Strahlung‘ bezeichnet. Das oben beschriebene Experiment, das zur Entdeckung der UV-Strahlung führte, kann dazu dienen, mit Hilfe der auftretenden Wechselwirkung zwischen der Strahlung und dem verwendeten Material, die an sich unsichtbare UV-Strahlung sichtbar zu machen.

2.1.4. UV-Strahlungsquellen

Da unsere heutigen Kommunikationsmöglichkeiten zu einem Großteil auf elektromagnetischer Strahlung basieren, ist es für Schüler und Schülerinnen leicht verständlich, dass elektromagnetische Strahlung uns im Alltag ständig umgibt. Doch sehr oft fehlt das Wissen über die Entstehung und die Herkunft dieser Strahlungen.

In diesem Kapitel werden im speziellen die unterschiedlichen Quellen der UV-Strahlung beschrieben. Einerseits kann die Einwirkung von UV-Strahlung auf den menschlichen Körper negative Auswirkungen haben, daher ist es von Vorteil darüber Bescheid zu wissen, welche Quellen diese Strahlung in welcher Art aussenden, um adäquate Schutzmaßnahmen treffen zu können. Außerdem werden mögliche Quellen für UV-Strahlung im entwickelten Unterrichtsmaterial behandelt.

Die wichtigste und größte natürliche Quelle der UV-Strahlung ist die Sonne. Sie ist mit einer Oberflächentemperatur von etwa 5800 K heiß genug, um Strahlung im UV-Bereich zu emittieren. Von der gesamten von der Sonne ausgestrahlten Strahlung sind etwa 9 % ultraviolett, also mit einer Wellenlänge kleiner als 400 nm. Dabei ist die Intensität der ausgesandte UV-Strahlung der Sonne nicht konstant, sondern variiert aufgrund eines scheinbaren 27-Tage Zyklus durch die Sonnenrotation und einem 11-Jahres-Rhythmus aufgrund unterschiedlicher Sonnenfleckentätigkeit. Diese Veränderungen betreffen aber vor allem die Wellenlängen der UV-Strahlung, die in unserer Atmosphäre absorbiert werden, also hauptsächlich die UVC-Strahlung. Die Intensität und das Spektrum der UV-Strahlung, die auf

die Erdoberfläche trifft, hängt am stärksten von der Sonnenhöhe ab, diese variiert zwischen den verschiedenen Tageszeiten, Jahreszeiten und geografischen Lagen auf der Erde (vgl. Diffey, 2002, S. 6).

Neben der Sonne zählen Sterne, Blitze und Polarlichter zu den natürlichen UV-Strahlungsquellen.

Künstliche Strahlungsquellen erzeugen UV-Strahlung entweder durch thermische Anregung von Atomen und Molekülen in Feststoffen oder in Schmelzen auf Temperaturen von einigen Tausend Grad Celsius oder durch Elektronenstoßreaktion in Gasen oder Dämpfen (Fachverband für Strahlenschutz e. V., 2013, S. 5). Werden Elektronen auf eine der oben beschriebenen Arten angeregt, wird Energie in Form von UV-Strahlung emittiert. Zu den wichtigsten künstlichen UV-Strahlungsquellen zählen Quecksilberdampflampen und Xenon-Gasentladungslampen (vgl. Diffey, 2002, S. 7), aber auch beim Schweißen entsteht UV-Strahlung. Es gibt mittlerweile auch kleine UV-Taschenlampen, in denen spezielle LED's Strahlung im UV-Bereich erzeugen. Diese werden auch bei dem entwickelten Unterrichtsmaterial verwendet.

UV-Strahlungsquelle	Art der Anregung
Halogenglühlampe	thermisch
Quecksilberdampflampe	elektrisch
Lichtbogenschweißen, Plasmabrenner, Xenonlampe	thermisch und elektrisch
Leuchtstofflampe	elektrisch
LED im UV-Bereich	elektrisch

*Tabelle 2: Beispiele künstlicher UV-Strahlenquellen nach Art der Strahlungserzeugung
(Quelle: Fachverband für Strahlenschutz, 2003)*

Neben der Belastung der Haut durch solare UV-Strahlung, entsteht auch immer mehr Gefahrenpotential für den menschlichen Körper durch UV-Strahlung, die etwa bei verschiedensten technischen Anwendungen emittiert wird. Bisher liegen nur wenige Erkenntnisse zu den Auswirkungen dieser, aus nicht natürlichen Prozessen entstandener, UV-Strahlung vor. Daher ist es von großer Bedeutung die in diesem Kapitel genannten Quellen zu

kennen, um entsprechende Schutzmaßnahmen anwenden zu können und somit möglichen Risiken entgegenwirken zu können (vgl. Fartasch et. al, 2012, S. 793).

2.1.5. Wechselwirkung von UV-Strahlung mit Materie

Jeder Körper emittiert und absorbiert elektromagnetische Strahlung (Tipler und Mosca, 2015, S. 638). Auf dieselbe Weise wie Johann Wilhelm Ritter damals die UV- Strahlung entdeckt hat, kann man UV-Strahlung durch ihre Wechselwirkung mit bestimmten Stoffen nachweisen.

Hierfür eignen sich, vor allem für den Unterricht, sogenannte UV-Perlen besonders gut, da diese, wenn sie UV-Strahlung ausgesetzt werden, ihre Farbe ändern. Dabei wird die Elektronenkonfiguration durch das Anheben von Elektronen in höhere Energieniveaus geändert, so dass sichtbare Strahlung absorbiert werden kann und die Perlen dadurch farbig erscheinen. Wärme aus der Umgebung stellt die Aktivierungsenergie zu Verfügung, um das Molekül wieder in seinen farblosen Zustand zurück zu verwandeln (vgl. Perkins, 2015, S.2).

Bestimmte Stoffe können mit der Hilfe von UV-Strahlung sichtbar gemacht werden, dieses Phänomen wird Fluoreszenz genannt. Dabei kehrt ein Atom von einem angeregten Zustand über einen oder mehrere dazwischenliegende Zustände in den Grundzustand zurück. Das geschieht beispielsweise, wenn es durch ultraviolettes Licht angeregt wurde und sichtbares Licht ausstrahlt, während es über mehrere Übergangszustände den Grundzustand wieder erreicht (Tipler und Mosca, 2015, S. 1234). Dieses Phänomen wird in vielen Anwendungsgebieten genutzt, wie etwa bei dem bekannten ‚Schwarzlicht‘ in Diskotheken, bei Sicherheitsmerkmalen bei Geldscheinen, bei Textmarkern oder bei der Erkennung von Schimmelpilzen in der Obstwirtschaft.

Absorption, Transmission und Reflexion von UV-Strahlung

Für die UV-Strahlung gelten die gleichen physikalischen Gesetze wie für das sichtbare Licht oder jeglicher Art von elektromagnetischer Strahlung. Daher treten auch bei der UV-Strahlung die Phänomene der Brechung, Reflexion, Absorption, Transmission und Beugung auf. In weiterer Folge werden Reflexion, Transmission und Absorption, auf die sich auch das

entwickelte Unterrichtsmaterial bezieht, genauer beschrieben. Die folgende Abbildung soll diese drei Phänomene veranschaulichen.

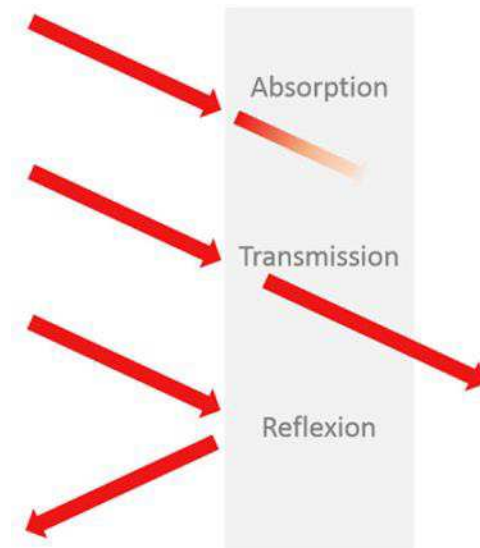


Abbildung 3: Absorption, Transmission und Reflexion
(Quelle: <https://www.pfsa.de>)

➤ Reflexion

Die Reflexion ist wahrscheinlich eines der ältesten physikalischen Phänomene, die vom Menschen genutzt wurden, denn schon in der Urzeit wurden stehende Gewässer, genauer die Grenzfläche der optischen Medien Luft und Wasser, als erste Spiegel genutzt (vgl. Gerhard, 2016, S. 9). Treffen Strahlen auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes, so werden diese zumindest teilweise reflektiert. Untersucht man die Reflexion an solchen Grenzflächen, erhält man das bekannte Reflexionsgesetz (vgl. Kross, 2004, S. 43):

$$\varepsilon_{\text{ein}} = \varepsilon_{\text{aus}}$$

Ein unter dem Winkel ε gegenüber der Flächen-Normalen einfallender Strahl wird unter dem Winkel $\bar{\varepsilon} = -\varepsilon$ reflektiert; außerdem liegen einfallender Strahl, reflektierter Strahl und Normale in einer Ebene.

Für eine ideale glatte Oberfläche, etwa einem Spiegel, bedeutet dies, dass ein Bündel paralleler Lichtstrahlen parallel reflektiert wird. Dieses Phänomen wird als gerichtete Reflexion bezeichnet. An einer rauen Oberfläche kommt es hingegen zur ungerichteten, diffusen Reflexion, da für jeden Lichtstrahl aufgrund der mikroskopisch stark variierenden Oberflächengeometrie der reflektierenden Oberfläche ein anderer Einfallswinkel und somit Ausfallswinkel gilt (vgl. Gerhard, 2016, S. 41).

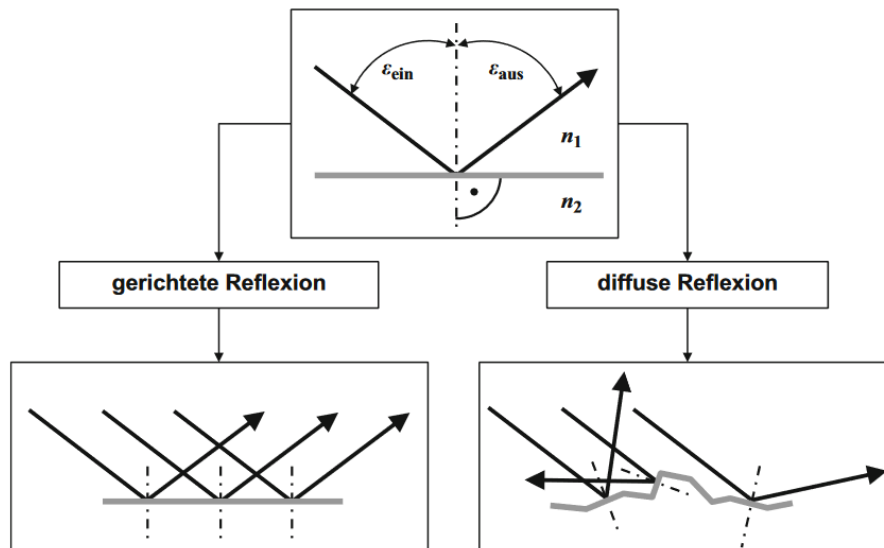


Abbildung 4: Darstellung des Reflexionsgesetzes: gerichtete Reflexion (links), diffuse Reflexion (rechts);
(Quelle: Gerhard, 2016, S. 42)

Die Reflexion von UV-Strahlung muss vor allem bei gesundheitlichen Schutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Unsere Haut wird nicht nur durch die direkte solare UV-Strahlung beansprucht, sondern auch indirekt durch reflektierte Strahlung. Dabei ist die Intensität der Strahlung von der Materie und Oberfläche, an der diese reflektiert wird, abhängig: Schnee, Wasser und Sand reflektieren die UV-Strahlung besonders stark. Schnee reflektiert 40-90% der UV-Strahlen, Wasser 10-30% und Sand 5-25%, im Gegensatz dazu wird von Gras nur 1-4% der Strahlung reflektiert (vgl. www.uv-index.ch). Da viele beliebte Betätigungen im Sommer am Wasser oder Strand und im Winter im Schnee stattfinden, also in Umgebungen von denen UV-Strahlung sehr stark reflektiert wird, kommt es zu einer intensiveren Belastung der Haut. Durch das Wissen über diese erhöhten UV-Belastungen, können entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

➤ *Transmission*

Trifft UV-Strahlung auf die Oberfläche eines Mediums, wird ein Bruchteil davon reflektiert. Der Rest dringt mit einer gewissen Strahlungsleistung in das Medium ein, wobei die Strahlungsleistung als die Energiemenge die pro Zeitspanne von elektromagnetischen Wellen transportiert wird, definiert ist. Bleibt diese Strahlungsleistung unverändert beim Durchgang durch das Medium, so wird dieses als durchlässig bezeichnet und es liegt das Phänomen der Transmission vor (vgl. Eichler, 2004, S. 242).

Wegen der großen photochemischen Wirksamkeit der UV-Strahlung, dies gilt vor allem für den kurzwelligen Bereich unter 100 nm, muss darauf geachtet werden, dass das Material durch Bestrahlung nicht verändert wird. Dies kann etwa dazu führen, dass eine Fensterscheibe im Laufe der Zeit immer trüber wird (vgl. Eichler, 2004, S. 241). Daher wird für die kommerzielle Glasherstellung häufig Quarzglas verwendet, dieses hat anders als andere optische Gläser, auch im ultravioletten Wellenlängenbereich bis hinunter zu einer Wellenlänge von ca. 170 nm eine hohe Transmission (vgl. Gerhard, 2016, S. 67).

➤ *Absorption*

Bei der Absorption nimmt die Strahlungsleistung im Gegensatz zu der Transmission beim Durchgang durch ein Medium ab. Dies kann zwei Ursachen haben: Entweder wird die Strahlung teilweise absorbiert und in eine andere Energieform, wie etwa Wärme, umgewandelt oder sie wird teilweise gestreut und von der ursprünglichen Richtung abgelenkt (vgl. Eichler, 2004, S. 242).

Von der UV-Strahlung, die von der Sonne ausgeht, wird in unsere Atmosphäre der komplette Anteil der UVC-Strahlung und 90 % der UVB-Strahlung hauptsächlich vom Ozon, aber auch von Wasserdampf und Sauerstoff, absorbiert. Die solaren UV-Strahlen dringen unterschiedlich weit bis zur Erdoberfläche vor, in Abhängigkeit ihrer Wellenlänge werden diese auf ihrem Weg durch die Erdatmosphäre unterschiedlich stark durch Absorptions- und Streuungsprozesse abgeschwächt. Die Ozonschicht absorbiert die energiereichere UVC-Strahlung vollständig, von den UVB-Strahlen erreichen nur in etwa 10 % die Erdoberfläche und die langwellige UVA-Strahlung gelangt fast vollständig bis auf die Erdoberfläche (vgl. Werling, 2012, S. 6).

Die in diesem Kapitel beschriebenen Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission sind von den jeweiligen Eigenschaften des Materials, mit dem die UV-Strahlung wechselwirkt, abhängig.

2.1.6. Anwendungsbereiche der UV-Strahlung

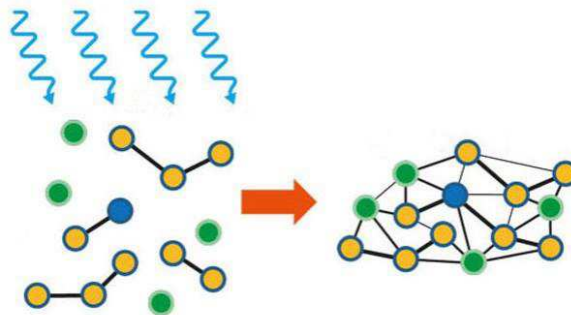
Die UV-Strahlung wird heutzutage in vielen technischen, medizinischen und industriellen Bereichen angewendet. Der technische Fortschritt macht es dem Menschen möglich, die Eigenschaften der UV-Strahlung immer häufiger zu seinem Nutzen einzusetzen, sowohl in Alltagssituationen, wie etwa der Verwendung eines Solariums, als auch in sehr spezifischen technischen Verfahrensprozessen. Dieses Kapitel soll anhand einiger Beispiele einen kleinen Überblick darüber geben, bei welchen Anwendungen UV-Strahlung eine tragende Rolle spielt.

Desinfektion von Wasser durch UV-Strahlung

Die Bestrahlung mit ultravioletter Licht im Spektralbereich unterhalb von 280 nm (UVC) ist eine seit vielen Jahrzehnten etablierte alternative Wasserdesinfektionstechnik (Heßling & Sift, 2014, S. 36). Meist wird Trinkwasser in großen Anlagen durch chemische Prozesse mit Chlor oder Ozon desinfiziert. Es gibt jedoch Keime, wie etwa Legionellen, die mit der Zeit resistent gegen diese Desinfektionsmittel geworden sind. In medizinischen Einrichtungen ist es von besonderer Wichtigkeit keimfreies Wasser einzusetzen. Durch die Bestrahlung mit ultravioletter Licht im Spektralbereich unter 280 nm wird die stärkste antimikrobielle Wirkung erzielt. Dabei wird die Strahlung von der DNA der Mikroorganismen absorbiert und es entstehen photochemische Schäden. Es wird mit Hochdruck an der Entwicklung von UVC-LEDs mit einer Wellenlänge von 280 nm und darunter gearbeitet. Denn mit solchen UVC-LEDs lassen sich bereits jetzt kleine Desinfektionssysteme realisieren, die in medizinische Geräte und Anlagen integriert werden können. (vgl. Heßling & Sift, 2014, 36ff).

UV-Härtung von Tinten, Lacken und Klebstoffen

In der Beschichtungsindustrie kommt die Anwendung von UV-Strahlung immer häufiger zur Anwendung. Die Trocknung bzw. Härtung erfolgt durch eine aufgrund der UV-Strahlen ausgelöste photochemische Reaktion, wobei ein fester Film durch Vernetzung bzw. Polymerisation entsteht (Giessmann, 2010, S. 70f). Unter Polymerisation versteht man eine chemische Reaktion, bei der monomere Verbindungen, die reaktionsfähige Mehrfachbindungen oder ebensolche Ringe enthalten, durch fortlaufende Addition an aktive Kettenenden in Makromoleküle übergehen. Das charakteristische Merkmal einer Polymerisation ist ihr kinetischer Ablauf als Kettenreaktion (Keim, 2006, S. 4). Der Vorgang der Polymerisation wird in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.



*Abbildung 5: Schematische Darstellung der Polymerisation
(Quelle: www.heraeus.com)*

Diese Methode zur Aushärtung von Materialien bringt unter anderem folgende Vorteile mit sich: Sie ist energiesparend, es werden keine Lösungsmittel verwendet, die Härtung erfolgt teilweise in Sekundenschnelle und das Substrat erfährt nur eine geringe Erwärmung. Außerdem sind solche Trocknungsanlagen im Vergleich zu anderen Systemen relativ klein und der Trockenbereich muss nicht aufwendig wärmeisoliert werden (vgl. (ebd., S. 70f).

In der Kosmetik wird bei der Maniküre ein Verfahren verwendet, das ebenfalls auf der Aushärtung durch UV-Strahlung basiert. Dabei werden sogenannte Nagelgele, die aus einem UV-reaktiven Acrylgel bestehen, auf den Fingernagel aufgetragen und anschließend unter der Einwirkung von UV-Strahlung gehärtet.

In der Zahnheilkunde wird schon länger UV-Strahlung verwendet um Füllungsmaterialien und Provisorien auszuhärten oder auch zur Befestigung von Keramikinlays. Ein neuer Trend in der kosmetischen Zahnheilkunde ist das Bleichen der Zähne unter Zuhilfenahme einer UV-Lampe. Dies geht schneller als die herkömmliche Methode, macht die Zähne noch weißer, ist aber deutlich aggressiver. Daher müssen Lippen und Zahnfleisch gegen UV-Strahlen geschützt werden, da ansonsten ein ‚Sonnenbrand‘ droht (vgl. Jobst, 2016, S. 101).

UV-Strahlung in der Halbleitertechnik

Mit einer neuen Verfahrensmethode, in der die UV-Strahlung eine bedeutende Rolle spielt, soll die Transistordichte pro Chip mit einem Schlag vervielfacht werden und dadurch die Geschwindigkeit der Prozessoren deutlich gesteigert werden. Mit Hilfe der EUV-Lithografie (Extreme Ultraviolette Strahlung) können, wie bei dem aktuellen Verfahren, Chiprohlinge mit einem feinen Strukturmuster belichtet werden, worauf dann in mehreren Arbeitsschritten die dicht gepackten Schaltkreise geätzt werden können. Das Problem bei der heutigen Methode der optischen Lithografie für die Belichtung von Silizium-Rohlingen ist, dass keine Strukturen unter 70 nm Breite realisiert werden können, denn die derzeit verwendete Wellenlänge eines ArF-Lasers von 193 nm ist dafür zu lang. Um diese neue Methode effektiv anwenden zu können, fehlt es einerseits an einem komplexen System aus hoch reflektiven Spiegeln, da sich die UV-Strahlung nicht durch klassische Linsen bündeln lässt, andererseits an einer intensiven 13 nm Lichtquelle. Dabei liegt der Schlüssel für eine stärkere Lichtausbeute im sogenannten Pinch-Effekt, dabei wird das Gasplasma durch das Eigenmagnetfeld einer Entladung komprimiert und auf eine Temperatur von über 200 000 Grad Celsius aufgeheizt. (vgl. Löffken, 2002 & Scholze et al., 2014).

2.1.7. Gefahren durch UV-Strahlung

Neben dem im vorherigen Kapitel 2.1.6. beschriebenen Nutzen, den die UV-Strahlung für den Menschen hat, birgt diese auch einige Gefahren für den menschlichen Körper. In zu hohen Dosen wirkt sich die UV-Strahlung vor allem auf die Haut und die Augen negativ aus. Die wohl im Allgemeinen bekannteste Reaktion auf zu hohe UV-Strahlenbelastung ist der klassische

Sonnenbrand, der sein Auslösungsmaximum bei 297 nm im UVB Bereich hat (vgl. Meffert & Meffert, 2000, S.100). Es besteht heute kein Zweifel mehr, dass ultraviolette (UV-)Strahlung für die Induktion verschiedener Formen von Hautkrebs und für die Hautalterung verantwortlich gemacht werden kann. Dabei vermag die UV-Strahlung in die Haut zu dringen und dort eine Fülle an biologischer Reaktionen zu initiieren (Mang & Krutmann, 2003, S. 498).

Neben der Sonne stellen auch einige künstliche UV-Strahlungsquellen ein Risiko für die Gesundheit dar. Vor allem beim Lichtbogenschweißen entsteht eine sehr intensive UV-Strahlung, vor der sich der Schweißer und sich in der Umgebung befindende Personen die Augen und die Haut schützen müssen.

Im Gegensatz zur Wärmestrahlung und zum sichtbaren Licht besitzt der Mensch kein Warnsystem, das ihn bei zu starker UV-Bestrahlung rechtzeitig alarmieren könnte (Meffert & Meffert, 2000, S.100). Wie in Kapitel 2.1.5. beschrieben, wird UV-Strahlung von Materie reflektiert und kann so auch bei nicht direkter Bestrahlung auf den menschlichen Körper einwirken. Die Belastung durch UV-Strahlung hängt auch von der Seehöhe, auf der man sich befindet, sowie von der Tageszeit und dem Bewölkungsgrad ab. In der folgenden Grafik sind einige Faktoren, von denen die UV-Belastung abhängt, dargestellt:



Abbildung 6: Faktoren von denen die UV-Belastung abhängt
(Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, Deutschland)

2.1.8. Schutz vor UV-Strahlung

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, kann eine zu hohe Belastung durch UV-Strahlung dem menschlichen Körper erheblichen Schaden zufügen. Daher wird hier ein Überblick über die wichtigsten Möglichkeiten, sich vor gesundheitlichen Schäden durch UV-Strahlung zu schützen, gegeben.

Während UV-A-Strahlung zur Sofortpigmentierung führt und fast ausschließlich für phototoxische und photoallergische Reaktionen verantwortlich ist, führt UV-B-Exposition zur Induktion der Melaninsynthese und damit zur längerfristigen Bräunung der Haut. Eine akute Überdosierung kann dabei eine Dermatitis solaris (= Sonnenbrand) bewirken (Wilm & Berneburg, 2016, S. 34f). Hält man sich viel im Freien auf und ist daher über einen längeren Zeitraum der natürlichen UV-Strahlung der Sonne ausgesetzt, können die, hier in weiterer Folge aufgezählten, Schutzmechanismen Schäden der Haut verhindern.

2.1.8.1. Endogene Photoprotektion

Unsere Haut ist in der Lage, sich gegenüber den Wirkungen von UV-Strahlen durch verschiedene endogene Photoprotektionsmechanismen zu schützen. Eine der wirksamsten Schutzreaktionen besteht in der Bildung von Melanin – es schützt durch Absorption, Reflexion und Streuung und wirkt als Radikalfänger photoprotektiv (Mang & Krutmann, 2003, S. 499).

2.1.8.2. Exogene Photoprotektion

Allgemeine Maßnahmen

Beim Lichtschutz steht allem voran die Reduktion der Expositionsdauer im Vordergrund. Ein Aufenthalt in der Mittagssonne zwischen 11 und 16 Uhr sollte, wenn möglich, vermieden werden (Wilm & Berneburg, 2016, S. 36).

Textiler Sonnenschutz

Für den textilen Sonnenschutz gilt, dass der erzielte Schutz abhängig von Farbe, Stoff und Webart des Kleidungsstückes ist (Wilm & Berneburg, 2016, S. 36). Hier sollte vor allem darauf geachtet werden, dass der Kopf bedeckt ist und mit Hilfe etwa einer Schirmkappe oder ähnlichem das Gesicht vor direkter Bestrahlung geschützt ist. Aber nicht jede Kleidung kann einen adäquaten Schutz bieten, so ist dies zum Beispiel bei heller, leichter Sommerkleidung nicht der Fall. Durch ein helles Baumwoll-T-Shirt gelangen ca. 10 – 20 % der UV-Strahlung direkt auf die Haut (Mang & Krutmann, 2003, S. 500). Es gibt spezielle UV-Schutzkleidung, die durch ein sehr dichtes Gewebe Schutz bietet.

Lichtschutzmittel (Sonnenschutzcreme)

Im Rahmen des exogenen Lichtschutzes kommt der Verwendung kosmetischer Sonnenschutzmittel eine große Bedeutung zu (Wilm & Berneburg, 2016, S. 36). Dabei können Sonnenschutzmittel entweder chemische Filter als auch physikalische Filter enthalten. Physikalische Filter schützen durch Reflexion und Streuung, chemische Filter durch Absorption der ultravioletten Strahlung (Mang & Krutmann, 2003, S. 500). Auf den Lichtschutzpräparaten wird der sogenannte Lichtschutzfaktor angegeben (LSF), gilt definitionsgemäß für UV-B-Strahlung und gibt den Faktor an, um den sich der Aufenthalt in der Sonne bis zum Auftreten eines UV-B-bedingten Erythems durch die Anwendung des Produktes verlängert (Wilm & Berneburg, 2016, S. 37).

Nutritiver Sonnenschutz

Einigen Pflanzen oder auch sekundären Pflanzenstoffen werden traditionell antikarzinogene und photoprotektive Eigenschaften zugeschrieben. Dabei zählen vor allem die aromatischen Verbindungen der Polyphenole und die Karotine zu den Stoffen, die in gewissem Maße eine Photoprotektion versprechen. Menschen können Karotine nicht selbst synthetisieren und müssen sie daher mit der Nahrung aufnehmen. Sie kommen insbesondere in kräftig orange bis rot gefärbten Obst- und Gemüsesorten, aber auch im Brokkoli und im Spinat vor. Grundsätzlich sollte die Einnahme der Präparate des nutritiven Sonnenschutzes nur ergänzend

zur Durchführung der weiter oben aufgeführten Schutzmaßnahmen erfolgen (vgl. Wilm & Berneburg, 2016, S. 37f).

Unser Körper ist in der Lage sich in einem gewissen Grad selbstständig, durch die Bildung von Melanin, vor schädlichen Auswirkungen durch UV-Strahlung auf unsere Haut zu schützen. Dies reicht aber oftmals nicht aus, um kurzfristige Schäden, wie einen Sonnenbrand, oder langfristige Beeinträchtigungen, wie die Erhöhung des Krebsrisikos, zu verhindern, daher sollten auch äußere Schutzmethoden in Anspruch genommen werden. Einerseits darf die Gefahr, die von der UV-Strahlung ausgeht, nicht unterschätzt werden, auf der anderen Seite sollte man das Sonnenlicht nicht komplett meiden, da etwa durch UVB-Strahlung Vitamin D in der Haut freigesetzt wird, welches das allgemeine Wohlbefinden fördert (vgl. Werling, 2012, S.7).

2.1.9. Schlussfolgerungen aus der fachlichen Klärung

Die in diesem Kapitel vorgestellten physikalischen Konzepte der elektromagnetischen Strahlung und im speziellen der UV-Strahlung, stellen die Grundlage dar, auf der in weiterer Folge die fachlichen Inhalte des entwickelten Unterrichtskonzeptes basieren. Vor allem die Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission treten sowohl beim sichtbaren Licht als auch bei der UV-Strahlung auf. Dies sollte den Schülern und Schülerinnen bereits aus dem vorangegangenen Optikunterricht bekannt sein. Basierend auf diesem Vorwissen können aufbauend auf dem Vergleich mit dem sichtbaren Licht Eigenschaften der UV-Strahlung bei der Wechselwirkung mit Materialien selbstständig erarbeitet werden.

Ausgehend von dieser fachlichen Klärung werden im Kapitel 4.2. dieser Arbeit im Zuge der didaktischen Analyse die zentralen Konzepte und die Lernziele der Unterrichtseinheit erstellt. Dabei wird der Schwerpunkt vor allem auf die Einordnung der UV-Strahlung in das elektromagnetische Spektrum, auf die Wechselwirkung von UV-Strahlung mit Materie, im speziellen die Phänomene Reflexion, Absorption und Transmission, sowie auf die Gefahren, die von der UV-Strahlung für unsere Haut ausgehen, gelegt.

2.2. Theorien und Methoden der Physikdidaktik

Nachdem die physikalisch fundamentalen Grundideen dieses Unterrichtskonzeptes erarbeitet wurden, werden in diesem Kapitel die fachdidaktischen Theorien und Methoden, auf denen diese Arbeit basiert, vorgestellt. In erster Linie werden die physikdidaktischen Hintergründe, die bei der Entwicklung des Unterrichtsmaterials eine zentrale Rolle spielten, beschrieben.

Ausgehend von einer didaktischen Analyse über die Unterrichtseinheit, die den Ausgangspunkt aller fachdidaktischen Überlegungen darstellt, werden die fachlichen Erkenntnisse aus dem Kapitel 2.1. ‚Fachliche Klärung‘ mit den aus der Literatur bereits bekannten Schülervorstellungen und einer didaktischen Strukturierung in Einklang gebracht und somit das fachdidaktische Triplet der didaktischen Rekonstruktion erarbeitet. Große Aufmerksamkeit wird auf die bereits bekannten Schülervorstellungen gelegt und dabei der Begriff des Konzeptwechsels erläutert.

Im Anschluss an die Ausarbeitung der didaktischen Rekonstruktion, werden die im Rahmen des Unterrichtskonzeptes angewendeten didaktischen Methoden beschrieben. Die Unterrichtsmethode des Stationenbetriebes, auf der in weiterer Folge ein Großteil der Stundenplanung basiert, wird vorgestellt und beschrieben, warum gerade diese Methode eine gute Möglichkeit darstellt, um selbstgesteuertes Lernen im Unterricht zu ermöglichen. Da im geplanten Unterrichtsmaterial Experimente eine durchaus zentrale Rolle spielen, wird auf die verschiedenen Möglichkeiten, Experimente im Physikunterricht durchzuführen, eingegangen. Im speziellen wird die POE-Methode erläutert, die den Schülern und Schülerinnen bei der Durchführung von Experimenten zu einem größeren Lernerfolg verhelfen soll. Zwei weitere Unterrichtsmethoden, die im Unterrichtskonzept zur Anwendung kommen, die Bildgeschichte und das Kreuzworträtsel, werden in diesem Kapitel vorgestellt und deren Einsatz erläutert.

Mit Hilfe dieser fachlichen und didaktischen Überlegungen soll es im Zuge dieser Arbeit gelingen, das zu entwickelnde Unterrichtsmaterial so zu gestalten, dass eine Lernumgebung geschaffen wird, in der sich, vor allem durch die Elementarisierung der fachlichen Grundkonzepte und der Berücksichtigung häufiger Schülervorstellungen, die Lernenden Wissen selbstständig erarbeiten können und ihre Lernfortschritte beurteilen können.

2.2.1. Didaktische Analyse

Die didaktische Analyse bildet nach Wolfgang Klafki das zentrale Element der Unterrichtsvorbereitung. Dabei wird die Frage nach den allgemeinen Bildungs- und Erziehungszielen einer Unterrichtseinheit gestellt und nicht nach den unmittelbaren Lernzielen. Das genaue Durchdenken der gesellschaftlichen und persönlichen Relevanz von Themen wurde von Klafki als das Fundament von Unterrichtsplanung und Unterrichten angesehen. Nur wenn Lehrkräfte auch wissen, warum sie etwas unterrichten, können sie mit aller Kraft für diese Thematik eintreten (Maier, 2012, S. 180). Klafki formuliert fünf Grundfragen nach denen die Lehrperson in der grundlegenden Phase ihrer Unterrichtsvorbereitung, der didaktischen Analyse, fragen sollte.

Die fünf Grundfragen der didaktischen Analyse (vgl. Klafki, 1962):

1. Welchen größeren bzw. welchen allgemeinen Sinn- oder Sachzusammenhang vertritt und erschließt dieser Inhalt?
2. Welche Bedeutung hat der betreffende Inhalt bzw. die an diesem Thema zu gewinnende Erfahrung, Erkenntnis, Fähigkeit oder Fertigkeit bereits im geistigen Leben der Kinder meiner Klasse, welche Bedeutung sollte er - vom pädagogischen Gesichtspunkt aus gesehen - darin haben?
3. Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Kinder?
4. Welches ist die Struktur des (durch die Fragen I und II und III in die spezifisch pädagogische Sicht gerückten) Inhaltes?
5. Welches sind die besonderen Fälle, Phänomene, Situationen, Versuche, in oder an denen die Struktur des jeweiligen Inhaltes den Kindern dieser Bildungsstufe, dieser Klasse interessant, fragwürdig, zugänglich, begreiflich, "anschaulich" werden kann?

In der folgenden Tabelle sind einerseits die fünf Grundfragen von Klafki nochmals übersichtlich und durch Schlagwörter abgekürzt dargestellt und andererseits Unterfragen zu den 5 Kern-Fragen formuliert.

Didaktische Analyse (nach Klafki 1962) (Bildungstheoretische Didaktik)		
	5 Kern-Fragen	Differenzierte Fragen / Überlegungen
1.	Exemplarität (Allgemeinen aus dem gewählten Gegenstand oder Thema schließen/ ableiten können)	Die Beispielhaftigkeit des Themas, Grundsätze, Grundprinzipien, die an diesem Thema gelernt werden können.
2.	Gegenwartsbedeutung (Wert des gewählten Gegenstandes im Leben der Schüler)	Was können die Studierenden schon? Was wissen die Studierenden zu dem Thema? Wo können sie ihr Wissen oder Können heute anwenden?
3.	Zukunftsbedeutung (kann nur angenommen werden)	Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft? Verantwortungen, Verhaltensweisen, Notwendigkeiten, Kulturtechniken aufzeigen zukünftige private und berufliche Lebensführung.
4.	Struktur (übergreifende Zusammenhänge)	Was ist vorausgegangen? Was folgt der Stunde nach? Wird aus dieser Stunde etwas aufgegriffen? Wie ist die Unterrichtseinheit strukturiert und warum so und nicht anders?
5.	Zugänglichkeit (konkrete Motivation oder Anschaulichkeit)	Wie weckt man eine Fragestellung zu diesem Thema bei den Studierenden? Wie bringt man die Sache in den Fragehorizont der Studierenden? Womit kann man sie erreichen? Wo stehen sie und wo hole ich sie ab?

*Tabelle 3: Fünf Grundfragen der didaktischen Analyse
(Quelle: Hochschule München)*

Bei der praktischen Umsetzung einer didaktischen Analyse wird gerne auf ein Raster zurückgegriffen, das sich häufig aus den folgenden Fragestellungen zusammensetzt:

- Wie ist der Lehrplanbezug des Themas?
- Welche Relevanz hat das Thema für die SchülerInnen?
- Welches Vorwissen besitzen die SchülerInnen?
- Fachliche Klärung des Themas?
- Zentrale Konzepte und Lernziele der Einheit?

- Welche Schülervorstellungen gibt es zu diesem Thema?
- Welche Kompetenzen aus dem Kompetenzmodell werden in dieser Einheit gefördert?

Erst von der didaktischen Analyse eines geplanten Unterrichtsthemas aus, kann der zweite Schritt der Vorbereitung vollzogen werden, die methodische Vorbereitung. Sie befasst sich mit dem „Wie“ des Unterrichts, genauer gesagt: mit der Frage, auf welchem Wege, die jeweiligen Kinder und der durch die didaktische Analyse in seiner pädagogischen Bedeutung und Struktur ermittelte Bildungsinhalt zu einer fruchtbaren Begegnung geführt werden können (Klafki, 1962, S. 22).

2.2.2. Die didaktische Rekonstruktion

Mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Vorstellungen, wie sie in Lehrbüchern und anderen wissenschaftlichen Quellen Ausdruck finden, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, dass daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann (Kattmann et al., 1997, S. 3). Bei der didaktischen Rekonstruktion eines Unterrichtsgegenstandes stehen drei Faktoren in enger Wechselwirkung miteinander: die fachliche Klärung, die Erfassung von Schülervorstellungen und die didaktische Strukturierung - diese drei Teile werden auch als fachdidaktisches Triplet bezeichnet. In der folgenden Abbildung wird das Beziehungsgefüge zwischen den drei Teilaufgaben der didaktischen Rekonstruktion dargestellt.

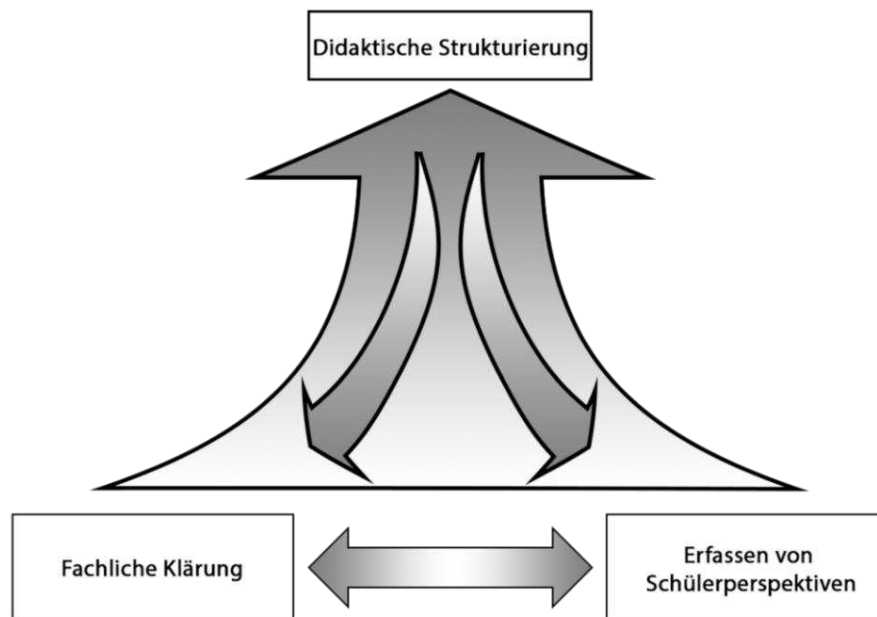


Abbildung 7: Das fachdidaktische Triplet der didaktischen Rekonstruktion (nach Kattmann et al., 1997)

Mit Hilfe der *didaktischen Strukturierung* wird das Ziel verfolgt, die Sachstruktur, die Lernerfaktoren, methodisches und didaktisches Wissen zu vereinen. Dabei kommt den Anknüpfungspunkten zwischen den Schülervorstellungen und den wissenschaftlichen Konzepten besondere Bedeutung zu (Hopf & Wiesner, 2011a, S.72).

Bei der *fachlichen Klärung* werden die physikalisch fundamentalen Grundideen eines Themas ausgearbeitet und danach eine inhaltliche Elementarisierung vorgenommen. Komplizierte und komplexe Sachverhalte zu vermitteln, das verlangt eine Konzentration auf Wesentliches, eine Vereinfachung und eine Unterteilung des Stoffes in adressatengerechte Sinneinheiten und Lernschritte (Hopf & Wiesner, 2011, S.72). Bei der begrifflichen Elementarisierung wird versucht, modular verwendbare Wissensbausteine einzuführen, diese dienen im weiteren Verlauf des Wissenserwerbes als flexible, auf neue Situationen übertragbare, Verständniseinheiten. Die methodische Elementarisierung dient wiederum der Zerlegung des Unterrichtsinhaltes in methodisch sinnvolle Untereinheiten.

Auf das *Erfassen von Schülerperspektiven* wird im folgenden Kapitel 2.2.3. Schülervorstellungen genauer eingegangen.

2.2.3. Schülervorstellungen

Bei der Erarbeitung eines Unterrichtskonzeptes stellt das Wissen über bereits bekannte Schülervorstellungen zu den grundlegenden Konzepten des Themas, neben der fachlichen Klärung und der didaktischen Strukturierung, eine der drei Säulen der didaktischen Rekonstruktion dar (vgl. Kattmann et al., 1997). Dieses vorhandene Vorwissen der Schüler und Schülerinnen soll eine zentrale Rolle bei der Erstellung des Unterrichtes spielen.

„Der wichtigste Einflussfaktor für das Lernen ist das, was der Lerner bereits weiß. Finden Sie das heraus und unterrichten Sie ihn entsprechend“

(David Ausubel)

Die Erforschung und der Umgang mit Schülervorstellungen ist in den letzten Jahrzehnten zu einem festen Bestandteil der fachdidaktischen Forschung geworden. Wenn Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht hineinkommen, so haben sie in der Regel bereits in vielfältigen Alltagserfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu den Begriffen und Phänomenen und Prinzipien entwickelt, um die es im Unterricht gehen soll (Duit, 2010, S. 1). Diese Vorstellungen können sich aber nicht nur aus Alltagserfahrungen heraus entwickelt haben, sondern sie können auch aus vorherigem Unterricht stammen. Diese Schülervorstellungen stimmen häufig mit den zu lernenden physikalischen Vorstellungen nicht überein. Oft stehen sie sogar im deutlichen Widerspruch dazu. Da sie aber die Basis für die Konstruktion von Bedeutung darstellen, entsteht bei den Lernenden eine ganz andere Bedeutung, als die von den Lehrenden beabsichtigte (vgl. Hopf & Wiesner, 2011b, S.29). Wie im vorigen Kapitel zur didaktischen Rekonstruktion schon erwähnt, ist es unumgänglich sich als Lehrperson mit den Vorerfahrungen und den daraus resultierenden Lernschwierigkeiten der Schüler und Schülerinnen zu befassen und diese für die Planung und Durchführung des Unterrichtes zu berücksichtigen. Der Unterricht muss also an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und ihre Eigenaktivitäten fordern und fördern (Duit, 2010, S. 1). Um die Schüler und Schülerinnen von ihren falschen Vorstellungen hin zu den physikalisch richtigen Vorstellungen zu bewegen, muss ein Konzeptwechsel stattfinden. Lernen der Physik kann man

als Konzeptwechsel ansehen. Damit ist gemeint, dass die Schülerinnen und Schüler von einem Konzept (ihren Schülervorstellungen) zu einem neuen Konzept (der physikalischen Sichtweise) wechseln müssen. Dieser Wechsel bedeutet nicht, dass die Schülervorstellungen völlig aufgegeben werden müssen. Es hat sich gezeigt, dass dies meist nicht gelingt und es zielführender ist, die Schüler und Schülerinnen in kleinen Schritten an die physikalisch richtige Sichtweise heranzuführen (vgl. Duit, 2010, S. 1).

2.2.3.1. Strategien des Konzeptwechsels

Von Posner, Strike, Hewson & Gertzog (ebd., 1982, S.214) werden vier Voraussetzungen genannt, die für einen erfolgreichen Konzeptwechsel zu berücksichtigen sind:

- Die Lernenden müssen mit ihren bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
- Die neue Vorstellung muss logisch verständlich (nachvollziehbar) sein.
- Sie muss plausibel (einleuchtend) sein.
- Sie muss fruchtbar sein, d.h. erfolgreich zur Beantwortung bisher ungeklärter oder neuer Fragestellungen herangezogen werden können.

Um diesen Konzeptwechsel durchzuführen, gibt es einige Strategien, die an dieser Stelle genauer erläutert werden. Dabei lassen sich diese Strategien in kontinuierliche und diskontinuierliche Lernwege unterteilen. Bei dem kontinuierlichen Weg findet der Konzeptwechsel ‚bruchlos‘ von den Schülervorstellungen zu den physikalischen Vorstellungen statt. Die Lernenden werden Schritt für Schritt zur physikalischen Sicht geführt. Bei der diskontinuierlichen Konfrontationsstrategie wird auf eine aus einem kognitiven Konflikt ausgelöste plötzliche Einsicht gesetzt (vgl. Duit, 2010, S. 3).

Anknüpfungsstrategie

Die Anknüpfungsstrategie baut darauf auf, dass es bei den Schülern und Schülerinnen nicht nur lernhinderliche Fehlvorstellungen gibt, sondern auch Vorstellungen, auf die man

im Unterricht aufbauen kann. Dazu wird auf jenen Vorstellungen aufgebaut, deren Alltagsverständnis nur wenig mit dem wissenschaftlichen Verständnis kollidiert (vgl. Hopf & Wiesner, 2011c, S.50)

Umdeutungsstrategie

Bei dieser Strategie wird den Lernenden ein Konzeptwechsel vermittelt, indem ihre Vorstellung umgedeutet wird, da sie mit ihrer Vorstellung durchaus etwas Richtiges meinen, man aber in der Physik anders darüber spricht (vgl. Duit, 2010, S. 3).

Brückenstrategie

Bei der Brückenstrategie wird der Konzeptwechsel mit Hilfe von Zwischenschritten erleichtert, dabei werden Übergangsbegriffe sukzessive bis zum Zielbegriff weiterentwickelt (vgl. Hopf & Wiesner, 2011c, S.51).

Konfrontationsstrategie

Durch das Gegenüberstellen der Vorstellungen von Lernenden und der physikalischen Sichtweise sollen Widersprüche herausgearbeitet werden. Dadurch soll ein kognitiver Konflikt herbeigeführt werden und die Schüler und Schülerin zu einem Konzeptwechsel bewegt werden. Im Laufe dieser Diskussion können aber auch ‚ausgereifte‘ Fehlvorstellungen erst entstehen oder erkannt werden (vgl. Hopf & Wiesner, 2011c, S.50).

Die Anwendung einer dieser Strategien soll den Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit eines Konzeptwechsels vereinfachen.

2.2.3.2. Schülervorstellungen zur Strahlung

Die Erhebung von Schülervorstellungen zum Thema Strahlung hat erst in den letzten Jahren so richtig begonnen und die didaktische Forschung in diesem Bereich steht noch eher am Anfang ihrer Bemühungen. Die UV-Strahlung etwa wird im Lehrplan nicht dezidiert genannt, doch wie alle anderen Arten der elektromagnetischen Strahlung, spielt diese im heutigen

Alltag eine immer größere Rolle. Obwohl ein Großteil der modernen Kommunikationsmöglichkeiten auf Mikrowellen basieren, gibt es keinerlei Studien über Schülervorstellungen aus diesem Bereich des elektromagnetischen Spektrums (vgl. Plotz, 2017b, S. 4). Daher ist es notwendig, nicht nur in den ‚klassischen‘ Bereichen des Physikunterrichts (z.B. Mechanik, Optik, Elektrizität) die didaktische Forschung voranzutreiben, sondern eben auch ein Thema wie die Strahlung in den Fokus der Bildungswissenschaft zu rücken.

Eine der ersten Untersuchungen in dem Bereich der Schülervorstellungen zu Strahlung wurde von Rego und Peralta (2006) durchgeführt. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass ein Großteil der Schüler und Schülerinnen den Begriff Strahlung schon gehört hat, aber etwa der Unterschied zwischen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung meist unbekannt ist. Das Wissen über die Unterschiede zwischen den verschiedenen Strahlungsarten ist ebenfalls sehr eingeschränkt. Das Thema Strahlung muss also in der Schule präsenter werden, damit dieser wichtige Aspekt des täglichen Lebens nicht weiter als Mysterium verstanden wird (vgl. Rego und Peralta, 2006, S. 262).

In einer Studie von Neumann und Hopf wurden mit der Hilfe von Leitfadeninterviews einige konkrete Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen zum Thema Strahlung erhoben (vgl. Neumann & Hopf, 2012, S. 829f):

- Strahlung ist nicht natürlich.
- Sichtbares Licht ist keine Art von Strahlung.
- Alle elektrischen Geräte senden schädliche Strahlung aus.
- Strahlung ist verantwortlich für viele Umweltprobleme.
- Strahlung ist dasselbe wie strahlende Partikel.
- Strahlung wird von Lebewesen ausgesendet und hilft uns Gefühle zu erkennen.

Im Rahmen der Dissertation von Plotz (2017) wurden weitere Schülervorstellungen zum Thema elektromagnetischer Strahlung ausfindig gemacht. Dabei wurde das Hauptaugenmerk vor allem auf die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen in Bezug auf die Natur der Strahlung und die Gefährlichkeit von Strahlung gelegt.

Die Frage, ob elektromagnetische Strahlung natürlichen oder künstlichen Ursprungs ist, stellt für Schüler und Schülerinnen einen zentralen Punkt bei der Bewertung von Strahlung dar. Doch die Frage lässt sich aufgrund einer fehlenden naturwissenschaftlichen Definition des Begriffes ‚natürlich‘ nicht explizit beantworten. Als Ergebnis der Untersuchungen kann man festhalten, dass es in Unterrichtskonzepten zu elektromagnetischer Strahlung wichtig ist, klare Definitionen von ‚künstlich‘ und ‚natürlich‘ zu schaffen. Dadurch wird es den Schülern und Schülerinnen erheblich erleichtert, sich mit dem Thema Strahlung zu beschäftigen, ohne von der Frage nach der Natur der Strahlung abgelenkt zu werden. Dazu scheint es sinnvoll zu sein, die Strahlung über Quellen, wie etwa der Sonne, die von Schülern und Schülerinnen klar als natürlich eingestuft werden, einzuführen, um den Lernenden das natürlich/künstlich Dilemma etwas zu erleichtern (vgl. Plotz, 2017b, S. 69ff).

Bei der Untersuchung von Schülervorstellungen zu der Gefährlichkeit von Strahlung hat sich gezeigt, dass die meisten Strahlungsarten als gefährlich eingestuft werden, wobei die nukleare Strahlung immer als gefährlichste Strahlung genannt wird. In den Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen spielt der Kontext, in dem Strahlung angewendet wird, eine zentrale Rolle. So werden Strahlungsarten vor allem dann als gefährlich wahrgenommen, wenn den Schülern und Schülerinnen kein Nutzen oder Anwendungsgebiet, wie etwa in der Medizin, bekannt ist. Bei der Behandlung der Gefährlichkeit der Strahlung im Unterricht ist daher darauf zu achten, eine Verbindung zwischen der Energie und dem Schaden, der durch die Strahlung angerichtet werden kann, herzustellen (vgl. Plotz, 2017b, S. 90f).

Wie die in diesem Kapitel zahlreich angeführten Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung zeigen, ist es von großer Bedeutung bei diesen einen Konzeptwechsel der Schüler und Schülerinnen anzustreben, um in weiterer Folge genauer auf das elektromagnetische Spektrum, sowie auf die einzelnen Strahlungsarten eingehen zu können.

2.2.3.2. Schülervorstellungen zur UV-Strahlung

Da sich das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtsmaterial insbesondere auf die UV-Strahlung bezieht, müssen neben allgemeinen Schülervorstellungen zu der

elektromagnetischen Strahlung auch die Misskonzepte der Schüler und Schülerinnen, die sich speziell auf die UV-Strahlung beziehen, erörtert werden.

In einer Studie von Liberkin et al. aus dem Jahr 2001 wurden Schüler und Schülerinnen zu dem Begriff ‚UV-Strahlung‘ befragt. Dabei war fast allen Befragten bekannt, dass die Sonne die Hauptquelle für die UV-Strahlung auf der Erde ist, aber nur sehr wenige Schüler und Schülerinnen verstanden UV-Strahlung als eine Art der elektromagnetischen Strahlung. 30 % der teilnehmenden Schüler und Schülerinnen stellten einen Bezug zwischen UV-Strahlung und Sonnenbrand, sowie Hautkrebs her. Obwohl der Begriff der UV-Strahlung vielen ein Begriff ist, haben nur sehr wenige Schüler und Schülerinnen eine klare Vorstellung von der Bedeutung und der Auswirkung dieser Strahlungsart auf ihr Leben (vgl. Libarkin et al., 2011).

Eine weit verbreitete Vorstellung unter Schülern und Schülerinnen betrifft die Sichtbarkeit der UV-Strahlung. Eine Befragung von Neumann und Hopf (2012, S. 830) ergab, dass nur 60 % der Befragten der Meinung waren, UV-Strahlung ist unsichtbar.

Obwohl die didaktische Forschung noch Aufholbedarf im Bereich der Schülervorstellungen von UV-Strahlung hat, sind in den letzten Jahren einige Arbeiten und Studien darüber verfasst worden. Im Zuge dieser Untersuchungen sind einige Vorstellungen sehr häufig aufgetreten:

- Die Strahlung der Sonne ist generell UV-Strahlung (Libarkin et al., 2011).
- UV-Strahlung ist sichtbar (Neumann & Hopf, 2012, S. 829).
- Natürliche UV-Strahlung ist unsichtbar, aber sichtbar, wenn sie sehr intensiv oder künstlich ist (Langer, 2015, S. 93).
- UV-Strahlung ist eine sehr starke und schädliche Strahlung (Libarkin et al., 2011).
- Bei der UV-Strahlung werden oft Quellen genannt, die meistens (blaues) sichtbares Licht mit ausstrahlen (Rego und Peralta, 2006).

In der jüngeren Vergangenheit beschäftigte sich vor allem Langer (2015) im Rahmen ihrer Diplomarbeit intensiv mit der Erhebung von Schülervorstellungen zur UV-Strahlung.

Dabei ergab sich die Erkenntnis, dass im Gegensatz zu bisherigen Erhebungen, den meisten Schüler und Schülerinnen sehr wohl bewusst ist, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Eine

Erklärung dafür könnten die höheren Altersgruppen sein, aus denen die Befragten stammen. Doch dieses Wissen scheint nur oberflächlich vorhanden zu sein, da die Schüler und Schülerinnen bei einer Konfrontation mit einer ‚sichtbaren UV-Quelle‘, wie etwa einem Geldscheinprüfgerät, keine gefestigten Erklärungen dafür liefern können (vgl. Langer, 2015, S. 101).

Von vielen Schülern und Schülerinnen wird das Gefahrenpotential der UV-Strahlung unterschätzt. Es wird zwar die UV-Strahlung mit Hautkrebs in Verbindung gebracht, aber es besteht die Vorstellung, dass Sonnenschäden keine langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen hätten. Andererseits wird die Schutzwirkung von Sonnencreme überschätzt und dadurch werden andere Sonnenschutzmaßnahmen (siehe Kapitel 2.1.8.) häufig nicht angewendet. Dieser Umstand macht die Erkenntnisse, dass viele Maturanten und Maturantinnen nicht die Aufschriften auf einer Sonnencreme erklären können, nochmals bedenklicher (vgl. ebd., S. 101).

Eine weitere Erkenntnis aus der Arbeit von Langer (2015) beschreibt, dass viele Schüler und Schülerinnen zwar der Meinung sind, UV-Strahlung kann auch einen positiven Nutzen haben, aber nur die wenigsten konkrete Anwendungsmöglichkeiten nennen können. Es wurden weder technische noch medizinische Verfahren, in denen UV-Strahlung zum Einsatz kommt, genannt, noch wurde UV-Strahlung mit der Vitamin-D-Synthese in der Haut in Verbindung gebracht (vgl. ebd., S. 94).

Bei der Entwicklung des Unterrichtsmaterials wurden einerseits die in diesem Kapitel genannten Schülervorstellungen berücksichtigt, andererseits sollen im Zuge dieser Arbeit auch neue Fehlvorstellungen von Schülern und Schülerinnen erhoben und dokumentiert werden.

2.2.4. Schülerzentriertes Lernen an Stationen

Bei einem schülerzentrierten Unterricht stehen die Lernenden und deren Kompetenzerwerb im Mittelpunkt. Diesen sollen sich die Schüler und Schülerinnen durch selbstständiges, von der Lehrperson angeleitetes Lernen, selbst erarbeiten. Durch die handlungs- und

anwendungsorientierte Arbeitsweise übernehmen die Schüler und Schülerinnen eine aktive Rolle und gleichzeitig Verantwortung für ihren Lernprozess (vgl. Sonnleitner, 2015, S. 146).

Selbstgesteuertes Lernen bedeutet, dass Schüler und Schülerinnen die wesentlichen Entscheidungen selbst beeinflussen können, also ob, was, wie, wann, mit oder von wem und auf welches Lernziel sie hinarbeiten (Weinert, 1982).

Nach Brunsteiner und Spörer wird selbstgesteuertes Lernen durch die folgenden drei Funktionsbereiche charakterisiert (Brunsteiner & Spörer, 2010, S. 752):

- Die kognitive Komponente, die neben dem Sach- bzw. Anwendungswissen auch das Wissen über verschiedene Lernstrategien und Lernstile umfasst;
- Zur motivationalen Komponente gehört die Selbstmotivation, um Lernprozesse zu initiieren und aufrecht zu erhalten;
- Die metakognitive Komponente beinhaltet die Planung, Überwachung und Korrektur des eigenen Lernverhaltens.

Eine Möglichkeit, um das selbstgesteuerte Lernen im Unterricht zu ermöglichen, ist der Stationenbetrieb. Lernen an Stationen kann allgemein als ein zusammengesetztes Angebot mehrerer Arbeitsstationen zu einer übergeordneten Thematik beschrieben werden (Huzar, 2017, S. 28). Beim Stationenbetrieb finden sich in verschiedenen Positionen des Klassenraumes sogenannte „Lernstationen“ mit Arbeitsaufträgen, die die Lernenden in Kleingruppen, in Partner- oder Einzelarbeit in einem festgesetzten Zeitrahmen absolvieren. Die Aufträge orientieren sich an einem bestimmten Themengebiet, sind aber unabhängig voneinander und in beliebiger Reihenfolge bearbeitbar. Die Lehrperson tritt während der Arbeitsphasen der Schüler und Schülerinnen, im Gegensatz zum Frontalunterricht, fast völlig in den Hintergrund, steht aber bei Fragestellungen und Unklarheiten seitens der Lernenden zur Verfügung, um Auskunft zu geben (vgl. Sonnleitner, 2015, S. 145). Die Arbeitsaufträge an den einzelnen Stationen können ganz verschieden sein, etwa Experimente, Bearbeiten von Arbeitsblättern oder Auslesen von Informationen aus einem Text. Außerdem können bei jeder Station nicht verpflichtende Zusatzaufgaben gestellt werden, somit haben Schüler und Schülerinnen, die eine schnellere Arbeitsweise an den Tag legen als andere, die Möglichkeit, ihr Wissen zu vertiefen und es kommt zu keiner Leerlaufzeit.

Darum eignet sich die Durchführung eines Stationenbetriebes sehr gut für heterogene Klassen und es werden Bedingungen für individuelle selbstgesteuerte Lernprozesse geschaffen. Neben den fachlichen Inhalten können sich die Schüler und Schülerinnen soziale Kompetenzen aneignen, denn häufig werden die Stationen in Partner- oder Gruppenarbeit absolviert (vgl. Rabe, 2010, S. 134). Nach der Bearbeitung jeder einzelnen Station können die Schüler und Schülerinnen ihre eigenen Ergebnisse mit Musterlösungen vergleichen und gegebenenfalls damit ergänzen. Dies ist ein wichtiger Aspekt, des weiter oben in diesem Kapitel beschriebenen, selbstgesteuerten Lernprozesses.

2.2.5. Experimente im Physikunterricht

Da in der Unterrichtseinheit, die in dieser Arbeit entwickelt wird, auch Experimente als methodisches Mittel zum Einsatz kommen, soll in diesem Kapitel ein Überblick sowohl über die verschiedenen Formen des Schulversuchs, sowie über die aus der Literatur bekannten Möglichkeiten und Probleme, die der Einsatz dieser mit sich bringt, gegeben werden.

Unter dem Sammelbegriff ‚Experiment‘ versteht man alle im Physikunterricht eingesetzten apparativen Anordnungen, die den Schülern und Schülerinnen eine direkte Auseinandersetzung mit physikalischen Vorgängen und Sachverhalten ermöglichen (vgl. Bleichroth et al., 1999, S. 248).

Experimente stellen einen wesentlichen Bestandteil der Physik und des Physikunterrichts dar. Für didaktische Überlegungen ist es notwendig, sich den beiden verschiedenen Funktionen eines Experiments bewusst zu sein. In der Wissenschaft steht die Weiterentwicklung des wissenschaftlichen Erkenntnisstands im Vordergrund. Das Experimentieren im Unterricht hingegen hat die Hauptfunktion, das Lernen der Schüler und Schülerinnen zu unterstützen. Dabei kann die Lehrperson mit dem Einsatz von Experimenten folgende Ziele verfolgen: Vermittlung von Fachwissen, Begriffswechsel, naturwissenschaftliches Arbeiten, Kommunizieren über Physik, Lernen über die Natur der Naturwissenschaften oder Interesse anregen (vgl. Hopf & Wiesner, 2011d, S.106).

Prinzipiell lassen sich beim Lernen aus Experimenten zwei didaktische Herangehensweisen unterscheiden: Das *Demonstrationsexperiment* und das *Schülerexperiment*. Ein Versuch im Unterricht kann entweder als Demonstrationsversuch von der Lehrperson durchgeführt

werden, dabei liegt die Anforderung an die Schüler und Schülerinnen im Beobachten und Registrieren der Vorgänge. Wird ein Schulversuch als Schülerexperiment realisiert, so verschieben sich die Anforderungen und die Schüler und Schülerinnen führen die experimentellen Arbeiten selber durch (vgl. Kircher, 2015, S. 233).

Experimente können in verschiedene Unterrichtsphasen eingebunden werden, dabei entscheiden das Vorwissen, die Vorarbeit und das methodische Gesamtkonzept darüber, welche Ziele durch den Einsatz des Experiments erreicht werden sollen. Basierend auf diesen Überlegungen lassen sich Experimente nach Kircher (2015) wie folgt unterteilen:

Mit dem *Einstiegsversuch* werden Ziele wie die Motivierung der Schüler und Schülerinnen, eine thematische Einführung, das Schaffen eines Problembewusstseins und das Geben von Denkanstößen verfolgt. Für solche Experimente zu Beginn einer Unterrichtseinheit werden nur ein allgemeines Grundwissen und eine genaue Beobachtung vorausgesetzt (vgl. Kircher, 2015, S. 233).

Mit Hilfe eines *Erarbeitungsversuches* lassen sich Daten erfassen, Hypothesen entwickeln und Gesetzmäßigkeiten überprüfen. Durch den Einsatz von Erarbeitungsversuchen werden die Fähigkeiten zu präziser Arbeit und zur Verknüpfung von Theorie und Experiment gefördert (vgl. ebd., S. 233f).

Versuche zur Vertiefung oder zur Verständniskontrolle helfen scheinbare Widersprüche aufzudecken, Ähnlichkeiten und Analogien aufzuzeigen und Transferleistungen vorzubereiten. Zur Durchführung und Bearbeitung dieser Experimente ist schon Detailwissen aus dem jeweiligen Themengebiet notwendig (vgl. ebd, S. 234).

Da die konzipierte Einheit auf einen schülerzentrierten Unterricht abzielt, kommen für die Erarbeitung einzelner Inhalte Schülerversuche zum Einsatz, die als sogenannte Erarbeitungsversuche geplant werden, die weiter oben in diesem Kapitel beschrieben sind. Zu Beginn der Unterrichtseinheit soll mit Hilfe eines Einstiegsversuches das Interesse und die Motivation der Schüler und Schülerinnen zu den folgenden Inhalten geweckt werden.

Schwierigkeiten beim Einsatz von Schülerversuchen

Beim Einsatz von Schülerexperimenten im Unterricht ist darauf zu achten, dass eigenständiges Arbeiten generell, also auch eigenständiges Experimentieren, hohe Anforderungen an die

Schüler und Schülerinnen stellt. Vor allem wenn die Lernenden praktisches Arbeiten im Unterricht nicht gewöhnt sind oder nicht von Anfang an ihrer Schullaufbahn damit konfrontiert wurden, stellen sich häufig Schwierigkeiten dabei ein, die Anweisungen zu verstehen, die Materialien zu handhaben, zu messen, Ergebnisse zu notieren, auszuwerten und zu interpretieren, sowie mit anderen in Kleingruppen zusammen zu arbeiten. Hinzu kommt der Aspekt, dass Experimente und die sich darauf beziehenden Aufgabenstellungen, von den Schülern und Schülerinnen oft anders interpretiert werden als von der Lehrperson. Durch diese Umstände kommt es oft zu einer Überforderung, wodurch das Experiment oftmals nur sehr oberflächlich durchgeführt wird (vgl. Duit, Mikelskis-Seifert & Tesch, 2010, S. 4).

Aus diesen Gründen können die Erwartungen, die in Experimente im Physikunterricht gesetzt werden, oftmals nicht erfüllt werden. Schülerexperimente führen per se weder zu besseren Leistungen noch zu befriedigenderer Entwicklung des Interesses und anderer affektiver Variablen und tragen per se nicht zum Verstehen der Erkenntnisgewinnung bei (ebd., S. 3).

Empirische Untersuchungen konnten zeigen, dass praktisch kein Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Experimenten und dem Lernerfolg von Schülern und Schülerinnen festgestellt werden kann. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, ist es von großer Bedeutung, als Lehrperson den Einsatz von Experimenten so bewusst wie nur möglich zu gestalten und dabei genaue Überlegungen zur Passung zwischen den Zielsetzungen einer Unterrichtseinheit, den spezifischen Beiträgen, die das Experiment dazu beisteuern soll und den Lernvoraussetzungen der Schüler und Schülerinnen, vorzunehmen. Somit bestimmen das Ziel des Unterrichts und das vorhandene Vorwissen der Schüler und Schülerinnen die Wahl geeigneter Experimente und die Formulierung des damit dazugehörenden Arbeitsauftrages (vgl. Hopf und Wieser, 2011d, S. 113f).

Bei der Erstellung des Unterrichtsmaterials muss vor allem bei der Einbindung der geplanten Schülerversuche in den Stationenbetrieb große Achtsamkeit daraufgelegt werden, den in diesem Kapitel beschriebenen Schwierigkeiten, die Schüler und Schülerinnen bei der selbstständigen Durchführung von Schulversuchen haben, so gut wie möglich entgegenzuwirken. Vor allem die Formulierungen der einzelnen Arbeitsaufträge müssen

genauestens evaluiert werden und Schritt für Schritt den Bedürfnissen der Schüler und Schülerinnen angepasst werden.

2.2.6. POE–Methode

Eine Möglichkeit, um die im voran gegangenen Kapitel beschriebenen Probleme, die beim Einsatz von Schülerexperimenten auftreten können, zu umgehen, stellt die sogenannte POE-Methode dar. Diese von White und Gunstone entwickelte Methode soll es den Schülern und Schülerinnen ermöglichen, die geplanten Experimente nicht nur oberflächlich abzuhandeln, sondern mit Hilfe der drei folgenden Phasen ein tieferes Verständnis der Vorgänge bei den Experimenten zu erlangen (vgl. White & Gunstone, 1992, S. 44ff):

- *Predict*: Die Schüler und Schülerinnen sollen den Ausgang eines Experimentes vorhersagen und ihre Annahme niederschreiben und begründen
- *Observe*: Die Beobachtungen während der Versuchsdurchführung müssen beschrieben werden.
- *Explain*: Die aus dem Experiment gewonnenen Ergebnisse werden mit den zuvor aufgestellten Vermutungen verglichen und diskutiert.

Ein Vorzeigen und Erklären durch die Lehrperson reicht oft nicht aus, damit Schüler und Schülerinnen eigene physikalische Sichtweisen aufbauen, vielmehr ist es notwendig, dass sie sich aktiv mit den behandelten Fragen, Sachverhalten und Aussagen auseinandersetzen. Um diese Auseinandersetzungen in Gang zu bringen, sollten Schüler und Schülerinnen aufgefordert werden vor der Durchführung eines Experiments genaue Voraussagen über den Ablauf und das Resultat zu machen und diese auch schriftlich festzuhalten. Dadurch kann ein Bewusstsein über die eigenen Ideen und Vorstellungen entstehen, insbesondere wenn diese auf alternative Deutungen von Mitschülern und Mitschülerinnen treffen. Dabei kann es für Schüler und Schülerinnen durchaus motivierend sein, wenn sie falsche Aussagen treffen,

obwohl die entsprechenden Lerninhalte bereits gelernt wurden. Aufgrund der im Vorfeld getätigten Aussagen können bei Schülern und Schülerinnen kognitive Konflikte ausgelöst werden, diese stellen eine Möglichkeit dar, einen Konzeptwechsel von einer Schülervorstellung hin zu der richtigen physikalischen Sichtweise einzuleiten. Ein aus der Literatur bekanntes Problem besagt, dass Schüler und Schülerinnen gerne behaupten, ein beobachtetes Experiment sei nach ihrer Vorhersage abgelaufen, obwohl dies nicht der Fall war (vgl. Wilhelm und Heuer, 2006, S. 1ff).

Um es den Schülern und Schülerinnen zu ermöglichen, konkrete Vorhersagen zu machen, muss bei der Auswahl des Experiments darauf geachtet werden, dass dieses an ihren derzeitigen Wissensstand angepasst ist. Wenn den Lernenden das nötige Hintergrundwissen, auf dem der Versuch basiert, fehlt, würden diese nur vage Behauptungen formulieren. Andererseits greifen Schüler und Schülerinnen beim Aufstellen ihrer Vermutungen gerne auf Alltagserfahrungen zurück, daher lassen sich mit der POE-Methode auch Schülervorstellungen erheben.

Ein wichtiger Faktor, um mit der POE-Methode den gewünschten Lernerfolg zu schaffen, ist, dass der Kontext, in den der Versuch eingebettet wird, möglichst alltagsnah ist und die Ergebnisse des Experimentes möglichst eindeutig ausfallen, um dadurch den Spielraum für die Beobachtung der Schüler und Schülerinnen möglichst gering zu halten. Bei komplexeren Aufgaben kann das Problem auftreten, dass es zu viele verschiedene Möglichkeiten für Vorhersagen gibt und diese nicht in wenigen Worten von den Schülern und Schülerinnen ausgedrückt werden können (vgl. White & Gunstone, 1992, S. 44ff).

Versuche nach der POE-Methode lassen sich einfach gestalten, sind gut in den Unterricht zu integrieren, können Schülervorstellungen sichtbar machen und sollen den Einsatz von Experimenten effizienter machen.

2.2.7. Die Bildergeschichte im Unterricht

Um für die im vorigen Kapitel beschriebene POE-Methode einen alltagsnahen Kontext zu schaffen, wird bei einem der konzipierten Schülerversuche eine Bildergeschichte eingesetzt.

Unter dem Begriff der Bildergeschichte versteht man eine Abfolge von Bildern, die eine Geschichte erzählen, diese Abbildungen sind meistens gezeichnet und oft mit Texten kombiniert. Eine Bildergeschichte erläutert fachliche Zusammenhänge in Bildern unter Nutzung von Sprechblasen. Die Bildergeschichte ist eine Kombination von Bild- und Textmaterial zu einem fachlichen Vorgang (oft mit Sprechblasen) (Leisen, 1999).



Abbildung 8: Beispiel für eine Bildergeschichte (aus dem entwickelten Unterrichtsmaterial)

Der Einsatz von Bildergeschichten im Unterricht kann die unterschiedlichsten Ziele verfolgen, etwa zur Steigerung der Motivation, als Unterrichtseinstieg oder Diskussionsanlass, als Diagnoseinstrument von Schülervorstellungen oder zur Erhebung und Förderung des Fachwissens oder der Argumentationsfähigkeit von Schülern und Schülerinnen. Durch den Einsatz von Bildergeschichten können bei unterschiedlichen Lerngelegenheiten vielfältige Kompetenzen gefördert werden. Neben dem Fachwissen müssen die Schüler und Schülerinnen während einer Phase des kooperativen Lernens, wie es bei einem Stationenbetrieb der Fall sein kann, vor allem bereit und in der Lage dazu sein, sachlich und konstruktiv zu diskutieren, zu argumentieren und zusammenzuarbeiten (vgl. Steininger, 2016, S. 2f). Dabei fällt es Schülern und Schülerinnen insofern leichter an einer Diskussion teilzunehmen, da sie ihre Argumentation auf die vorhandene Bildergeschichte stützen können. Die fachlichen Aussagen der Protagonisten in der Bildergeschichte sollen die Schüler und Schülerinnen vor einen kognitiven Konflikt stellen. Diese vorgegebenen Aussagen sollen die Teilnehmer einer Kleingruppe zur Diskussion über deren fachliche Richtigkeit anregen und einen Austausch über die einzelnen Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen einleiten.

Das Methodenwerkzeug Bildergeschichte kann genutzt werden, um naturwissenschaftliche Vorgänge im Alltagsleben bewusst zu machen oder um Alltagssprache und Fachsprache einander gegenüberzustellen. Die Bildergeschichte muss so gestaltet werden, dass sie das fachliche Thema weiterträgt und es dabei schafft, die Schüler und Schülerinnen anzusprechen und zu motivieren. Das Verhältnis zwischen Bild- und Sprachmaterial sollte zueinander ausgewogen sein (vgl. Leisen, 1999).

Die moderneren Concept Cartoons basieren im Gegensatz zur Bildergeschichte meist nur auf einer einzigen Abbildung einer Alltagssituation und mehreren Charakteren, die verschiedene Erklärungen für die dargestellte Situation äußern (vgl. Keogh, Naylor & Wilson, 1998, S. 219f).

2.2.8. Sicherungsmethode Kreuzworträtsel

Gerade bei einem schülerzentrierten Unterrichtskonzept ist es für die Lehrperson schwierig den Lernfortschritt der Schüler und Schülerinnen sichtbar zu machen. Bei der Gestaltung des Unterrichts nach den Phasen des Modells der 5 E's (Engage, Explore, Explain, Elaborate und Evaluate) dient die Phase des Evaluate's, die am Ende eines jeden abgeschlossenen Unterrichtsblockes zum Einsatz kommen sollte, dazu, der Lehrperson ein Feedback über die Lernfortschritte der Schüler und Schülerinnen zu geben (vgl. Bybee et al., 2006).

Um ein Gefühl über den derzeitigen Wissensstand der Schüler und Schülerinnen zu erhalten und gleichzeitig die Lerninhalte nochmals zu wiederholen, zu festigen und Gelerntes nachhaltig abzuspeichern, bieten sich für den Abschluss einer Unterrichtseinheit spielerische Sicherungsmethoden an. Zu den Methoden, die den Schülern und Schülerinnen einen eher spielerischen Zugang vermitteln, gehören Fachworträtsel. Diese stellen eine Möglichkeit dar, den Fachwortschatz in spielerischer Form einzuüben. Während das spielerische Element die affektive Seite des Lernens anspricht, wird im Spiel die kognitive Seite „nebenbei“ angesprochen (Leisen, 1999). Rätsel stehen in einer didaktischen Paradoxie: Einerseits stellen sie eine spielerische Möglichkeit dar, Wissen zu erwerben und zu behandeln, andererseits dienen sie meist der Wissenskontrolle (Reich, 2007).

Sowohl die Lehrperson, als auch die Lernenden, bekommen ein Feedback darüber, in welchem Ausmaß die Inhalte der Unterrichtseinheit von den Schülern und Schülerinnen aufgenommen

und verstanden wurden. Das Kreuzworträtsel eignet sich vor allem um Fachbegriffe und deren richtige Schreibweise sowie einfache physikalische Zusammenhänge zu festigen. Das Erstellen von Kreuzworträtseln war bis vor einiger Zeit noch eine sehr mühsame Angelegenheit, doch mittlerweile gibt es im Internet unzählige Möglichkeiten ein individualisiertes Kreuzworträtsel kostenfrei zu erstellen (vgl. Reich, 2007).

Ein Nachteil, den die Methode des Kreuzworträtsels aufweist, ist, dass es nicht möglich ist, konzeptuelle Zusammenhänge zu wiederholen oder abzufragen. Aufgrund der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, können die Schüler und Schülerinnen die erlernten Inhalte nicht mit Hilfe von eigenen Worten wiedergeben.

3. Forschungsdesign

Im folgenden Kapitel werden die Forschungsansätze und –methoden näher behandelt, auf denen diese Arbeit basiert. Es wird die Design-Based Research Methode vorgestellt, die das Grundgerüst dieser Forschungsarbeit darstellt. Es werden die Analysemethoden beschrieben, die vor den Überarbeitungen des Materials in den jeweiligen Entwicklungszyklen angewendet wurden. Dazu gehören, neben der Think Aloud Methode, die qualitative Inhaltsanalyse, das Interview, sowie die vorgenommenen Beobachtungen während des Unterrichtes und die Analyse der von den Schülern und Schülerinnen bearbeiteten Arbeitsblätter.

3.1. Design-Based Research

Der Ansatz des Design-Based Research soll einen Brückenschlag zwischen der Grundlagenforschung und der anwendungsbezogenen Forschung ermöglichen, dabei wird Design als theorieorientierter Prozess für die Lösung von konkreten Problemen aus der Praxis verstanden (vgl. Wilhelm und Hopf, 2014, S. 32).

Nach Wilhelm und Hopf (2014) charakterisieren folgende Eigenschaften Design-Based Research (Wilhelm und Hopf, 2014, S. 41):

- Als Ausgangspunkt wird ein praxisrelevantes Problem angesehen, für das eine praxistaugliche Lösung erarbeitet wird.
- Theoriebasierte Entwicklung, Erprobung und empirische Evaluation bilden einen langfristigen, zyklischen Forschungsprozess.
- Dessen einzelne Phasen beinhalten immer einen Rückbezug auf vorangegangene Phasen.
- Ergebnisse sind sowohl praktische Problemlösungen als auch Beiträge zu Grundlagenfragen.

Bei diesem Forschungsansatz ist also nicht die Methode an sich kennzeichnend, sondern die interventionsorientierte Umsetzung und die dabei wiederholte Vorgehensweise: Entwicklung und Forschung wird durch kontinuierliche Zyklen von Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design umgesetzt (vgl. Reinmann, 2005, S. 62).

Die oben beschriebenen Zyklen werden in dieser Arbeit zur Entwicklung des Unterrichtsmaterials zur UV-Strahlung angewendet. Dabei werden nicht nur fachdidaktische Erkenntnisse, sondern auch jene, die durch die praktische Erprobung des Materials gewonnen werden, berücksichtigt.

Sowohl bei der Entwicklung der Lernumgebung, als auch bei der Theorie, müssen die jeweiligen konkreten Rahmenbedingungen des Problems berücksichtigt bzw. als explizite Komponenten in die Theorie integriert werden (Wilhelm und Hopf, 2014, S. 33). Die designorientierte Entwicklung versucht, ohne dabei die Grundintention des Ausgangsmaterials aus den Augen zu verlieren, Schritt für Schritt ‚Stolpersteine‘ zu beseitigen und auch jene Verbesserungsmöglichkeiten einzubauen, die sich durch die praktische Erprobung im Alltagsgeschehen vielleicht zufällig ergeben. Auf diese Art und Weise entstehen mit der Zeit immer bessere Problemlösungen, die im Endeffekt einen nachhaltigen Einfluss auf den Unterricht haben (vgl. ebd., S. 41).

Für diese Forschungsarbeit wurde die Design-Based Research Methode ausgewählt, da einerseits eine gute Lernumgebung entworfen und weiterentwickelt werden soll und andererseits eine Theorie des Lernens in diesem Themengebiet entstehen soll. Der Ertrag der Forschung nach der Design-Based Research Methode stellt Entwicklungsprodukte, wie das entwickelte Unterrichtsmaterial, aber auch theoretische und empirische Erkenntnisse dar (vgl. ebd., S. 33). Zu dem Thema UV-Strahlung, mit besonderem Schwerpunkt auf die Wechselwirkung dieser Strahlungsart mit Materie, gibt es bis jetzt meines Wissens nach noch kein praktisch erprobtes Unterrichtsmaterial. Sehr wohl gibt es aber Arbeiten, die von Schwarz (2015) ‚Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung‘ und von Zloklikovits (2016) ‚Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema UV-Strahlung‘, deren Erkenntnisse in dieser Arbeit berücksichtigt werden. Die Erkenntnisse, die im Zuge dieser Arbeit bei der Durchführung und Evaluation entstehen, sollen helfen, die Grundlagenforschung zu Strahlung im Allgemeinen und speziell zu UV-Strahlung voranzutreiben.

Die Entwicklung des Unterrichtsmaterials für eine schülerzentrierte Unterrichtseinheit zum Thema UV-Strahlung erfolgt in insgesamt drei der in diesem Kapitel beschriebenen Zyklen. Eine Darstellung der Arbeitsschritte, die im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurden, ist in Kapitel 4.1. ‚Überblick über die Entwicklungszyklen‘ zu sehen.

3.2. Analysemethoden

Wie im Abschnitt zuvor beschrieben, basiert die angewendete Forschungsmethode des Design-Based Research auf sich wiederholenden Zyklen, in denen das zu Beginn dieser Arbeit entworfene Unterrichtsmaterial stetig weiterentwickelt und verbessert wurde. Dazu wurden mit Hilfe verschiedener Methoden Daten erhoben und diese im Anschluss analysiert, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welche Veränderungen des Unterrichtsmaterials am zielführendsten sind, um damit eine Lernumgebung zu schaffen, die im Rahmen eines schülerzentrierten Unterrichts für Schüler und Schülerinnen ein verständliches und gut zu bearbeitendes Material beinhaltet.

3.2.1. Die Think Aloud Methode

„Die Think Aloud Methode sieht vor, dass die Zielperson zu lautem Denken aufgefordert wird während sie eine Frage beantwortet.“ (Häder, 2010)

Lautes Denken stammt aus dem Bereich der Kognitionspsychologie und schafft es, wie kaum eine andere Methode, einen direkten Zugang zu kognitiven Prozessen, die während einer Handlung ablaufen, zu ermöglichen. Bei der Think Aloud Methode wird die Person explizit durch eine einfache Instruktion, wie etwa ‚Denke bitte laut!‘, für die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung zum lauten Denken aufgefordert. Aufgrund dieser laut ausgesprochenen Gedankengänge können detaillierte Erkenntnisse über die während einer Handlung stattfindenden Denkprozesse gewonnen werden (vgl. Sandmann, 2014, S. 179f). Dabei lassen sich bei dieser Methode zwei Strategien unterscheiden:

- Das laute Denken direkt während der Behandlung der Problemstellung (Concurrent Think Aloud)
- Das Rekapitulieren der eigenen Gedankengänge erst nach der Beantwortung der Frage (Retrospective Think Aloud).

Mit Hilfe der Think Aloud Methode gelingt es besonders gut, Probleme bei dem Verständnis einer Frage sowie bei der Formulierung der Antwort aufzudecken (vgl. Häder, 2010, S. 394).

Laut Sandmann (2010) sollte folgender Verlauf bei einer Lernsitzung, bei der lautes Denken angewendet wird, befolgt werden (Sandmann, 2010, S. 185):

1. Einführung in die Lernsitzung

Neben einer kurzen persönlichen Vorstellung, wird dem Teilnehmer oder der Teilnehmerin die Methode des Think-Alouds vorgestellt und erklärt.

2. Erklärung des Ziels der Lernsitzung und der Lernaufgabe

In dieser Vorbesprechung werden grob die Themen, auf die sich das Unterrichtsmaterial bezieht, vorgestellt und die Zielsetzung der Lernsitzung erläutert.

3. Instruktion zum lauten Denken

Durch eine klare Ansage, wie etwa ‚Ab jetzt bitte ich dich laut zu denken.‘ wird dem Teilnehmer oder der Teilnehmerin der Beginn der eigentlichen Lernsitzung signalisiert.

4. Übungsaufgaben zum lauten Denken

Um den Teilnehmer oder die Teilnehmerin auf die Aufgabe des lauten Denkens vorzubereiten, eignen sich kurze Aufgaben mit Alltagsbezug, wie etwa Kopfrechenaufgaben, für deren Lösung kein fachliches Vorwissen benötigt wird.

5. Bearbeitung des Lernmaterials

Während das Unterrichtsmaterial bearbeitet wird, werden die verbalen Daten als Video- oder Audiodatei aufgenommen.

6. Technische Datensicherung

Nachdem die Bearbeitung des Unterrichtsmaterials abgeschlossen ist und somit das Think-Aloud beendet ist, wird das gesammelte Datenmaterial gesichert.

Heutzutage bietet es sich an, die gesamte Lernsitzung mit Hilfe eines Audiorekorders aufzuzeichnen. Die gewonnenen Daten liefern reichhaltige Informationen mit einer großen Vielfalt an Auswertungsmöglichkeiten (vgl. ebd., S. 186). Dazu zählen in erste Linie qualitative Auswertungsverfahren wie die qualitative Inhaltsanalyse, die auf den Transkripten der

Gesprächsprotokolle basiert, diese Methoden werden im Kapitel 3.3. ‚Die qualitativen Auswertungsverfahren‘ genauer erläutert.

Die Think-Aloud Methode wurde bereits in einigen physikdidaktischen Forschungsarbeiten, wie etwa in der Diplomarbeit von Zloklikovits (2016), erfolgreich angewendet. Aufgrund dieser Erfahrungen scheint es mir in Verbindung mit dem gewählten Forschungsdesign dieser Arbeit die sinnvollste Methode zu sein, um detaillierte Erkenntnisse über die Bedürfnisse der Schüler und Schülerinnen zu erhalten, um basierend auf diesen das Unterrichtsmaterial weiterzuentwickeln und zu verbessern.

3.2.2. Das Interview

Neben der zuvor beschriebenen Methode des Think-Alouds werden im Zuge der Entwicklungszyklen auch kurze Interviews mit Schülern und Schülerinnen durchgeführt und diese analysiert.

In diesem Kapitel wird das persönlich-mündliche Interview als Erhebungsmethode vorgestellt. Dabei zeichnet sich diese Form der Interviewführung durch ihre geringe Standardisierung und Strukturierung aus und bietet dadurch die Möglichkeit zu einer offenen Erfassung von Sachverhalten (vgl. Reinders, 2015, S. 93). Beim offenen Interview kann der Befragte ohne Antwortvorgabe frei antworten und kann formulieren, was ihm in Bezug auf das Thema bedeutsam ist (Mayring, 2002, S. 66).

Innerhalb des qualitativen Interviews lassen sich zwei Arten grob unterscheiden: das problemzentrierte Interview und das narrative Interview (vgl. Reinders, 2015, S. 88).

➤ Das Problemzentrierte Interview

Unter diesem Begriff können alle Formen, der offenen, halbstrukturierten Befragung zusammengefasst werden. Bei dieser Form des Interviews kommt der Befragte relativ frei zu Wort und es soll ein offenes Gespräch entstehen. Es ist aber auf eine bestimmte Problemstellung zentriert, die vom Interviewer bereits zuvor analysiert wurde und aufgrund derer ein Interviewleitfaden erstellt wurde. Die Befragten werden zwar mit Hilfe des Interviewleitfadens auf bestimmte Fragestellungen hingelenkt, sollen aber ohne jegliche Antwortvorgaben offen auf die Fragestellungen reagieren. Im Vergleich zum

narrativen Interview basiert das problemzentrierte Interview auf einer stärkeren Strukturierung (vgl. Mayring, 2002, S. 67ff).

➤ Das narrative Interview

Bei dieser Art des Interviews wird der Befragte nicht mit standardisierten Fragen konfrontiert, sondern ganz frei zum Erzählen animiert. Dadurch sollen subjektive Bedeutungsstrukturen sichtbar gemacht werden, die sich einem systematischen Abfragen versperren würden. Auf die Strukturierung des Gespräches durch den Interviewer wird hier verzichtet, diese liegt in der Sprachform der Erzählung selbst, auf die man sich im narrativen Interview festlegt (vgl. Mayring, 2002, S 72f).

In der beschriebenen Form des halbstrukturierten problemzentrierten Interviews, wie es in dieser Arbeit zum Einsatz kam, besteht der Vorteil darin, dass die Fragen zwar in einer Art Leitfaden zuvor festgelegt werden, doch immer die Möglichkeit besteht von diesem Leitfaden abzuweichen und Themen entsprechend ihrer Relevanz zu vertiefen (vgl. Nicht, 2016, S. 68).

3.2.3. Die teilnehmende Beobachtung

Oft werden im wissenschaftlichen Kontext Begriffe benutzt, die im alltäglichen Sprachgebrauch ebenfalls Verwendung finden. Auf den Vorgang einer Beobachtung trifft dies zu, allgemein wird darunter verstanden, etwas oder jemanden über einen längeren Zeitraum zu betrachten. Der Unterschied zwischen der wissenschaftlichen Methode des Beobachtens und dem Begriff aus der Alltagssprache liegt im Ausmaß der Systematik und darin, dass zwischen Wahrnehmung, als meist eher unbewussten Vorgang und Beobachtung, als bewusstem Prozess unterschieden werden muss (vgl. Gniewosz, 2015, S. 109).

Im Gegenteil zu einer alltäglichen Wahrnehmung, gilt eine Beobachtung als eine planvolle und zielgerichtete Methode, wenn folgende drei Aspekte erfüllt sind (vgl. Häder, 2010, S. 300 & Gniewosz, 2015, S. 110):

➤ *Absicht*

Eine Hypothese stellt die Basis für eine wissenschaftliche Beobachtung dar, dadurch ist diese absichtlich und geplant, hat einen Zweck und setzt ein Ziel voraus.

➤ *Selektion*

Eine wissenschaftliche Beobachtung findet zielgerichtet statt, nicht alle Wahrnehmungen spielen dafür eine Rolle. Die Beobachtung konzentriert sich auf bestimmte Aspekte und andere werden ausgeblendet.

➤ *Auswertung*

Schon der Prozess der wissenschaftlichen Beobachtung ist darauf ausgelegt, dass er einer systematischen und nachvollziehbaren Auswertung und Replikation unterzogen werden kann.

Bei der Rolle des Beobachters lassen sich einige unterschiedliche Grade der Beteiligung am Beobachtungsgeschehen differenzieren. Im Falle der vorgenommenen Beobachtungen im Rahmen dieser Arbeit, lässt sich die Beobachtungsform nicht ganz genau definieren. Da einerseits der Unterricht als aktive Lehrperson geführt und moderiert wurde, andererseits die Schüler und Schülerinnen die Arbeitsaufträge selbstständig bearbeiteten. Am genauesten trifft die Beschreibung der moderaten und peripheren Beteiligung die eingenommene Rolle des Beobachters. Bei dieser Form des Beobachtens interagiert der Forscher zwar mit den Akteuren, hält sich aber aus den zu beobachtenden Aktivitäten heraus. Um im Zuge der Beobachtungen Daten zu generieren, die im Anschluss analysiert werden können, müssen vom Beobachter während des Ablaufs der zu beobachtenden Geschehnisse oder kurz danach Feldnotizen erstellt werden. Diese beinhalten Informationen und Beschreibungen einzelner

Situationen, Aussagen und Fragen von Schülern und Schülerinnen und Kommentare des Beobachters selbst (vgl. Gniewosz, 2015, S. 112).

3.3. Die qualitativen Auswertungsverfahren

In diesem Kapitel werden die Auswertungsverfahren vorgestellt, mit deren Hilfe die im Zuge dieser Arbeit erhobenen Daten analysiert werden. Es lassen sich viele Kriterien nennen, die eine Abgrenzung zwischen qualitativer und quantitativer Analyse beschreiben. Das formalste und gleichzeitig auch einleuchtendste Unterscheidungskriterium ist die Unterscheidung von der Begriffsform her: Von einer quantitativen Analyse spricht man, sobald Zahlbegriffe und deren In-Beziehung-Setzen durch mathematische Operationen bei der Erhebung oder Auswertung verwendet werden, in allen anderen Fällen von einer qualitativen Analyse (vgl. Mayring, 2010, S. 17).

Unter dem Begriff der qualitativen Forschung werden soziologische, erziehungswissenschaftliche und psychologische Ansätze verstanden, die das Subjekt als Konstrukteur seiner Wirklichkeit verstehen, dabei menschliches Erleben und Verhalten durch Verstehen und Interpretation bestimmen und sich um eine Verbesserung der Praxis bemühen. Qualitatives Forschen versucht herauszufinden, wie Sachverhalte von Menschen gesehen werden, welche individuelle Bedeutung diese für sie haben und welche Reaktionshandlungen in diesem Zusammenhang auftreten. Aus daraus gewonnenen Erkenntnissen werden Theorien formuliert und Schlüsse für die Praxis gezogen (vgl. Gläser-Zikuda, 2015, S. 119).

3.3.1 Aufbereitung qualitativer Daten

Bei qualitativ angelegten Studien unterscheidet sich die Aufbereitung der Daten grundlegend von der bei quantitativ orientierter Forschung. Da im Zuge dieser Arbeit so gut wie ausschließlich qualitative Daten erhoben worden sind, geht es vorwiegend darum, diese anschließend zu verschriftlichen. Das durch die Methoden des Think Alouds und des Interviews gewonnene Audiomaterial wurde verschriftlicht, um dadurch eine nachvollziehbare Aufbereitung sowie eine möglichst komplette Rekonstruktion der qualitativen Befragungen zu ermöglichen (vgl. Häder, 2010, S. 403).

3.3.2. Transkriptionsverfahren

Bei der Verschriftlichung des Datenmaterials, in Form von Audioaufzeichnungen, für die Analyse, stellt sich die Frage nach einer geeigneten Art der Transkription. Dazu stehen folgende Varianten der Transkription zu Verfügung: die literarische Umschrift, die wörtliche Transkription, die kommentierte Transkription und das zusammenfassende Protokoll. Da bei der Analyse zur Verbesserung des Unterrichtsmaterials vor allem die inhaltlich-thematische Ebene von Interesse ist und die sprachliche Ausdruckskraft der Befragten eher eine untergeordnete Rolle spielt, ist die wörtliche Transkription die beste Wahl (vgl. Gläser-Zikuda, 2015, S. 121). Nach Mayring steckt hinter diesem Transkriptionsverfahren folgender Grundgedanke:

„Durch wörtliche Transkription wird eine vollständige Textfassung verbal erhobenen Materials hergestellt, was die Basis für eine ausführliche interpretative Auswertung bietet.“

(Mayring, 2002)

Beim Transkribieren wird grundsätzlich eine dreispaltige Tabelle benutzt, wobei in der ersten Spalte die fortlaufende Nummerierung der Zeilen erfolgt, da dies bei späteren Auswertungen einen Verweis auf bestimmte Stellen im Gespräch ermöglicht. In der zweiten Spalte wird die Person, die die nachstehende Aussage getätigt hat, notiert und in die dritte Spalte wird schließlich der Inhalt des Gesprächs geschrieben (vgl. Häder, 2010, S. 405). In der folgenden Abbildung wird ein Beispiel für eine Transkriptionstabelle angeführt.

1	S3:	Grüß Gott!
2	A:	Hallo! Ich hätte drei kurze Fragen an dich.
3	S3:	Klar!
4	A:	Die erste wäre: Kannst du mir prinzipiell sagen was du heute gelernt hast?
5		Worum ist es gegangen in der Einheit?
6	S3:	Über die UV-Strahlung!

Tabelle 4: Auszug aus dem Transkript eines Kurzinterviews dieser Arbeit

3.3.3. Die qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse wird vor allem in der Bildungsforschung immer häufiger eingesetzt. Prinzipiell wurde dieses Verfahren entwickelt, um Massenmedien quantitativ zu analysieren und versteht sich als kommunikationswissenschaftliche Methode. Die qualitative Inhaltsanalyse zeichnet sich vor allem durch ein systematisches Vorgehen aus, bei dem ein regelgeleiteter Ablauf eine nachvollziehbare Analyse und überprüfbare Gütekriterien ermöglicht. Die Methode ist auf drei zentralen Techniken begründet: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung (vgl. Gläser-Zikuda, 2015, S. 123).

Die qualitative Inhaltsanalyse versucht die vorliegenden Texte systematisch zu analysieren, indem sie das Material schrittweise mit theoriegeleiteten Kategoriensystemen, die aus dem Material entwickelt werden, bearbeitet (vgl. Mayring, 2010, S. 114). Dabei können die formulierten Kategorien als äquivalent zu Fragen in einem standardisierten Fragebogen angesehen werden und die Unterkategorien möglichen Antwortvorgaben entsprechen. Kromrey bezeichnet die Entwicklung dieses Kategoriensystems als das Kernstück der Inhaltsanalyse und zugleich als den problematischsten Teil des Verfahrens, da verschiedene Entscheidungen getroffen werden müssen und ein intensiver Prozess der theoretischen Vorarbeit und des Abgleichs mit dem empirischen Material notwendig ist (vgl. Kromrey, 2009, S. 310ff).

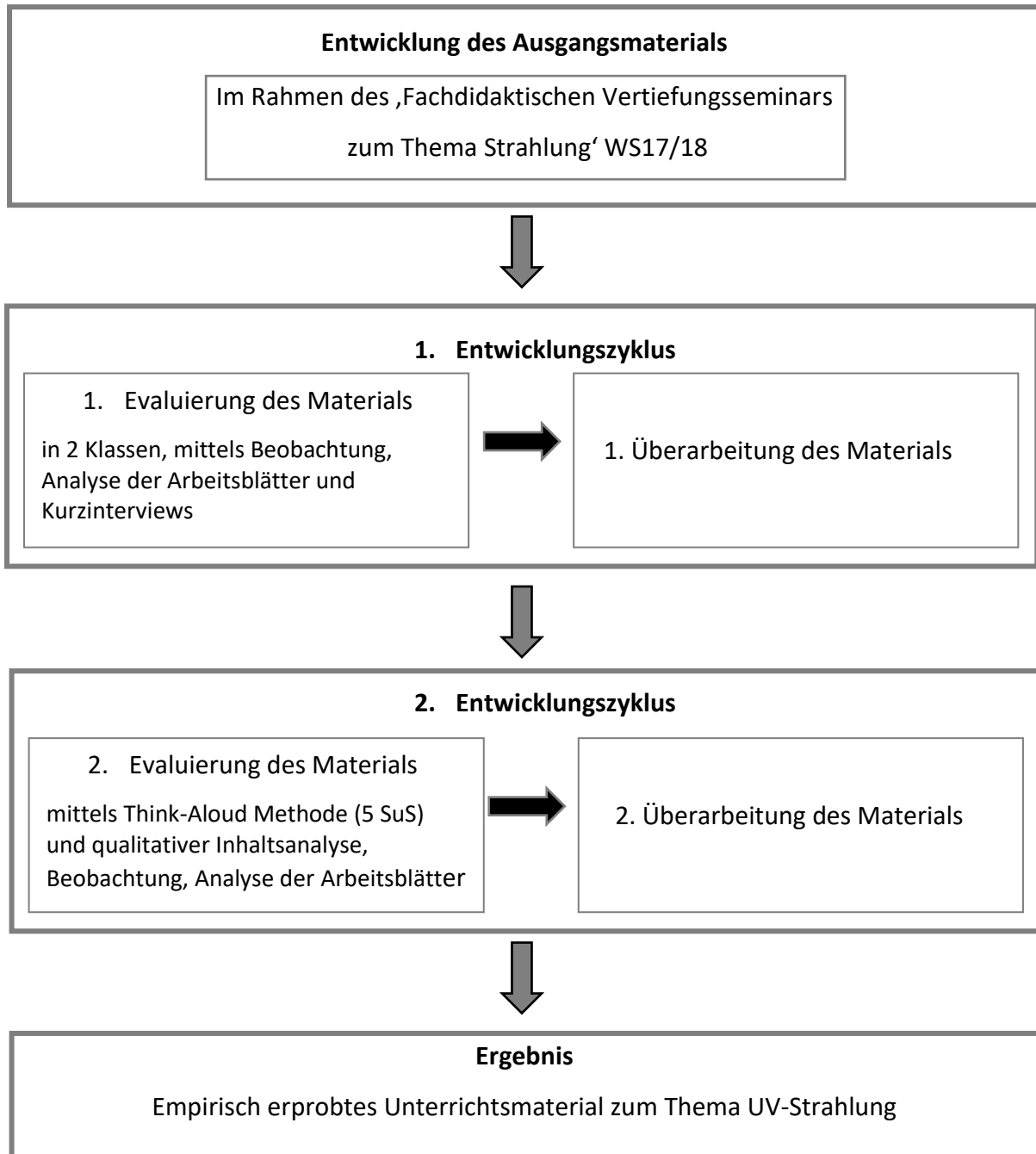
Mit Hilfe eines Codierleitfadens können Antworten, oder Teile davon, zu bestimmten Auswertungskategorien zugeordnet werden. Ein Codierleitfaden setzt sich dabei aus 4 Komponenten zusammen: Bezeichnung der Kategorie, Definition der Kategorie, Beispiele und Codierregeln (Hammann & Jördens, 2014, S. 175).

Aufgrund dieses Ablaufschemas zielt die Inhaltsanalyse maßgeblich auf eine quantitative Auswertung der vorhandenen Daten ab, die im Kontext der Evaluation durchaus sinnvoll ist. Daher kann die Trennung von quantitativ und qualitativ bei dieser Form der Inhaltsanalyse eher als eine analytische denn eine in der Praxis vorhandene Differenz gesehen werden (vgl. Nicht, 2016, S. 75).

4. Das entwickelte Unterrichtskonzept

4.1. Überblick über die Entwicklungszyklen

Das Ausgangsmaterial für die Unterrichtseinheit wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung ‚Fachdidaktisches Vertiefungsseminar zum Thema Strahlung‘ gemeinsam mit dem Kollegen Ralf Eder im Wintersemester 2017/2018 entwickelt. Dieses Unterrichtsmaterial stellt den Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung mit Hilfe des Design-Based Research, das im Kapitel 3.1. vorgestellt wurde, dar. Wie beschrieben, basiert dieses Forschungsdesign auf kontinuierlichen Zyklen von Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design (vgl. Reinmann, 2005, S. 62). Die folgende Abbildung soll eine Übersicht über die Entwicklungszyklen und die dabei eingesetzten Methoden geben:



4.2. Das Ausgangsmaterial

Das Ausgangsmaterial wurde im Zuge der Lehrveranstaltung ‚Fachdidaktisches Vertiefungsseminar zum Thema Strahlung‘ in mehreren Schritten entwickelt. Der Entstehungsprozess des Ausgangsmaterials kann in drei Abschnitte, die in diesem Kapitel beschrieben werden, gegliedert werden.

4.2.1. Didaktische Analyse

Mit Hilfe der didaktischen Analyse sollen zu Beginn dieser Arbeit die wichtigsten Rahmenbedingungen zur Entwicklung des Unterrichtskonzeptes abgesteckt werden. Es wird den 5 von Klafki formulierten Grundfragen der didaktischen Analyse, die in Kapitel 2.2.1. behandelt wurden, nachgegangen, um die pädagogische Bedeutung und Struktur des Bildungsinhaltes des Themas UV-Strahlung zu ermitteln (vgl. Klafki, 1962, S. 22). Diese Vorgehensweise stellt das Grundgerüst des Entwicklungsprozesses dar und wird daher im Verlauf dieser Arbeit nicht mehr verändert. In dieser didaktischen Analyse für eine schülerzentrierte Unterrichtseinheit zum Thema ‚*UV-Strahlung mit Schwerpunkt auf Reflexion, Transmission und Absorption*‘ werden folgende Aspekte bearbeitet:

- Lehrplanbezug
- Relevanz des Themas
- Vorwissen der Schüler und Schülerinnen
- Fachliche Klärung
- Schülervorstellungen
- Key Ideas / Zentrale Konzepte
- Lernziele
- Kompetenzmodell

Lehrplanbezug

Die UV-Strahlung wird weder im Unterstufen- noch im Oberstufenlehrplan explizit erwähnt, man findet sie jedoch im Kompetenzmodell für Naturwissenschaften für die 8. Schulstufe in den Inhaltsdimensionen unter dem Punkt P4 – Optik: ‚Zerlegung von Licht: sichtbare, infrarote und ultraviolette Strahlung‘. Daher würde es thematisch passen, die UV-Strahlung im Anschluss an das Kapitel ‚Die Welt des Sichtbaren‘ zu behandeln (vgl. BMBWF, 2018).

4. Klasse (8. Schulstufe): Die Welt des Sichtbaren: Ausgehend von Alltagserfahrungen grundlegendes Verständnis über Entstehung und Ausbreitungsverhalten des Lichtes erwerben und anwenden können.

Relevanz des Themas für Schüler und Schülerinnen

Eine der 4 Basisideen zu den zentralen Konzepten, um die elektromagnetische Strahlung zu verstehen, lautet: ‚Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent‘. Aufgrund dieser Tatsache und dem Umstand, dass elektromagnetische Strahlung immer häufiger für moderne technische Anwendungen verwendet wird, hat diese im heutigen Alltag eine große gesellschaftliche Relevanz. Außerdem ist das Thema in den Bildungsstandards verankert (vgl. Plotz, 2016b, S. 2f).

UV-Strahlung kommt heutzutage in vielen technischen Bereichen zum Einsatz, spezielle Anwendungsgebiete sind im Kapitel 2.1.6. genauer beschrieben. Im Allgemeinen wird mit elektromagnetischer Strahlung auch viel Missbrauch betrieben, immer häufiger werden Produkte angeboten, die etwa vor Handystrahlung schützen sollen. Dabei fehlt es aber meist an physikalisch begründbaren Erklärungen über die Wirkung der Schutzmechanismen. Daher kann es nur von Vorteil sein, über die grundlegenden Eigenschaften der verschiedenen Strahlungsarten Bescheid zu wissen, um sich so ein eigenes Bild über den tatsächlichen Nutzen von angebotenen Produkten machen zu können.

Das Bräunen in der Sonne oder im Solarium ist vor allem bei Jugendlichen sehr beliebt, doch dabei sollte man auch über die Gefahren Bescheid wissen, die entstehen, wenn die menschliche Haut UV-Strahlung ungeschützt ausgesetzt ist. Andererseits hat UV-Strahlung wiederum die positive Wirkung, dass UV-B den Aufbau des Vitamins B unterstützt.

Vorwissen der Schüler und Schülerinnen

In der 8. Schulstufe, für die das Unterrichtskonzept entwickelt wird, sollten die Schüler und Schülerinnen aus vergangenen Lerninhalten, vor allem aus dem Kapitel Optik, folgendes Vorwissen besitzen:

- Die Schüler und Schülerinnen besitzen Kenntnisse über das Bohr'sche Atommodell.
- Die Schüler und Schülerinnen haben im Rahmen des Physikunterrichts beim Thema Optik das ganze Spektrum der elektromagnetischen Strahlung und die Phänomene ‚Reflexion‘, ‚Absorption‘ und ‚Transmission‘ anhand von sichtbarem Licht kennengelernt.
- Die beiden Begriffe Frequenz und Wellenlänge und deren Zusammenhang sind den Schülern und Schülerinnen bekannt.
- Der Begriff der UV-Strahlung ist den Schülern und Schülerinnen aus dem alltäglichen Leben ein Begriff.

Fachliche Klärung

Die fachliche Klärung ist ein wichtiger Teil der fachdidaktischen Vorarbeit, um einen Überblick über die wichtigsten fachlichen Aspekte, die in der zu entwickelten Unterrichtseinheit im Zentrum stehen sollen, zu erhalten.

- Die elektromagnetische Wechselwirkung wird durch ein Feld vermittelt, das elektromagnetisches Feld genannt wird.
- Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie und wechselwirkt in unterschiedlicher Weise mit Materie.
- EM-Strahlung kann anhand der Wellenlänge bzw. der damit verknüpften Photonenenergie klassifiziert werden. (vgl. Plotz, 2016).
- Jene Strahlung, welche im EM-Spektrum zwischen sichtbarem Licht und Röntgenstrahlung zu finden ist, wird ultraviolette Strahlung genannt. Sie ist daher für das menschliche Auge unsichtbar.

- UV-Strahlung wird von bestimmten natürlichen oder künstlichen Quellen emittiert. Natürliche Quellen sind die Sonne, Sterne, Blitze und Polarlichter. Künstliche Quellen sind etwa Schwarzlichtlampen und Quecksilberdampflampen.
- Man kann UV-Strahlung durch ihre Wechselwirkung mit bestimmten Stoffen nachweisen und umgekehrt: durch UV-Strahlung können bestimmte Stoffe sichtbar gemacht werden (Fluoreszenz).
- Die UV-Strahlung aus der Sonne beinhaltet UVA-, UVB- und UVC-Strahlung, wobei die letztere von der Atmosphäre vollständig absorbiert wird.
- Die verbleibende UV-Strahlung von der Sonne breitet sich auch im Schatten sowie durch Wolken aus und wird durch Wasser, Sand und Schnee zum Großteil reflektiert.
- Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent (Plotz, 2016, S. 3).

Schülervorstellungen

Die bereits aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen spielen in der Entwicklung des Unterrichtsmaterials eine wichtige Rolle, denn sie ermöglichen es, schon bei der Planung diese weitverbreiteten Vorstellungen zu berücksichtigen. In Kapitel 2.2.3. wurde der Begriff Schülervorstellungen und der Umgang damit erläutert, an dieser Stelle werden nochmals die wichtigsten Fehlvorstellungen zum Thema UV-Strahlung, die im Zuge dieser Arbeit auftreten können, vorgestellt:

- Die Strahlung der Sonne ist generell UV-Strahlung. (Libarkin et al., 2011)
- UV-Strahlung ist sichtbar. (Neumann & Hopf, 2012, S. 829)
- Natürliche UV-Strahlung ist unsichtbar, aber sichtbar, wenn sie sehr intensiv oder künstlich ist. (Langer, 2015, S. 93)
- UV-Strahlung ist eine sehr starke und schädliche Strahlung. (Libarkin et al., 2011)
- Alle Arten der Strahlung haben dieselben Eigenschaften. (Rego und Peralta, 2006)
- Bei der UV-Strahlung werden oft Quellen genannt, die meistens (blaues) sichtbares Licht mit ausstrahlen. (Rego und Peralta, 2006)

Key Ideas / Zentrale Konzepte

Die zentralen Konzepte, auf die diese Unterrichtseinheit abzielen soll, begründen die unterschiedlichen Schwerpunkte bei der Elementarisierung des doch sehr umfangreichen Themengebietes der UV-Strahlung. Dabei stehen vor allem das elektromagnetische Spektrum und die Einordnung der UV-Strahlung in dieses, sowie die drei Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission im Mittelpunkt. Diese Schwerpunkte können wie folgt formuliert werden:

- Im elektromagnetischen Spektrum können die einzelnen Strahlungsarten anhand ihrer Wellenlänge, Frequenz oder Energie klassifiziert werden. Dabei schließt die UV-Strahlung an den Bereich des sichtbaren Lichtes an, besitzt allerdings eine kleinere Wellenlänge als violettes Licht.
- Schüler und Schülerinnen können die ihnen bereits bekannten Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission des sichtbaren Lichtes auf die UV-Strahlung übertragen.

Lernziele

- Schüler und Schülerinnen können am Ende der Einheit die wichtigsten Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung nennen und die UV-Strahlung im Spektrum der elektromagnetischen Strahlung richtig einordnen.
- Schüler und Schülerinnen können die ihnen bereits vom sichtbaren Licht bekannten Phänomene der Absorption, Reflexion und Transmission auf die UV-Strahlung übertragen und deren Auswirkungen auf das alltägliche Leben besser verstehen.

Kompetenzmodell

Die österreichischen Bildungsstandards beziehen sich auf den von Weinert (2001) entwickelten Kompetenzbegriff (vgl. BIFIE, 2018). Weinert beschreibt Kompetenzen wie folgt:

„Die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (Weinert, 2001).“

Nach dem Kompetenzmodell Naturwissenschaften lassen sich die angestrebten Kompetenzen in die folgenden drei Dimensionen aufteilen: Handlungsdimension, Anforderungsdimension und Inhaltsdimension (vgl. BIFIE, 2011, S.1).

An dieser Stelle werden die Kompetenzen der einzelnen Dimension formuliert, die bei der Durchführung der ausgearbeiteten Unterrichtseinheit bei den Schülern und Schülerinnen gefördert werden sollen.

➤ Handlungsdimension:

➤ *Wissen organisieren: Aneignen, Darstellen und Kommunizieren*

W 1 – Die Schüler und Schülerinnen sollen Vorgänge und Phänomene der UV-Strahlung bei der Wechselwirkung mit unterschiedlichen Materialien beschreiben und benennen.

W 2 – Die SchülerInnen sollen aus wissenschaftlichen Quellen fachspezifische Informationen zum Thema elektromagnetisches Spektrum und UV-Strahlung entnehmen.

➤ *Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren*

E 1 – Die Schüler und Schülerinnen sollen bei der Wechselwirkung von UV-Strahlung mit unterschiedlichen Materialien Beobachtungen machen und diese beschreiben.

E 3 – Die Schüler und Schülerinnen sollen zu einer Fragestellung, die das Phänomen Reflexion von UV-Strahlung bearbeitet, ein Experiment planen, durchführen, skizzieren und beschreiben.

➤ *Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln*

S 1 – Die Schüler und Schülerinnen sollen Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen zum Thema ‚Schutz vor UV-Strahlung‘ aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

➤ Anforderungsdimensionen:

N2 Anforderungsniveau II:

Sachverhalte und einfache Verbindungen zwischen Sachverhalten aus Natur, Umwelt und Technik unter Verwendung einzelner Elemente der Fachsprache (inkl. Begriffe, Formeln) und der im Unterricht behandelten Gesetze, Größen und Einheiten beschreiben, untersuchen und bewerten; Kombination aus reproduzierendem und selbstständigem Handeln (BIFIE, 2011, S. 2).

➤ Inhaltsdimension:

P4 - Optik: ‚Zerlegung von Licht: sichtbare, infrarote und ultraviolette Strahlung‘

4.2.2. Stundenplanung

Ausgehend von der im vorigen Kapitel beschriebenen didaktischen Analyse wurde eine konkrete Stundenplanung für die zu entwickelnde Unterrichtseinheit erarbeitet. Nach einem ersten Brainstorming darüber, wie sich schülerzentrierter Unterricht über UV-Strahlung in der Klasse am besten umsetzen lassen würde, einigte man sich auf die Konzeption eines Stationenbetriebes. Dabei sollten vor allem die wichtigsten Eigenschaften der UV-Strahlung, die Einordnung dieser Strahlungsart in das elektromagnetische Spektrum, sowie die Wechselwirkung mit Materie im Vordergrund stehen.

Auf den folgenden Seiten ist diese Stundenplanung in Form eines Rasters abgebildet und die einzelnen Unterrichtsphasen der entwickelten Einheit werden genauer beschrieben.

Zeit [Minuten]	Methode	Inhalt	SchülerInnenaktivität	LehrerInnenaktivität	Sozialform	Materialien und Medien
5	Einstieg Demonstrationsversuch	Versuch mit UV-Perlen soll Interesse am Thema UV-Strahlung wecken und das Vorwissen aktivieren	SuS beobachten den Versuch und stellen anschließend Vermutungen auf	Lehrperson führt den Versuch durch und moderiert Vermutungen	Ganze Klasse	UV-Perlen, UV-Taschenlampe, normale Taschenlampe
12	Stationenbetrieb	Station 1	SuS lesen Text über EM- Spektrum und UV- Strahlung und bearbeiten Arbeitsblatt	Lehrperson beobachtet, unterstützt und koordiniert	Kleingruppe	Arbeitsblatt, Lesetext, Lösungsblatt
12		Station 2	SuS untersuchen verschiedene Materialien auf Transmission oder Absorption von UV- Strahlung	Lehrperson beobachtet, unterstützt und koordiniert	Kleingruppe	Arbeitsblatt, UV-Perlen, UV- Lampe, Materialien, Lösungsblatt
12		Station 3	SuS bearbeiten Arbeitsblatt über Reflexion von UV- Strahlung und planen, führen durch und analysieren Experiment	Lehrperson beobachtet, unterstützt und koordiniert	Kleingruppe	Arbeitsblatt, UV-Lampe, UV- Perlen, Spiegel, Lösungsblatt
5	Evaluation Kreuzworträtsel	SuS wiederholen erlerntes Wissen	SuS füllen Kreuzworträtsel aus	Lehrperson bespricht Kreuzworträtsel und gibt den zeitlichen Rahmen vor	Einzelarbeit	Kreuzworträtsel

Tabelle 5: Stundenplanung

4.2.2.1. Einstieg

Der Einstieg in die Unterrichtseinheit und das für die Schüler und Schülerinnen neue Thema der UV-Strahlung soll mit Hilfe eines Demonstrationsversuches durchgeführt werden. Dabei steht nicht der Wissenserwerb im Vordergrund, sondern die Neugierde und das Interesse an den in der folgenden Unterrichtseinheit behandelten Inhalten soll geweckt werden. In der Einstiegsphase kann ein Versuch das Interesse für ein neues Stoffgebiet wecken (Einstiegsmotivation) (Kircher, 2015, S. 231).

Zu Beginn der Einheit werden die Schüler und Schülerinnen aufgefordert einen Halbkreis um den Lehrertisch zu bilden, damit wirklich jeder und jede eine gute Sicht auf die Durchführung des Experimentes hat. Die UV-Perlen liegen auf dem Tisch und werden zuerst mit einer herkömmlichen Taschenlampe beleuchtet, folglich bleibt eine Reaktion der Perlen aus, diese verfärben sich nicht. Ohne eine Erklärung wechselt die Lehrperson nun die Taschenlampe und verwendet anstelle der herkömmlichen Lampe eine UV-Lampe. Bei der erneuten Bestrahlung der UV-Perlen ändern diese schon nach kurzer Zeit ihre Farbe. Dieser Effekt soll bei den Schülern und Schülerinnen die Frage aufwerfen, was an dieser Lampe, im Vergleich zu der zuerst verwendeten, anders ist.

Somit wird bei den Schülern und Schülerinnen Interesse und Motivation aufgebaut, mehr über die gerade beobachteten Vorgänge zu erfahren.

4.2.2.2. Stationenbetrieb

Als Kernstück des geplanten Unterrichtskonzeptes fungiert ein Stationenbetrieb, dieser gewährleistet einen schülerzentrierten und kompetenzorientierten Unterricht. Die Methode des Stationenbetriebes wurde im Kapitel 2.2.4. dieser Arbeit genauer vorgestellt.

Nach der Durchführung des Demonstrationsversuches sollen die Schüler und Schülerinnen für den folgenden Stationenbetrieb in sechs Kleingruppen aufgeteilt werden. Der Stationenbetrieb setzt sich aus drei Stationen zusammen, wobei jede Station zweimal aufgebaut wird (Abbildung 9). So ist es möglich die Schüleranzahl jeder Gruppe relativ gering zu halten und es wird jedem Schüler und jeder Schülerin die Möglichkeit zur aktiven Beteiligung bei der Bearbeitung der jeweiligen Aufgabenstellung gegeben. Außerdem ermöglicht das gleichzeitige Bearbeiten von zwei identen Stationen die Durchführung des Stationenbetriebes in einer einzigen Unterrichtseinheit. Bei jeder Station liegen die Arbeitsblätter und die benötigten Materialien bereit. Die dazugehörigen Lösungsblätter, mit deren Hilfe die erarbeiteten Ergebnisse verglichen werden können, befinden sich am Lehrertisch.

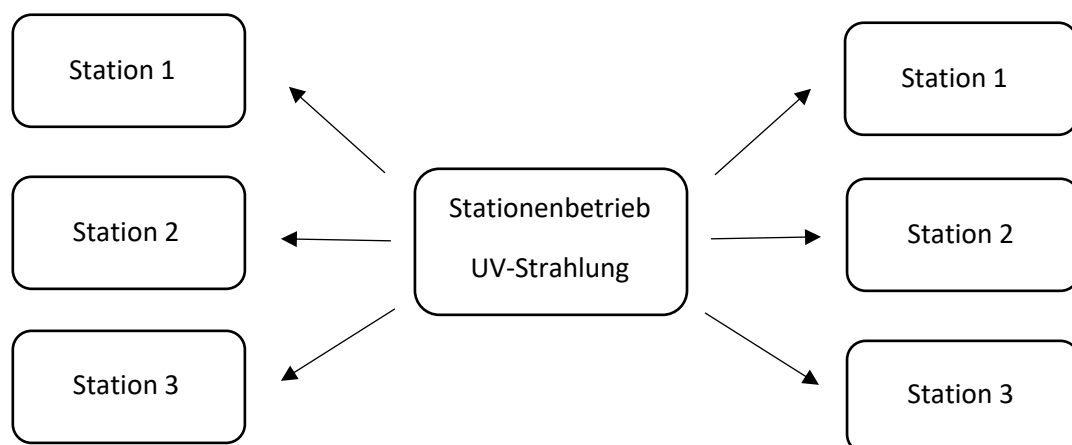


Abbildung 9: Aufbau des Stationenbetriebes

Da die Schüler und Schülerinnen die einzelnen Stationen in unterschiedlichen Reihenfolgen absolvieren, musste darauf geachtet werden, dass jede der drei Stationen, unabhängig von den Inhalten der anderen beiden, zu bearbeiten ist.

➤ **Station 1 – Das elektromagnetische Spektrum und UV-Strahlung**

Bei dieser Station sollen die Schüler und Schülerinnen zuerst einen beiliegenden Text mit allgemeinen Informationen zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung lesen. Mit Hilfe des Textes und einer Abbildung des elektromagnetischen Spektrums sollen Fragestellungen zu folgenden Bereichen bearbeitet werden: das elektromagnetische Spektrum, die Wellenlängenbereiche des sichtbaren Lichtes, elektromagnetische Strahlungsarten nach ihrer Wellenlänge ordnen und bei Aussagen beurteilen, ob diese wahr oder falsch sind.

➤ **Station 2 – Absorption und Transmission von UV-Strahlung**

Diese Station befasst sich vor allem mit den Phänomenen der Absorption und Transmission von UV-Strahlung, und der Wechselwirkung dieser mit unterschiedlichen Materialien. Die Schüler und Schülerinnen sollen einerseits durch selbstständiges, aber angeleitetes Experimentieren herausfinden, welche der beiliegenden Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche eben nicht. Andererseits sollen sie Unterschiede der einzelnen Materialien in Bezug auf ihre Durchlässigkeit für UV-Strahlung und das sichtbare Licht kennen lernen. Dazu sollen die Schüler und Schülerinnen ihrer Beobachtung aus der Durchführung des Experiments mit ihren alltäglichen Erfahrungen mit dem sichtbaren Licht vergleichen.

➤ **Station 3 – Reflexion von UV-Strahlung und Schutz vor UV-Strahlung**

Bei dieser Station sollen die Schüler und Schülerinnen mit dem Phänomen der Reflexion von UV-Strahlung und insbesondere mit den damit verbundenen Gefahren, die von der Sonnenstrahlung ausgehen können, vertraut gemacht werden. Es sollen Aussagen, mit Hilfe einer Abbildung, auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft werden und wenn nötig richtiggestellt werden. Im zweiten Punkt des Arbeitsblattes wirft eine Bildergeschichte die Fragestellung auf, ob UV-Strahlung von einem handelsüblichen Spiegel reflektiert werden kann oder nicht. Diese Frage sollen die Schüler und Schülerinnen mit der Durchführung eines weiteren Experiments beantworten.

4.2.2.3. Evaluation

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit wird mit der im Kapitel 2.2.8. beschriebenen Sicherungsmethode ‚Kreuzworträtsel‘ der Lernfortschritt der Schüler und Schülerinnen evaluiert. Dadurch bekommen sowohl die Lehrperson als auch die Teilnehmer und Teilnehmerinnen des Stationenbetriebes ein Feedback über den Wissenserwerb in dieser Unterrichtseinheit.

4.2.3. Entwicklung des Ausgangsmaterials

Anhand der im vorigen Kapitel beschriebenen Stundenplanung konnte eine erste Version des Unterrichtsmaterials entwickelt werden. Wie sich rasch herausstellte, bestand die größte Schwierigkeit darin, die Aufgaben der einzelnen Stationen so zu gestalten, dass jedes der Arbeitsblätter ohne ein aufbauendes Vorwissen aus den anderen Stationen von den Schülern und Schülerinnen bearbeitet werden kann. Ein halbwegs ausgeglichener Schwierigkeitsgrad und ein aneinander angepasster Zeitaufwand, der zur Bearbeitung der einzelnen Stationen benötigt wird, waren weitere Aspekte, die es bei der Erstellung der Arbeitsblätter zu bedenken gab.

Die Vorstellung, als beiliegenden Text zur Station 1 einen Artikel aus einer Fachzeitschrift zu entnehmen, konnte nicht umgesetzt werden. Trotz langer Suche und Recherche konnte kein Text gefunden werden, der alle Informationen, die für die Lösung der Aufgabenstellungen nötig sind, beinhaltet und dabei nicht eine gewisse Länge überschreitet oder für die angedachte 8. Schulstufe zu komplex verfasst wurde. Aus diesen Gründen wurden eigene Formulierungen entworfen und diese als erster Ausgangspunkt im Entwicklungszyklus verwendet.

Eine große Unsicherheit bestand auch bei den Entwürfen der Anleitungstexte zu den einzelnen Versuchen. Dabei konnte schwer abgeschätzt werden, wie viel Freiraum man den Schülern und Schülerinnen bei der Durchführung der Experimente lassen kann oder ob es von Vorteil wäre, den Ablauf der Versuche Schritt für Schritt vorzugeben.

Die fertig erstellten Unterrichtsmaterialien wurden, um in einer ersten Möglichkeit Feedback über die erarbeiteten Arbeitsblätter zu erhalten, einigen Kollegen und Kolleginnen aus dem

Seminar vorgestellt. Aufgrund der Meinungen, dass einige Aufgabenstellungen für die abgezielte Schulstufe zu schwer und zu kompliziert formuliert sein könnten, wurde das Material ein erstes Mal überarbeitet und dabei vor allem der Schwierigkeitsgrad und die Länge des Textes der Station 1 abgeändert. Ein weiterer Aspekt, den die Kollegen und Kolleginnen zu bedenken gaben, war die Fülle an Informationen, die in der Abbildung des elektromagnetischen Spektrums beinhaltet war. Denn ein Großteil davon wurde nicht zur Lösung der Aufgaben benötigt und könnte die Schüler und Schülerinnen dadurch verwirren. Daher wurde die Abbildung ersetzt und dabei darauf geachtet, den Lernenden nur die essentiell wichtigen Informationen zur Verfügung zu stellen.

In weiterer Folge wurde im Zuge des Seminares das erstmals überarbeitete Material an zwei Schülern der 8. Schulstufe getestet. Dabei konnten durch Beobachtung und aufgrund der Fragen der Schüler vor allem inhaltliche Ungereimtheiten überarbeitet und verbessert werden. Aufgrund der daraus gewonnen Erkenntnisse konnten aber auch organisatorische Aspekte, wie etwa der benötigte Zeitaufwand für die einzelnen Stationen, die Sinnhaftigkeit einzelner Materialien, die bei den Versuchen zum Einsatz kommen, und die Formulierungen der einzelnen Aufgabenstellungen aus der Sicht von Schülern beurteilt und verbessert werden.

Die aufgrund dieser Feedbacks überarbeiteten Arbeitsblätter, Lösungsblätter und der dazugehörige Text, die zur Bearbeitung der einzelnen Stationen notwendig sind und in weiterer Folge als Ausgangsmaterial für den weiteren Entwicklungsprozess dienen, sind im Anhang dieser Arbeit zu finden.

5. Entwicklungszyklus 1

Da das entwickelte Ausgangsmaterial im Zuge des Seminares bereits einige Überarbeitungen, die im vorigen Kapitel beschrieben wurden, hinter sich hat, kann es im ersten der drei geplanten Entwicklungszyklen direkt im Regelunterricht in ganzen Klassen auf Stärken und Schwächen getestet werden. Dazu wird die Unterrichtseinheit in zwei Klassen erprobt und anschließend evaluiert, um so eine Grundlage für die Weiterentwicklung des Materials zu erschaffen.

Die erste der beiden Unterrichtseinheiten, die je 50 Minuten dauerten, wurde im BG Babenbergerring, in Wiener Neustadt und die zweite in der NMS Neunkirchen, jeweils in der 8. Schulstufe, durchgeführt (siehe Tabelle 4). Aufgrund des doch sehr großen Unterschiedes des Leistungsniveaus der zwei Klassen, in denen das Material getestet wurde, ist es sehr interessant hier Vergleiche, vor allem in puncto Schwierigkeit der Aufgabenstellungen und den benötigten Zeitaufwand zur Bearbeitung der einzelnen Stationen, anzustellen.

Schulform	weiblich	männlich	insgesamt
AHS	13	11	24
NMS	9	10	19

Tabelle 6: Stichprobe des ersten Entwicklungszyklus

5.1. Methodischer Zugang und Durchführung

Zur Evaluierung des Ausgangsmaterials wurden folgende, der im Kapitel 3 beschriebenen Analyse- und Auswertungsverfahren verwendet: die teilnehmende Beobachtung durch den Autor, die qualitative Inhaltsanalyse der von den Schülern ausgefüllten Arbeitsblätter und die Auswertung der geführten Kurzinterviews.

5.1.1. Teilnehmende Beobachtung

Bei dieser Form der Beobachtung ist der Autor im Klassenzimmer anwesend, versucht aber so wenig wie möglich in das Geschehen einzugreifen. Natürlich müssen die organisatorischen Rahmenbedingungen für den Stationenbetrieb erläutert und koordiniert werden, doch anschließend sollten die Schüler und Schülerinnen ihre Arbeitsaufträge selbstständig erfüllen. Daher trifft die Beschreibung der moderaten und peripheren Beteiligung die Rolle des Beobachters am besten. Je weiter der Forscher involviert ist, desto mehr verliert er potentiell die Distanz zum Untersuchungsgegenstand und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass durch die Beteiligung des Forschers die Beobachtungsergebnisse beeinflusst und eventuell auch verfälscht werden (vgl. Gniewosz, 2015, S. 102).

Beobachtungsformen können einen unterschiedlichen Grad der Standardisierung aufweisen. Für die Beobachtung der Schüler und Schülerinnen und ihrem Umgang mit dem entwickelten Unterrichtsmaterial eignet sich die Form der halbstandardisierten Beobachtung am besten, dabei ist der Fokus der Untersuchungen zwar schon auf einzelne Kategorien festgelegt, diese sind aber relativ offengehalten (vgl. Gniewosz, 2015, S. 103). Neben diesen zuvor festgelegten Kategorien, können aber auch unvorhergesehene Ereignisse in den Fokus der Beobachtung rücken.

Bei der ersten Erprobung des Materials im Unterricht sollen die Kategorien Organisatorisches, Schwierigkeitsgrad und Verständnis der Aufgabenstellungen im Mittelpunkt der Beobachtungen stehen. Unter die organisatorischen Aspekte fallen etwa die Gesamtlänge der Unterrichtseinheit, die Bearbeitungszeiten der einzelnen Stationen, aber auch die gesamte Organisationsstruktur des Stationenbetriebes oder wie die Schüler und Schülerinnen in die Kleingruppen aufgeteilt werden. Durch die Beobachtung der Lernenden bei der Bearbeitung

der Arbeitsblätter soll sich außerdem ein Überblick über den Schwierigkeitsgrad der einzelnen Stationen ergeben und worauf eventuelle diesbezügliche Probleme zurückzuführen sind. Die dritte Beobachtungskategorie bezieht sich auf die Verständlichkeit der Aufgabenstellungen auf den Arbeitsblättern. Vor allem gilt es zu beobachten, ob den Schülern und Schülerinnen mit dem entwickelten Unterrichtsmaterial ein selbstständiges Arbeiten ermöglicht wird oder ob es Formulierungen gibt, die für die Teilnehmer und Teilnehmerinnen unverständlich sind.

Bei der Durchführung dieser ersten beiden Unterrichtseinheiten im Zuge des ersten Entwicklungszyklus war neben dem Autor auch jeweils die Klassenlehrperson anwesend. Sowohl der Autor, als auch die Klassenlehrperson, stehen den Schülern und Schülerinnen während des Stationenbetriebes für eventuelle Fragen zur Verfügung. Dabei ist es wichtig, dass der Autor und Beobachter nicht nur das Verhalten der Schüler und Schülerinnen während der Bearbeitung des Materials beobachtet und dokumentiert, sondern auch alle der gestellten Fragen, an ihn selbst oder an den Klassenlehrer, notiert. Denn diese Schülerfragen sind ebenfalls essentielle Bausteine, um das entwickelte Material verbessern zu können. Dazu sollten die Beobachtungen unmittelbar protokolliert werden, da es ansonsten zu Erinnerungsverzerrungen kommen kann (vgl. Gniewosz, 2015, S. 105). Der Autor hat einerseits während der Unterrichtseinheit Feldnotizen aufgezeichnet und andererseits direkt nach der gehaltenen Stunde die beobachteten Situationen, Schülerfragen und Schülerkommentare festgehalten.

Bei den Beobachtungen muss außerdem unterschieden werden, ob es sich um eine Einzelbeobachtung handelt oder ob das Verhalten bei mehreren Schülern und Schülerinnen beobachtet werden kann. Denn in diesem Fall lässt sich die Ursache dafür eher im entwickelten Unterrichtsmaterial vermuten. Aufgrund der subjektiven Methode der Beobachtung ist es von großem Vorteil im Anschluss an die gehaltene Unterrichtseinheit eine allgemeine, aber auch eine auf einzelne Beobachtungen bezogene, Rückmeldung der Klassenlehrperson zu erhalten. Dadurch können etwaige gröbere Fehlinterpretationen des Autors vermieden werden und es können die Objektivität und die Zuverlässigkeit der gesammelten Daten erhöht werden.

Die Bewertung und Interpretation der Beobachtungen wird schlussendlich aufgrund der Expertise des Autors gebildet, durch entsprechendes fachdidaktisches Wissen aus der

Literatur ergänzt, und die dadurch gewonnenen Erkenntnisse zur Überarbeitung und Weiterentwicklung des Unterrichtsmaterials eingesetzt.

5.1.2. Bearbeitete Arbeitsblätter

Nachdem die Arbeitsblätter von den Schülern und Schülerinnen bearbeitet und ausgefüllt wurden, werden diese eingesammelt und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Dabei steht vor allem die Schwierigkeit der einzelnen Aufgaben im Fokus, wo treten vermehrt falsche Antworten auf oder welche Aufgabenstellungen konnten gar nicht beantwortet werden. Dabei gilt es auch in Verbindung mit den in der Unterrichtseinheit gemachten Beobachtungen herauszufinden, ob Probleme aufgrund von inhaltlichen Schwierigkeiten oder wegen unklar formulierten Aufgabenstellungen auftreten. Gerade bei den Aufgaben, bei denen die Schüler und Schülerinnen ihre Beobachtungen, im Zuge eines selbstständig durchgeführten Experiments, interpretieren und eine Erklärung dafür abgeben sollen, spielt die Analyse der Arbeitsblätter eine wichtige Rolle. Aus den gegebenen Antworten, nämlich ob die Fragen in ganzen Sätzen formuliert beantwortet wurden oder nur sehr knapp in einzelnen Worten, lässt sich ableiten, in wie weit die Aufgabenstellung verstanden wurde. Außerdem lässt sich daran erkennen, ob die einzelnen Aufgaben die Schüler und Schülerinnen motivieren und ob deren Bearbeitung ihnen Freude bereitet oder eben nicht. Die abgesammelten Kreuzworträtsel geben ein Feedback darüber, wie viel die Schüler und Schülerinnen aus dem Stationenbetrieb mitnehmen konnten und ob sie dieses Wissen beim Ausfüllen des Kreuzworträtsels abrufen konnten.

Auf jeden Fall ist die Auswertung der bearbeiteten Arbeitsblätter ein wichtiger Bestandteil des ersten Entwicklungszyklus, der die Schwächen und die Stärken des vorhandenen Unterrichtsmaterials aufzeigen soll und in weiterer Folge die Überarbeitung des Materials bestimmt.

5.1.3. Interviews

Im Anschluss an die in der NMS Neunkirchen gehaltenen Unterrichtseinheit wurden zwei Schüler und eine Schülerin kurz interviewt. Dabei soll vor allem herausgefunden werden, ob den Schülern und Schülerinnen die beiden allgemeinen Lernziele der entwickelten Unterrichtseinheit, die in Kapitel 4.2.7. beschrieben werden, durch die Bearbeitung des Stationenbetriebes bewusst werden. Die beiden weiteren Aspekte, die hier von Interesse sind, sind die Verständlichkeit der Aufgabenstellungen und die Schwierigkeitsgrade der einzelnen Stationen. Die Interviews wurden nach folgendem offenen Leitfaden geführt:

➤ Allgemeine Ziele der Unterrichtseinheit

Kannst du mir sagen, was du heute gelernt hast? Worum ging es in dieser Einheit. Nenne mir dazu bitte 3 Schlagwörter?

➤ Verständlichkeit der Aufgabenstellungen

Hast du bei allen Aufgabenstellungen sofort gewusst, was von dir verlangt wird?

➤ Schwierigkeitsgrad der Stationen

Welche Station war für dich die einfachste und welche die schwierigste und warum war dies so?

Die Transkripte dieser drei kurzen Interviews befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

5.2. Analyse der Daten

5.2.1. Teilnehmende Beobachtung

➤ Organisatorische und allgemeine Aspekte

Die grundlegende Stundenplanung hat in beiden Unterrichtseinheiten gut funktioniert, so dass sich die Befürchtung, die Zeit einer Unterrichtsstunde (50 Minuten) könnte für die Durchführung der geplanten Einheit zu kurz sein, nicht bewahrheitet hat. Somit hat sich das Konzept, jeweils zwei gleiche Stationen parallel bearbeiten zu lassen, bewährt, denn einerseits ergibt sich dadurch nicht das Problem eines Zeitmangels, andererseits kann so die Anzahl der Schüler und Schülerinnen auf maximal fünf pro Kleingruppe begrenzt werden. In kleineren Klassen kann dadurch sogar der Idealfall von nicht mehr als drei Schülern und Schülerinnen in einer Gruppe erreicht werden.

Der Einstieg in die Unterrichtseinheit mit Hilfe des Demonstrationsversuches hat den Zweck, bei den Schülern und Schülerinnen Interesse zu wecken, sehr gut erfüllt. Es war deutlich zu beobachten und zu hören wie ein Raunen durch den Raum ging, als sich die UV-Perlen verfärbten. Als man dann noch erwähnte, dass die Schüler und Schülerinnen im Zuge des folgenden Stationenbetriebes selbstständig mit diesen UV-Perlen experimentieren können, war die Vorfreude groß.

Die Ankündigung eines Stationenbetriebes wurde von den Schülern und Schülerinnen positiv aufgenommen und auch das Einteilen in die sechs Kleingruppen, mittels Durchzählen von eins bis sechs, verlief ohne Schwierigkeiten. In weiterer Folge merkte man, dass vor allem die Klasse der NMS wenig bis keine Erfahrung mit dem Ablauf eines Stationenbetriebes hatte. Dies äußerte sich vor allem darin, dass das selbstständige Arbeiten die Schüler und Schülerinnen teilweise überforderte, es wurden die Angaben oft nur unvollständig gelesen und auch die Anleitungen zu den Experimenten wurden nicht achtsam genug gelesen.

Die Lösungsblätter zu den einzelnen Arbeitsblättern wurden bei der zweiten Unterrichtseinheit den Schülern und Schülerinnen der NMS zu Verfügung gestellt und diese wurden auch intensiv genutzt. Es war leider auch gegen Ende der Einheit zu beobachten, dass einige Schüler den Lehrertisch mit den Lösungsblättern aufsuchten, bevor diese das Arbeitsblatt vollständig ausgefüllt hatten.

Die Evaluation im Anschluss an den Stationenbetrieb wurde gut angenommen und die Schüler und Schülerinnen versuchten voll Motivation das Rätsel zu lösen. Dabei kam es aber hauptsächlich in der NMS zu Schwierigkeiten mit den neu erlernten Fachbegriffen und deren Schreibweise.

➤ Länge und Schwierigkeitsgrad der einzelnen Stationen

In der AHS war zu beobachten, dass die Schüler und Schülerinnen mit der Station 1 immer um etwa drei bis vier Minuten schneller fertig waren, als mit den anderen beiden Stationen und sie danach nicht mehr beschäftigt waren. In der NMS stellte sich die Situation anders dar, hier war es eher so, dass die Bearbeitung der Station 1 am längsten gedauert hat, da viele Schüler und Schülerinnen extrem viel Zeit benötigt hatten, um den Text zu lesen.

S1: ‚Die leichteste war diese mit dem Luftballon durchsehen, das schwerste war das erste mit dem Durchlesen und das letzte war halt mittel.‘

S2: ‚Jaja – die. Obwohl eigentlich war die erste Station die schwierigste, also die mit dem Heraussuchen, also mit dem Text. Die anderen waren eher leicht.‘

Aufgrund dieser Leseschwierigkeiten empfanden die Schüler und Schülerinnen der NMS die Station 1 am schwierigsten, dies ist aus den obigen Aussagen aus den Kurzinterviews ersichtlich. Im Gegensatz dazu ergibt sich aus den Beobachtungen, dass für die Schüler und Schülerinnen der AHS die Schwierigkeitsgrade der Stationen sehr ausgeglichen waren, hier kam es nur aufgrund von unklar formulierten Aufgabenstellungen zu Komplikationen.

➤ Station 1 - Das elektromagnetische Spektrum und UV-Strahlung

Den Schülern und Schülerinnen war sehr schnell klar, dass zuerst der beiliegende Text gelesen werden musste, um die Aufgabenstellungen am Arbeitsblatt bearbeiten zu können. Es konnten auch keine Probleme beobachtet werden, die auf unklar formulierte Aufgabenstellungen zurückzuführen wären. Bis auf die Leseschwierigkeiten des Textes der Schüler und Schülerinnen der NMS und dem daraus resultierenden längeren Zeitaufwand,

konnten bei der Station 1 ansonsten keine großen Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen beobachtet werden.

➤ Station 2 – Absorption und Transmission von UV-Strahlung

Bei der Station 2 steht das Experiment im Mittelpunkt, bei dem die Schüler und Schülerinnen verschiedene Materialien auf ihre Durchlässigkeit für UV-Strahlung testen sollen. Dabei war zu beobachten, dass der Anleitungstext des Experimentes oft nicht genau durchgelesen wird und es dadurch zu Problemen bei der Versuchsdurchführung kommt. Einige Gruppen der NMS haben den Versuchsablauf nicht richtig verstanden und teilweise sogar die Materialien anstatt den Papierbogen mit dem UV-Edding beschrieben.

Eine weitere Problematik ergab sich daraus, dass alle UV-Lampen mit neuen Batterien ausgestattet wurden, doch dadurch war die Intensität der Lampen größer als angenommen und daher kam es bei allen verwendeten Materialien zu einer Transmission. Dies führte wiederum zu einer verständlichen Verwirrung seitens der Schüler und Schülerinnen. Bei der zweiten Aufgabe dieser Station können die Schüler und Schülerinnen aus der jetzigen Formulierung der Aufgabenstellung den vom Autor beabsichtigten Arbeitsauftrag nicht erschließen.

A: „Auch die Aufgabenstellung, so wie diese geschrieben waren, waren verständlich? Habt ihr gleich gewusst was ihr machen sollt?“

S3: „Eigentlich schon – ja. Aber nur bei einem habe ich mich nicht ganz ausgekannt.“

(Anm.: Gemeint war die zweite Aufgabe dieser Station.)

Viele Schüler und Schülerinnen haben Probleme die Fachbegriffe Absorption und Transmission den ihnen schon bekannten Phänomenen zu zuordnen. Oft kamen Fragen auf, wie etwa: „Was ist jetzt nochmal schnell Transmission? Das wo's durchgeht, oder?“.

➤ Station 3 - Reflexion von UV-Strahlung

Bei der ersten Aufgabenstellung der Station 3 sollen die Schüler und Schülerinnen mit Hilfe einer Abbildung, die auch Aussagen über die ausgehende Gefahr der UV-Strahlung der Sonne enthält, die unter dieser Abbildung platzierten Aussagen als wahr oder falsch identifizieren.

Doch die Beobachtung zeigte, dass ein Großteil sofort die Aussagen in der Abbildung bewertet und nicht die dafür vorgesehenen, weiter untenstehenden, Sätze bearbeitet. Die meisten Schüler und Schülerinnen hatten, solange die Anleitung des Experimentes gelesen wurde, mit dem anschließenden Versuch, in dem getestet wird, ob ein Spiegel UV-Strahlung reflektiert oder nicht, keine Schwierigkeiten.

5.2.2. Ausgefüllte Arbeitsblätter

➤ **Allgemein**

Bei der Analyse der ausgefüllten Arbeitsblätter fiel vor allem auf, dass, bis auf wenige Ausnahmen, alle Schüler und Schülerinnen jede einzelne Aufgabenstellung bearbeitet haben. Bei dem überwiegenden Teil der ausgefüllten Arbeitsblätter stimmen die Ergebnisse. Es gab nur wenige Antworten, die nach dem Vergleich mit den Lösungsblättern durchgestrichen und richtiggestellt wurden.

Auch das der Evaluation dienende Kreuzworträtsel wurde von der Mehrzahl der Schüler und Schülerinnen korrekt gelöst.

➤ **Station 1 - Das elektromagnetische Spektrum und UV-Strahlung**

Der Lückentext der ersten Aufgabe stellt die Schüler und Schülerinnen vor nicht allzu große Probleme, ein Großteil hat die richtigen Wörter aus dem Text erkannt und eingesetzt.

Die zweite Aufgabe, bei der die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes den entsprechenden Farben zugeordnet werden sollen, wurde von so gut wie allen Schülern und Schülerinnen richtig beantwortet.

Die größten Schwierigkeiten und daher auch die meisten falschen Antworten treten bei der dritten Aufgabe auf, hier sollen die einzelnen elektromagnetischen Strahlungsbereiche aufgrund ihrer Wellenlängen geordnet werden. Vor allem das Erfassen des Wellenlängenbereichs des sichtbaren Lichtes aus der Abbildung des elektromagnetischen Spektrums bereitet Schwierigkeiten.

Die vierte Aufgabe verlangt Aussagen über die UV-Strahlung und des elektromagnetischen Spektrums mit wahr oder falsch zu beurteilen. Dabei kommt es zu vielen falschen Antworten, obwohl die richtigen alle im zu lesenden Text klar formuliert und ersichtlich sind.

➤ **Station 2 – Absorption und Transmission von UV-Strahlung**

Die ausgefüllten Arbeitsblätter zeigen, dass so gut wie alle Schüler und Schülerinnen die POE-Methode umsetzen und vor der Durchführung des Experimentes ihre Vermutungen über den Ausgang festhalten.

Bei der zweiten Aufgabenstellung können die Schüler und Schülerinnen aufgrund der unklar formulierten Angabe keine wirklich sinnhaften Aussagen als Antworten formulieren, meist werden nur zusammenhanglose Stichwörter hingeschrieben, wie zum Beispiel: ‚Nein‘, ‚Luftballon – Sonnenbrille‘ oder ‚UV-Strahlen sind stärker – dichte Gegenstände‘.

➤ **Station 3 - Reflexion von UV-Strahlung**

Die erste Aufgabe besteht darin, zu beurteilen, ob die Aussagen zur UV-Belastung wahr oder falsch sind und diese Antworten auch zu begründen. Doch etwa die Hälfte der Schüler und Schülerinnen antworten nur mit ‚wahr‘ oder ‚falsch‘, nur die wenigsten stellen die Aussage richtig oder begründen warum diese wahr oder falsch ist. Falls dies geschieht, sind die Erklärungen zu einem sehr hohen Anteil richtig.

Die zweite Aufgabenstellung beinhaltet das Experiment mit dem Spiegel und auch hier sollen die Schüler und Schülerinnen im Vorfeld der Durchführung ihre Vermutungen über den Ausgang des Experiments dokumentieren. Aber auch hier wird häufig nur in einzelnen Stichwörtern geantwortet und die meisten verzichten auf eine Begründung ihrer Vermutung. Mit Hilfe dieser Aufgabenstellung lassen sich sehr gut Schülervorstellungen erheben, diese werden im Kapitel 7 genauer beschrieben. Ein Beispiel dafür ist die aufgestellte Vermutung:

‚Ich glaube es funktioniert, da bei reflektierenden Oberflächen die Strahlen verstärkt werden.‘

5.2.3. Kurzinterviews

Aus den in der NMS Neunkirchen geführten Interviews lässt sich schließen, dass die essentiellen Inhalte der Unterrichtseinheit zumindest richtig erkannt werden. Denn es wurden auf die Frage nach den in dieser Einheit gelernten Inhalten folgende Schlagwörter genannt: UV-Strahlung, Reflexion, Absorbieren, sichtbares Licht und Wasser, Sand und Schnee reflektieren UV-Strahlung. Aber die Schüler und Schülerinnen haben ein Problem damit, diese anschließend korrekt zu formulieren, dabei scheinen die neuen Fachbegriffe ein großes Hindernis darzustellen. So beschreibt Schülerin 2 diese wie folgt:

„Also die eine war mit der Reflexion, Absorbieren und Transformieren ...“

Auf die Frage nach drei Schlagwörtern, mit denen die Unterrichtseinheit beschrieben werden sollte, kamen folgende Antworten:

S1: *„UV-Strahlung, sichtbares Licht, Wasser, Sand und Schnee“*

S2: *„Interessant, Kurz, etwas durcheinander“*

S3: *„Es war gut“*

Bei der Frage nach der verständlichen Formulierung der Aufgabenstellungen, zeigt sich, dass die Schüler und Schülerinnen bei zwei Aufgaben Probleme haben, zu erkennen was sie nun tatsächlich machen sollen.

5.3. Erste Überarbeitung des Materials

In diesem Kapitel werden die Daten, die im vorangegangenen Kapitel erhoben wurden, interpretiert und basierend darauf das überarbeitete Unterrichtsmaterial erstellt.

5.3.1. Allgemeine Erkenntnisse

Im Allgemeinen wird das Unterrichtsmaterial, aufgrund des festgestellten, großen Unterschiedes im Leistungsniveau der beiden Klassen, an denen das Material in diesem ersten Entwicklungszyklus erprobt wurde, im Zuge der Überarbeitung tendenziell an die Schüler und Schülerinnen einer AHS angepasst. Die Auswertung der erhobenen Daten hat gezeigt, dass es zumindest im Falle der beiden Klassen, in denen getestet wurde, kaum möglich ist den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben und die Länge der einzelnen Stationen so zu adaptieren, dass das Unterrichtsmaterial sowohl für Schüler und Schülerinnen einer AHS als auch einer NMS die größtmögliche Effektivität aufweist.

➤ **Stundenplanung**

Aufgrund der Erkenntnisse aus den ausgefüllten Arbeitsblättern sowie den Beobachtungen während der Unterrichtseinheiten kann man darauf schließen, dass die zeitliche Planung der Unterrichtsstunde nicht geändert werden muss. Somit hat sich das Konzept, jeweils zwei gleiche Stationen parallel bearbeiten zu lassen, bewährt, denn einerseits ergibt sich dadurch nicht das Problem eines Zeitmangels bei der Bearbeitung der Arbeitsblätter, andererseits kann so die Anzahl der Schüler und Schülerinnen auf maximal fünf pro Kleingruppe begrenzt werden.

Der Einstieg in das Thema UV-Strahlung mit Hilfe des Demonstrationsversuches hat in beiden Einheiten gut funktioniert und seinen Zweck, das Interesse der Schüler und Schülerinnen zu wecken, erfüllt. Aus diesem Grund gibt es keinen Anlass den Einstieg grundlegend zu ändern.

➤ **Zentrale Konzepte der Einheit**

Aus den Interviews und den Beobachtungen kann abgeleitet werden, dass die Schüler und Schülerinnen prinzipiell die zentralen Konzepte der entwickelten Unterrichtseinheit aufnehmen, aber diese im Zuge des Stationenbetriebes noch nicht gefestigt werden. Daher wird bei der Überarbeitung des Materials darauf geachtet, die Inhalte der Arbeitsaufgaben noch mehr auf die zentralen Konzepte der Einheit zu elementarisieren. Dabei geht es einerseits um die Reduzierung der Komplexität, die allerdings nicht als schlichte Simplifizierung missverstanden werden darf. Andererseits geht es um die Identifizierung des Elementaren des betrachteten Inhaltes (vgl. Kattmann, 1997, S. 9). Es wird in dem überarbeiteten Material also noch mehr Wert auf die beiden in der didaktischen Analyse erstellten zentralen Konzepte gelegt und diese in den Aufgaben des Stationenbetriebes eindringlicher behandelt.

➤ **Schwierigkeitsgrade und Länge der einzelnen Stationen**

Die Beobachtungen und die Interviews haben ergeben, dass für die Schüler und Schülerinnen der NMS die Station 1, bei der ein Text zu lesen ist, eindeutig am schwierigsten war. Im Gegensatz dazu empfanden die Schüler und Schülerinnen der AHS diese Station wiederum am einfachsten und waren auch mit der Bearbeitung dieser Station am schnellsten fertig, so dass immer eine mehrminütige Leerlaufzeit im Rad des Stationenbetriebes entsteht. Dadurch werden die Schüler und Schülerinnen unruhig und beeinflussen den Rest der Klasse. Damit in der Schulklasse keine Unterrichtstörungen auftreten, ist es wichtig, dass keine Leerlaufzeiten entstehen (vgl. Todt, 2008, S. 373). Daher wird bei der Überarbeitung der Station 1 eine freiwillige Bonusaufgabe zugefügt, die Schüler und Schülerinnen lösen können, wenn die restlichen Aufgaben schon absolviert sind.

5.3.2. Station 1 – Das elektromagnetische Spektrum und UV-Strahlung

Die Schüler und Schülerinnen haben Schwierigkeiten mit Hilfe der Abbildung des elektromagnetischen Spektrums auf dem Arbeitsblatt die einzelnen Strahlungsbereiche nach deren Wellenlängen zu ordnen. Grund dafür ist, dass der Bereich des sichtbaren Lichtes herausgehoben ist (siehe Arbeitsblatt Station 1 im Anhang) und es dadurch den Schülern und Schülerinnen schwer fällt, diesen in den Verlauf des Spektrums einzuordnen. Daher wird die Abbildung ausgetauscht. Bei der neuen Variante ist die Darstellung des sichtbaren Bereiches ebenfalls hervorgehoben, aber auf eine Art und Weise, die es den Schülern und Schülerinnen besser ermöglicht, diesen in die Gesamtheit des Spektrums einzuordnen.

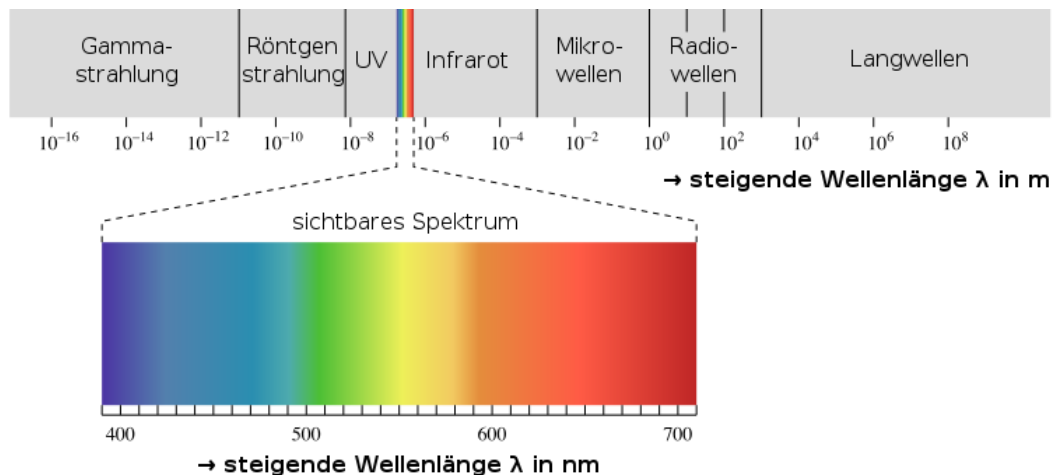


Abbildung 10: Überarbeitete Abbildung des elektromagnetischen Spektrums
 Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:EM-Spektrum.svg>

Der zur Station 1 gehörende Text hat sich gut bewährt und beinhaltet alle Informationen, die die Schüler und Schülerinnen benötigen, um die Aufgabenstellungen zu lösen. Da bei der Aufgabe 4, Wahr oder Falsch?, die Aussagen vereinzelt falsch bewertet worden sind, werden einzelne Textpassagen durch Unterstreichen hervorgehoben, vor allem um gängigen Schülervorstellungen, wie etwa der, dass UV-Strahlung sichtbar ist, entgegen zu wirken.

Die Aufgabe Wellenlängen der entsprechenden Farbe des sichtbaren Lichtes zuzuordnen, stellt die Schüler und Schülerinnen vor keinerlei Probleme und wurde von fast allen richtig beantwortet. Es kann angenommen werden, dass hier schon ein gutes Vorwissen aus dem

Optikunterricht vorhanden ist. Aus diesem Grund wird diese Aufgabe komplett gestrichen und im Zuge der Elementarisierung des Materials durch zwei neue Fragen ersetzt. Durch die erste Fragestellung soll das Einordnen der UV-Strahlung in das elektromagnetische Spektrum gefestigt werden und die zweite Frage zielt darauf ab, der sehr präsenten Schülervorstellung, UV-Strahlung wäre sichtbar, entgegen zu wirken.

2. Beantworte mit Hilfe der obigen Abbildung des elektromagnetischen Spektrums folgende 2 Fragen:

Mit welcher Farbe grenzt der Bereich des sichtbaren Lichtes an den der UV-Strahlung?

Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?

Abbildung 11: Überarbeitete 2. Aufgabe der Station 1

Wie die Analyse der beobachteten Unterrichtseinheiten gezeigt hat, sind einige Schüler und Schülerinnen mit der Bearbeitung der Station 1 deutlich schneller als bei den beiden anderen Stationen. Um die dadurch entstehende Leerlaufzeit zu verhindern, wird der Station 1 folgende Bonusaufgabe hinzugefügt, die auf freiwilliger Basis bearbeitet werden kann.

**Freiwillige Bonusaufgabe**

Du bist schon fertig – hast aber noch Zeit bis zur nächsten Station?

5. *Quellen von UV-Strahlung kann man in natürliche und künstliche Quellen untergliedern. Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem natürlichen oder künstlichen Ursprung.*

Sonne / Polarlicht / Quecksilberdampflampe / Gewitterblitz / Schwarzlichtlampe / Lichtbogenschweißen

Natürliche UV-Quellen

Künstliche UV-Quellen

Abbildung 12: Bonusaufgabe Station 1

5.3.3. Station 2 – Absorption und Transmission von UV-Strahlung

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, haben die Schüler und Schülerinnen Schwierigkeiten mit den Fachbegriffen Absorption und Transmission, dabei kommt es oft zu Verwechslungen. Aus diesem Grund wird einerseits der Abbildung am Arbeitsblatt, die diese Phänomene veranschaulichen soll, ein Absatz hinzugefügt, der kurze Definitionen der Reflexion, Absorption und Transmission beinhaltet. Andererseits soll folgende zusätzliche Aufgabe den Schülern und Schülerinnen die drei Phänomene vertrauter machen.

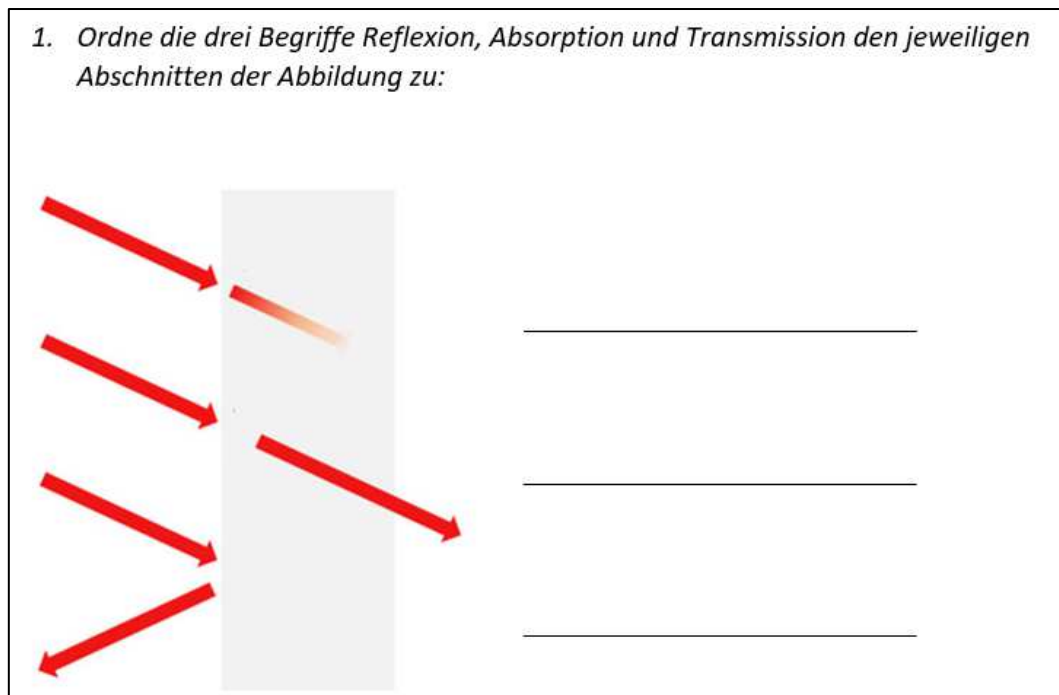


Abbildung 13: Zusätzliche Aufgabe der Station 2

Aus der Formulierung der dritten Aufgabenstellung war für die Schüler und Schülerinnen nicht ersichtlich, worauf diese Aufgabe genau abzielt. Daher wurde die Aufgabenstellung umformuliert und zusätzlich folgender Tipp beigefügt.



TIPP: Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert.

Abbildung 14: Hilfestellung zur dritten Aufgabe der Station 2

5.3.4. Station 3 - Reflexion von UV-Strahlung

Viele der Schüler und Schülerinnen haben die Aufgabenstellung falsch verstanden und die Aussagen, die in der Abbildung integriert sind, nach ihrem Wahrheitsgehalt beurteilt und die dafür vorgesehenen, sich unter der Abbildung befindenden Aussagen, gar nicht wirklich beachtet. Daher werden im Zuge der ersten Überarbeitung die Aussagen über die Abbildung gestellt, um den Fokus mehr auf diese zu richten. Weiters haben es einige Schüler und

Schülerinnen verabsäumt, ihre Antworten zu begründen, daher wird diese Aufforderung in der Angabe durch Unterstreichen zusätzlich hervorgehoben.

Die zweite Aufgabenstellung, das Experiment mit dem Spiegel zur Reflexion der UV-Strahlung, stellte die Schüler und Schülerinnen vor keine Komplikationen, im Gegenteil, es wurde sehr oft, sehr rasch durchgeführt und nur sehr oberflächlich behandelt. Daher sollen nach der Überarbeitung des Arbeitsblattes, die Schüler und Schülerinnen wie bisher vor der Durchführung des Experiments Vermutung über den Ausgang festhalten. Anschließend an das Experiment sollen aber nicht nur das Beobachtete beschrieben und erklärt werden, sondern zusätzlich eine kurze Versuchsanleitung verfasst und eine schematische Skizze des Versuchsaufbaues gezeichnet werden.

Skizze:	Versuchsanleitung:
	
Beschreibe deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:	

Abbildung 15: Zusätzliche Aufgabenstellungen zur Aufgabe 2 der Station 3

6. Entwicklungszyklus 2

In diesem zweiten Überarbeitungszyklus soll das im Entwicklungszyklus 1 entstandene Unterrichtsmaterial weiter verbessert werden. Dabei stehen vor allem die Bearbeitbarkeit und die Verständlichkeit der einzelnen Aufgaben und den dazugehörigen Experimenten im Mittelpunkt. Der Entwicklungszyklus 2 besteht ebenfalls aus einer Erprobungs-, Analyse- und Überarbeitungsphase des bis hier hin entwickelten Unterrichtsmaterials zusammen.

6.1. Methodischer Zugang und Durchführung

In diesem Entwicklungszyklus wird das Unterrichtsmaterial an fünf einzelnen Schülern und Schülerinnen getestet, dabei kommt die Methode des Think-Alouds zum Einsatz.

Anschließend werden die erstellten Audioaufnahmen transkribiert und mit Hilfe der qualitativen Textanalyse ausgewertet. Wie schon im ersten Entwicklungszyklus werden auch diesmal die ausgefüllten Arbeitsblätter und die Beobachtungen des Autors während der Durchführung der Think-Alouds als Ergänzungen zu den erhobenen Daten herangezogen. Aufgrund der daraus gewonnenen Erkenntnisse wird das Unterrichtsmaterial im Zuge dieser Arbeit ein letztes Mal verbessert.

6.1.1. Die Think-Aloud Methode

Um die Entwicklung des Materials voran zu treiben, wird in diesem Entwicklungszyklus vor allem die Methode des Think-Alouds, die im Kapitel 3.2.1. genauer vorgestellt wurde, verwendet. Mit Hilfe dieser qualitativen Methode können die Denk- und Lernprozesse einzelner Schüler und Schülerinnen sichtbar gemacht werden und dadurch die Stärken und Schwächen, die beim Bearbeiten des Materials auftreten, erhoben werden.

Die Think-Alouds werden direkt in der Schule durchgeführt, dazu befinden sich der Autor und der Schüler oder die Schülerin in einem ruhigen Raum, um ungestört arbeiten zu können. Die Dauer der Untersuchung ist abhängig davon, wie lange die einzelnen Probanden und Probandinnen für die Bearbeitung des Unterrichtsmaterials benötigen. Während der gesamten Untersuchungszeit wird, mit dem Wissen der Schüler und Schülerinnen, eine

Tonaufnahme erstellt, um die mittels der Think-Aloud Methode generierten Daten für die anschließende Analyse zu sichern.

Durch ein einführendes Gespräch wird darauf geachtet, eine angenehme Atmosphäre für die teilnehmenden Schüler und Schülerinnen zu schaffen, dabei wird versucht einer möglichen Nervosität oder Unsicherheit seitens der Probanden und Probandinnen entgegen zu wirken. Denn die Think-Aloud Methode stellt hohe Anforderungen an die Zielperson und es hat sich gezeigt, dass bei weitem nicht alle Personen der Aufgabenstellungen, alle Gedankengänge auch laut zu äußern, gewachsen sind (vgl. Häder, 2010, S. 394).

Nach einer kurzen Vorstellung des Autors und der Zielsetzung des Vorhabens, wird die Think-Aloud Methode erläutert und um den Prozess des ‚Lauten Denkens‘ einzuleiten, eine kurze Aufwärmübung gestartet. Dazu zeichnet der Autor einen Baum auf ein Blatt Papier und spricht dabei seine Gedanken laut aus, dies soll den Schülern und Schülerinnen eine Vorstellung davon geben, wie diese Methode funktioniert. Im Anschluss daran sollen die Probanden und Probandinnen selbst etwas zeichnen und versuchen ihre Gedanken dazu laut zu äußern.

Anschließend startet die eigentliche Untersuchung mit der Bearbeitung des Materials durch die Schüler und Schülerinnen, diese werden darauf hingewiesen, die Aufgabenstellungen, wie bei einem Stationenbetrieb im Regelunterricht, selbstständig zu absolvieren. Bei größeren Unklarheiten kann aber der Autor gefragt werden oder dieser von sich aus durch entsprechende Anmerkungen und Kommentare in die Untersuchung eingreifen.

6.1.2. Aufbereitung der Daten durch Transkription

Während der Untersuchungen des Materials mittels der Think-Aloud Methode werden die geäußerten Gedanken und Kommentare der Schüler und Schülerinnen mit einem Aufnahmegerät (Mobiltelefon) aufgezeichnet. Diese erfassten Daten werden zeitnahe in Form von Transkripten, die im Kapitel 3.3.2. beschrieben wurden, verschriftlicht. Dabei werden die Namen der Schüler und Schülerinnen anonymisiert und durch Kode-Namen, S1 bis S5, ersetzt. Um die Lesbarkeit der Transkripte zu verbessern, werden Umgangssprache und Dialekt so weit wie möglich in das verständlichere Schriftdeutsch umgeschrieben. Anmerkungen, die vom Autor hinzugefügt werden, sind in eckige Klammern gesetzt und

sollen einerseits die Transkripte übersichtlicher gestalten und andererseits Handlungen der Schüler und Schülerinnen, die verbal nicht erkennbar sind, beschreiben.

Die entstandenen Transkripte sind im Anhang dieser Arbeit vollständig angefügt.

6.1.3. Qualitative Textanalyse

Mit Hilfe der qualitativen Textanalyse wird versucht, die erstellten Transkripte der Think-Alouds systematisch zu analysieren. Dabei werden ähnliche Äußerungen von Schülern und Schülerinnen zu einer Kategorie zusammengefasst, diese entstehen erst im Zuge der Analyse der Transkripte und werden nicht schon im Vorfeld festgelegt. Bei der Entwicklung dieses Kategoriensystems sollen die vorhandenen Daten inhaltlich geordnet und strukturiert werden, um eine nachvollziehbare Analyse und überprüfbare Gütekriterien zu ermöglichen (vgl. Gläser-Zikuda, 2015, S.123). Die Kategorien sollen sich in erster Linie auf die Verständlichkeit und Bearbeitbarkeit des Unterrichtsmaterials für Schüler und Schülerinnen beziehen, sowie auf den Umgang mit auftretenden Problemen bei der Durchführung der einzelnen Aufgabenstellungen. Durch eine anschließende, genauere Interpretation der einzelnen Aussagen der Schüler und Schülerinnen sollen weitere Erkenntnisse gewonnen werden, die in weiterer Folge die Grundlage zur Überarbeitung des Materials darstellen. Um die aus den Think-Alouds resultierenden Schlussfolgerungen zu untermauern, werden für jede Kategorie exemplarisch einzelne Zitate von Schülern und Schülerinnen angeführt.

6.2. Analyse der Daten

6.2.1. Station 1

➤ Aufgabe 1

Der Lückentext zu allgemeinen Charakteristiken der elektromagnetischen Strahlung wurde von allen fünf Schülern und Schülerinnen bei der Untersuchung mittels der Think-Aloud Methode richtig ausgefüllt.

Bis auf den Schüler S3 war allen sofort klar, dass vor der Bearbeitung der ersten Aufgabe der beiliegende Text zu lesen ist. S3 sagte dazu folgendes: *„...ich weiß nicht wirklich worum es geht, also schon um UV-Strahlung, aber die Frage ist schon schwer.“* (Z. 41ff) Nach der Aufforderung des Autors, das Arbeitsblatt ganz oben zu lesen zu beginnen, meinte dieser: *„Ahh – Ok, zuerst den Text lesen.“* (Z. 48)

Der Text an sich hat die Schüler und Schülerinnen vor keine größeren Probleme gestellt, er ist für diese verständlich und auch nicht zu lange. Schüler 5 meinte dazu: *„Ziemlich kompliziert, ein bisschen komplizierter als in der Schule, aber schon ähnlich. Wie wenn die Lehrer vorne eine PowerPoint Präsentation machen, das ist ähnlich.“* (Z. 32ff)

Einige Schüler und Schülerinnen haben jedoch den Text beim ersten Durchlesen nicht vollständig gelesen und sich daher anschließend immer wieder Stück für Stück die Informationen aus dem Text suchen müssen. So meinte Schüler 3 bei der Bearbeitung der ersten Aufgabe: *„Ich bin gerade am überlegen, was in das zweite Feld gehört. Ja das ist eine schwere Frage.“* (Z. 52ff) Nach der Frage des Autors, ob er den Text ganz durchgelesen hat, antwortete S3: *„Nein, ok dann lese ich mal weiter.“* (Z. 58)

➤ Aufgabe 2

Aus der Analyse der ausgefüllten Arbeitsblätter ergibt sich, dass zwei der Probanden und Probandinnen die zweite Frage nicht lösen konnten und eine Schülerin auch die erste Frage falsch beantwortet hat.

Für Schüler 4 stellte es ein Problem dar, dass die zur Aufgabe gehörende Abbildung ganz oben auf der Seite ist, dadurch wurde versucht, die Fragen ebenfalls nur mit Passagen des Textes zu beantworten. S4 meinte dazu: *„Ist es, gerade noch ein wahrnehmbarer Farbreiz oder? Also für: Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?“* (Z. 34ff) Erst nach der Aufforderung des Autors die Angabe nochmals zu lesen, entdeckte S4: *„Ahh – mit Hilfe der obigen Abbildung ... na dann zwischen Violett und Rot.“* (Z. 50) Wie dieses Zitat zeigt, wurde von zwei Schülern auch nicht erkannt, dass bei der Fragestellung Wellenlängen gesucht werden und nicht Farben. Schülerin 1 versuchte die Aufgabe mit Hilfe der in Potenzschreibweise angegebenen Wellenlängen zu beantworten. S4 meinte: *„Mhh, also das sichtbare Spektrum, mhh zwischen 10^{-8} und 10^{-6} ?“* (Z. 38) Erst mit Hilfe des Autors wurden die angegebenen Wellenlängen beim vergrößerten Bereich des sichtbaren Spektrums auf der Abbildung erkannt: *„Ahh, jetzt hab ich's, von 400 bis 700 ahhm Nanometer.“* (Z. 41)

➤ Aufgabe 3

Bei dieser Aufgabe gab es Verständnisschwierigkeiten bei der Aufgabenstellung, daher ordneten nur zwei von fünf Schülern und Schülerinnen die gefragten Strahlungsbereiche richtig nach deren Wellenlänge. Die Angabe wurde so verstanden, dass jedem Bereich ein Wert zugeordnet werden soll, aber nicht, dass diese in eine Reihenfolge geordnet werden sollen. Die Gedanken von S3 dazu waren: *„Infrarot hat eine, also von 1 bis 5 und 1 ist kürzer, dann ist Infrarot, naja nachdem es ziemlich in der Mitte liegt, hätte ich so drei gesagt...“* (Z. 81 ff) Schülerin 2 sprach mit ihrer Frage das Problem direkt an: *„Kann man da 1-5 jeweils nur einmal vergeben?“* (Z. 67f)

➤ Aufgabe 4

Die vorhandenen Aussagen mit wahr oder falsch zu bewerten, stellte die Schüler und Schülerinnen, wenn diese zuvor den Text genau gelesen hatten, vor keine Schwierigkeiten. Schüler 5 meinte dazu: *„Wahr oder falsch – gut, das ist dann nicht so schwer.“* (Z. 53) Schüler 3 äußerte folgenden Gedanken: *„Das ist falsch, weil es im Text gestanden ist.“* (Z. 92) Eine der Schülerinnen nutzte diese Aufgabe, um den Text sogar ein zweites Mal komplett zu lesen.

➤ Aufgabe 5

Diese Bonusaufgabe wurde aufgrund der ausgewerteten Arbeitsblätter von allen 5 Schülern und Schülerinnen richtig beantwortet. Auch hier zeigte die Beobachtung des Autors, wenn der Informationstext gründlich gelesen wurde, konnten die verschiedenen UV-Quellen ohne Probleme anhand ihres Ursprunges in natürliche oder künstliche Quellen differenziert werden. Schüler 5 äußerte sich wie folgt: *„Gewitterblitz sollte natürlich sein, ist auch im Text so gestanden.“* (Z. 62) Aus den Transkripten der Think-Alouds kann herausgelesen werden, dass die Anzahl und die Länge der auszufüllenden Felder grafisch ungünstig aufbereitet sind. Einerseits sind die vorgegeben Linien zu kurz, dazu meinte Schülerin 2: *„...ich mag das nicht, wenn zu wenig Platz ist zum Schreiben.“* (Z. 86) Andererseits lässt die Anzahl der vorhandenen Linien auf die Lösung dieser Aufgabe schließen, so bemerkte wiederum Schülerin 2: *„Schwarzlichtlampe – hmm, na da bin ich eh schon voll – also unnatürlich.“* (Z. 87f) Schüler 4 stellte folgende Frage: *„Natürliche Quellen: Sonne, Polarlicht, Gewitterblitz – kann man da auch noch mehr hinschreiben?“* (Z. 76f) In diesem Fall war es anschließend für den Schüler klar, dass die restlichen angegebenen Quellen als künstliche UV-Quellen einzustufen sind.

6.2.2. Station 2

➤ Informationsbox

Die Analyse der Think-Aloud Transkripte hat gezeigt, dass das Hinzufügen der Definitionen zu der Abbildung für die drei Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission sehr wichtig war und den Schülern und Schülerinnen eine große Unterstützung dabei ist, die Fachbegriffe und ihre Bedeutung besser zu verstehen und aufzunehmen. Schülerin 2 äußerte sich folgendermaßen, als sie die Fachbegriffe zum ersten Mal las: *„Ok. Also zwei Begriffe kenn ich schon mal gar nicht. Aber Reflexionsgesetz haben wir schon einmal gelernt.“* (Z. 104f) Nur anhand der Abbildung gab es, auch aufgrund von fehlendem Vorwissen, große Schwierigkeiten, die Bedeutung der drei Begriffe richtig zu erfassen und diese führten in weiterer Folge bei dem anschließenden Experiment zu einiger Verwirrung. Durch die ergänzten Definitionen konnten die fünf Probanden und Probandinnen die Vorgänge, die hinter den Fachbegriffen stecken, besser erfassen und verstehen. Die Analyse der

teilnehmenden Beobachtung hat gezeigt, dass die Abbildung oftmals nach dem Lesen der Definitionen nochmal betrachtet wurde, da die Schüler und Schülerinnen diese erst dann richtig interpretieren konnten.

➤ Aufgabe 1

Die gewählte Abbildung veranschaulicht die Phänomene der Reflexion, Absorption und Transmission sehr gut und die Aufgabenstellung konnte von allen fünf Schülern und Schülerinnen richtig gelöst werden. Dabei werden die zuvor erhaltenen Informationen wiederholt und gefestigt. Schüler 3 äußerte während der Bearbeitung dieser Aufgabe folgende Gedanken: *„Das erste ist Absorption, weil der Strahl aufhört und nicht weitergeht, das heißt, er bleibt dann im Gegenstand. Er wird nicht reflektiert und nicht durchgelassen. Das zweite ist Transmission, weil die Pfeile weitergehen und nicht irgendwie abrupt aufhören oder reflektiert werden. Das ist Reflexion, da der Pfeil wieder zurückkommt und reflektiert wird.“* (Z. 132ff) Die Analyse der Think-Aloud Transkripte und der teilnehmenden Beobachtung hat deutlich gezeigt, dass die Schüler und Schülerinnen, aufgrund dieser neu ins Material hinzugefügten Aufgabe, viel weniger Probleme hatten, die Begriffe Absorption und Transmission im anschließenden Experiment richtig zu verwenden.

➤ Aufgabe 2

Die Analyse der aus den Untersuchungen erhaltenen Daten hat gezeigt, dass die selbstständige Durchführung dieses Experiments die Schüler und Schülerinnen doch noch vor erhebliche Probleme stellt.

Von den insgesamt fünf Probanden und Probandinnen mussten 3 vom Autor darauf hingewiesen werden, die Vermutungen über den Versuchsausgang vor der Durchführung des Experiments auszufüllen. Auf die Aufforderung des Autors, vor dem Beginn des Versuches die Vermutungen festzuhalten, meinte Schüler 5: *„Ah – ok, die Vermutungen muss ich erst machen. Da war ich wieder zu schnell, das passiert sehr oft, dass man alles gleich machen will.“* (Z. 95f)

Nur zwei Schüler konnten mit Hilfe der am Arbeitsblatt stehenden Versuchsanleitung das Experiment selbstständig durchführen, die anderen benötigten Unterstützung des Autors um den Versuchsaufbau und den Versuchsablauf richtig umsetzen zu können. Schülerin 2 etwa durchleuchtete das Material, verwendete aber vorerst nicht das mit dem UV-Marker beschriebene Blatt Papier, um zu erkennen, ob die UV-Strahlung den Gegenstand durchdringt oder nicht. S2: *„Na gut, dann nehmen wir mal den Luftballon. Nein da geht es nicht durch.“* A: *„Aber du musst ja schauen, ob du auf dem Blatt Papier etwas lesen kannst.“* S2: *„Ok – jetzt verstehe ich es.“* (Z. 130ff) Schüler 3 hingegen beleuchtete nur das Blatt Papier ohne eines der Materialien dazwischen zu halten, erst nach längerem Studieren der Versuchsanleitung bemerkte er: *„Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien...durch die jeweiligen Materialien...aso, generell...aso, ja – ich bin auch – Ok, jetzt verstehe ich es.“* (Z. 165ff) Das größte Problem bestand für die Schüler und Schülerinnen in der Anordnung von UV-Lampe, Materialien und dem Blatt Papier, sobald diese aber richtig verstanden wurde, konnten alle den Versuch selbstständig durchführen.

➤ Aufgabe 3

Die Überarbeitung der Formulierung der Aufgabenstellung aus dem Entwicklungszyklus 1 hat sich bewährt, da es den Schülern und Schülerinnen bei den Untersuchungen in diesem Zyklus wesentlich leichter gefallen ist zu verstehen, worauf die Fragestellung abzielt. Vor allem aufgrund des letzten Satzes, der lautet: *„Überlege, ob es Materialien gibt, die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?“*, kann die Absicht des Autors nachvollzogen werden. Schüler 3 äußerte nach der Aufforderung diesen Satz nochmals zu lesen folgendes: *„Ah – Ok. Die Sonnenbrille lässt das sichtbare Licht durch und die UV-Strahlung nicht, damit unsere Augen nicht so geschädigt werden. Und ein Luftballon, der transmittiert UV-Strahlung und absorbiert sichtbares Licht.“* (Z. 188) Auf die Hilfestellung in Form des Tipps mussten zwei von fünf Probanden und Probandinnen vom Autor hingewiesen werden. Aufgrund der Auswertungen der Notizen des Autors aus den gemachten Beobachtungen, kann erkannt werden, dass die Schüler und Schülerinnen diesen Tipp nicht in Verbindung mit der darüberstehenden Aufgabe bringen. Trotz des Tipps haben Schüler und Schülerinnen immer noch Schwierigkeiten diese Fragestellung selbstständig zu beantworten.

6.2.3. Station 3

➤ Informationsbox

Die Analyse der gesammelten Notizen aus der teilnehmenden Beobachtung des Autors zeigt, dass die Schüler und Schülerinnen bei den Inhalten des Informationstextes keinerlei Verständnisschwierigkeiten haben. Schüler 5 teilte während des Lesens des Textes folgende Gedanken mit: *„Ok, wieder viel zum Lesen. Ok, das weiß ich schon. Ja, ist eh so ähnlich wie das normale Licht.“* (Z. 156f) Die anderen Probanden und Probandinnen lasen den Text aufmerksam, aber äußerten sich nicht dazu.

➤ Aufgabe 1

Die Auswertung der ausgefüllten Arbeitsblätter und die Analyse der Think-Aloud Transkripte lässt erkennen, dass die Aufgabe von vier der fünf Schüler und Schülerinnen im Zuge der Untersuchung ohne Probleme richtig beantwortet wurde. Der eine Proband, der diese Aufgabe falsch löste, war zu diesem Zeitpunkt schon sehr unkonzentriert und hat dadurch die untenstehenden Aussagen in der Grafik nicht zur Beantwortung der Fragestellungen herangezogen. Erst nachdem er die angegebenen Aussagen, mit Hilfe der Inhalte aus der Informationsbox und seinem vorhandenen Vorwissen beantwortet hat, entdeckte er die untenstehende Abbildung. Doch dazu meinte er nur kurz: *„Ich lese mir die Texte da unten in der Abbildung gar nicht durch, ich glaube das brauche ich gar nicht.“* (Z. 174f) Als sich die Antworten des Schülers, beim Vergleich mit dem Lösungsblatt, als falsch herausstellten, sagte dieser: *„Oh, Ah. Ach, das habe ich da unten dann gar nicht durchgelesen. Ja, einfach unkonzentriert von mir. Ich habe gedacht, dass braucht man gar nicht so wirklich.“* (Z. 206ff)

Die Schwierigkeit, die Schüler und Schülerinnen vor der ersten Überarbeitung des Materials hatten, nämlich die zu bewertenden Aussagen mit den Textpassagen in der Abbildung in Verbindung zu bringen, konnte erfolgreich behoben werden. Da nun die Abbildung unter den Aussagen zu finden ist, führt dies zu einem besseren Verständnis der Aufgabenstellung und in weiterer Folge zu einem selbstständigeren Arbeiten der Schüler und Schülerinnen. Schüler 4 äußerte etwa folgende Gedanken während der Bearbeitung dieser Aufgabe: *„Ok. Also die erste Aussage ist falsch, weil der Schnee mehr reflektiert und an einem bewölkten Tag kann ich mich*

stundenlang im Freien aufhalten ist auch falsch, weil über 90% der UV-Strahlung die Wolkendecke durchdringen kann.‘ (Z. 157ff) Genau wie Schüler 4, hat auch Schüler 3 bei der Begründung seiner Antworten beinahe den exakten Wortlaut aus den in der Abbildung stehenden Aussagen verwendet. Daraus lässt sich deutlich schlussfolgern, dass es nun für die Schüler und Schülerinnen klar ist, die Textpassagen der Abbildung in die Antworten dieser Aufgabe miteinzubeziehen. Schüler 3 äußerte: *„Das stimmt nicht, weil Schnee 80% der UV-Strahlung reflektiert. Genau – beim Sand sind es nur 25%. Nein stimmt auch nicht, weil da unten steht, dass UV-Strahlung eine dünne Wolkendecke durchdringen kann.“* (Z. 203ff)

➤ Aufgabe 2

Das durch die Bildergeschichte induzierte Aufstellen einer Vermutung, ob ein Spiegel UV-Strahlung reflektiert oder nicht und was dies für den menschlichen Körper bedeutet, stellt die Schüler und Schülerinnen vor eine Problemstellung, die sie nicht eindeutig aus ihren Vorerfahrungen beantworten können.

Nur einer der Probanden stellte eine eindeutige Vermutung auf, so meinte Schüler 4, *„Meine Vermutung: Ja sie wird wirklich brauner, da das Licht der Sonne durch den Spiegel reflektiert wird“* (Z. 162f).

Bei den anderen Teilnehmern der Untersuchung herrschte Unsicherheit über den Ausgang des Experiments. Schülerin 1 meinte: *„Also das mit dem brauner werden, wird glaube ich auch nicht so schnell gehen, aber ich glaube es würde trotzdem ein bisschen schneller gehen.“* (Z. 153ff) Schüler 5 äußerte folgenden Gedanken: *„Ah ok, das ist die Frage: Spiegelt ein Spiegel nur das normale Licht oder auch die UV-Strahlung, ich weiß es nicht.“* (Z. 182f) Schüler 3 formulierte seine Gedanken wie folgt: *„Also meine Vermutung ist, naja das sichtbare Licht wird auch reflektiert, die Frage ist, durch was wird man brauner? Wird man durch UV-Strahlung braun oder ist die UV-Strahlung für Sonnenbrände zuständig oder gar nichts von beiden. Meine Vermutung: Nein, dadurch wird es nur heißer. Oder kann ein Spiegel gar keine UV-Strahlung reflektieren? Na ohja, sollte er schon können.“* (Z. 208ff) Schülerin 2 wiederum vermutete, *„Naja, ich glaube schon, weil ein Spiegel reflektiert es ja. Aber dadurch brauner werden? Nein, vielleicht wird einem wärmer, aber dass man dadurch braun wird, glaube ich nicht.“* (Z. 169ff)

Die Beobachtung der einzelnen Schüler und Schülerinnen zeigte, dass diese Unklarheit über den Versuchsausgang eine motivierende Wirkung hatte und das Experiment sehr aufmerksam und gespannt durchgeführt wurde. Das Ergebnis löste bei einigen Probanden und Probandinnen Staunen aus, so beschrieb Schülerin 2 ihre Gedanken während der Durchführung des Experiments wie folgt: *„Ohh – Ja, das funktioniert. Ja, das funktioniert wirklich. Also die UV-Perlen sind lila geworden, weil das UV-Licht reflektiert wurde. Das heißt, man würde braun werden. Also war ich da falsch.“* (Z. 178ff)

Alle an der Untersuchung teilnehmenden Schüler und Schülerinnen haben im Anschluss eine brauchbare Skizze des Versuchsaufbaus gezeichnet und eine Versuchsanleitung eigenständig erstellt. Schüler 3 etwa formulierte dies wie folgt: *„Probiere, ob die UV-Strahlung vom Spiegel reflektiert wird und die Perlen so bestrahlt.“*

Bei der anschließenden Beschreibung der, während des Versuchs gemachten Beobachtungen, verwendeten vier von fünf Schülern und Schülerinnen in etwa die Phrase *„UV-Strahlung wurde vom Spiegel reflektiert“*, daraus lässt sich einerseits schließen, dass die richtige Erkenntnis, auf die diese Aufgabe abzielt, gewonnen wird. Andererseits wird ein wichtiger Aspekt der POE-Methode erfüllt, denn die Ergebnisse des Experimentes fallen eindeutig aus, dadurch wird der Spielraum für die Beobachtung der Schüler und Schülerinnen möglichst geringgehalten (vgl. White & Gunstone, 1992, S. 44ff).

6.3. Zweite Überarbeitung des Materials

6.3.1. Station 1

➤ Aufgabe 1

Diese Aufgabe ist für die Schüler und Schülerinnen gut verständlich und lösbar, daher muss an der Aufgabenstellung und dem beiliegenden Text nichts überarbeitet werden. Einzig bei der Aufforderung den Text zu lesen, wird der Zusatz, diesen auch vollständig zu lesen, eingefügt. Da einige Schüler und Schülerinnen zu Beginn nur den ersten Absatz gelesen haben und dann sofort mit der Bearbeitung der ersten Aufgabe begonnen haben.

➤ Aufgabe 2

Da die in Potenzschreibweise angegebenen Wellenlängen bei einer Schülerin für Verwirrung sorgte, aber nicht zur Beantwortung einer Frage nötig sind, werden diese aus der Abbildung entfernt. Ein Schüler konnte die Abbildung nicht der Aufgabe 2 zuordnen, daher wird die Abbildung vom Seitenanfang direkt unter die Aufgabenstellung verschoben.

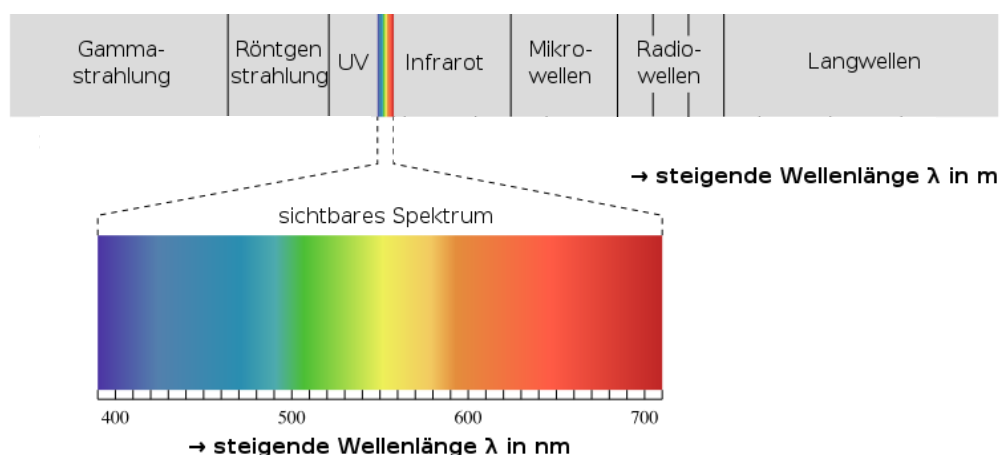


Abbildung 16: Überarbeitete Abbildung des elektromagnetischen Spektrums ohne Wellenlängen in Potenzschreibweise.
Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:EM-Spektrum.svg>

Um die Schüler und Schülerinnen verstärkt darauf hinzuweisen, dass als Antwort zwei Wellenlängen und nicht Farben gesucht werden, wird in der Angabe das Wort ‚Wellenlänge‘ durch Unterstreichen hervorgehoben.

➤ Aufgabe 3

Da die Formulierung der Aufgabenstellung die Intention des Autors nicht klar erkennen lässt, wird diese überarbeitet und verbessert. Es wird ergänzt, dass die Strahlungsbereiche der Reihe nach von 1 bis 5 geordnet werden sollen und die Werte 1 bis 5 jeweils nur einmal vergeben werden können.

3. *Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen. Die Werte 1 bis 5 dürfen dabei jeweils nur einmal vergeben werden.*
1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Abbildung 17: Überarbeitete Angabe der Aufgabe 3 der Station 1

➤ Aufgabe 4

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus den Think-Alouds und den bearbeiteten Arbeitsblättern kann diese Aufgabe so bleiben wie sie ist. Die Fragestellungen wirken bekannten Schülervorstellungen, wie etwa dass UV-Strahlung sichtbar wäre, entgegen und stellen eine gute Gelegenheit dar, die aus dem Text erhaltenen Informationen zu festigen.

➤ Aufgabe 5

Die Fragestellung und die zu differenzierenden UV-Quellen benötigen keine Überarbeitung, aber aus der Analyse der gewonnenen Daten geht hervor, dass die grafische Aufbereitung dieser Aufgabe verbessert gehört. Dazu werden die Linien, auf die die Schüler und Schülerinnen ihre Antworten schreiben sollen, verlängert, um mehr Platz zu Verfügung zu stellen. Andererseits wird für beide Möglichkeiten, also natürliche oder künstliche

Strahlungsquelle, eine weitere Linie hinzugefügt, damit die Lösung dieser Fragestellung nicht zu offensichtlich ist.

6.3.2. Station 2

➤ Informationsbox

Aufgrund der Beobachtungen des Autors während der Untersuchungen mittels der Think-Aloud Methode, werden die Definitionen für die Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission über die dazugehörige Abbildung gestellt. Dies soll die grafische Darstellung der Phänomene schon beim ersten Betrachten verständlicher machen und so den Schülern und Schülerinnen helfen Zeit zu sparen.

➤ Aufgabe 1

Die Aufgabenstellung, die Fachbegriffe Reflexion, Absorption und Transmission der jeweils passenden Abbildung zuzuordnen, hat den vom Autor intendierten Zweck, diese zu wiederholen und zu festigen, gänzlich erfüllt. Aus diesem Grund benötigt es keiner Überarbeitung dieser Aufgabe.

➤ Aufgabe 2

Im bisherigen Material steht die Aufforderung, die Vermutungen über den Ausgang des Experiments vor der Durchführung in die Tabelle einzutragen, erst im Anschluss an die Versuchsanleitung. Daher wurde in einigen Fällen das Experiment begonnen, bevor dieser Hinweis überhaupt erst gelesen wurde und somit auch ohne die Vermutungen in die Tabelle eingetragen zu haben. Aus diesem Grund wird diese Aufforderung nun bereits direkt in der Aufgabenstellung angeführt.

2. Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht. Lies zuerst die Versuchsanleitung, bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der untenstehenden Tabelle deine Vermutungen an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Abbildung 18: Überarbeitete Aufgabenstellung der Aufgabe 2 der Station 2

Um den Schülern und Schülerinnen die selbstständige Durchführung des Experiments zu erleichtern, wird neben der Versuchsanleitung zusätzlich noch eine Skizze des Versuchsaufbaus hinzugefügt.

Versuchsanleitung

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreib mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



Versuchsaufbau



Material

Papier mit
UV-Edding

Abbildung 19: Überarbeitete Versuchsanleitung und Skizze Versuchsaufbau

➤ Aufgabe 3

Bei der Analyse der Think-Aloud Transkripte hat sich herausgestellt, dass der letzte Satz der Aufgabenstellung als Schlüssel zum Verständnis dieser Aufgabe angesehen werden kann. Daher wird dieser Satz durch eine fette Schreibweise hervorgehoben, um die Konzentration der Schüler und Schülerinnen darauf zu verstärken. Der Tipp steht im Anschluss an die Aufgabe und wird daher leicht vernachlässigt, daher wird in der überarbeiteten Version schon in der Aufgabenstellung darauf hingewiesen. Außerdem werden im Feld des Tipps nun auch die zwei

Materialien, auf die sich die Fragestellung im Wesentlichen bezieht, genannt, um den Schwierigkeitsgrad dieser Aufgabe etwas zu minimieren.

3. Vergleich UV-Strahlung und sichtbares Licht

Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? **Überlege, ob es Materialien gibt die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?** Der untenstehende Tipp kann dir dabei weiterhelfen.

T **TIPP:** Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert. (Sonnenbrille, Luftballon)

Abbildung 20: Überarbeitet Aufgabe 3 der Station 2

6.3.3. Station 3

➤ Informationsbox

Obwohl ein Schüler bei der Untersuchung mittels der Think-Aloud Methode bemängelte, dass es auch zu Beginn dieser Station viel Text zu lesen gibt, wird die Informationsbox nicht überarbeitet. Denn die Inhalte sind leicht verständlich und geben den Schülern und Schülerinnen einen guten Einstieg in das Thema der Reflexion von UV-Strahlung.

➤ Aufgabe 1

Die im Entwicklungszyklus 1 vorgenommenen Änderungen haben dazu geführt, dass die Schüler und Schülerinnen diese Aufgabe ohne Schwierigkeiten selbstständig bearbeiten können und die gegebenen Antworten, sowie deren Begründungen, für den Autor soweit zufriedenstellend sind, dass zu diesem Zeitpunkt keine weitere Überarbeitung mehr nötig ist.

➤ Aufgabe 2

Diese Aufgabe konnte von den Schülern und Schülerinnen komplett selbstständig absolviert werden und hat bei allen zu der vom Autor abgezielten Erkenntnis, ein handelsüblicher Spiegel reflektiert auch die UV-Strahlung, geführt. Daher wird auch diese Aufgabenstellung nicht mehr überarbeitet und kann in der jetzigen Ausführung erhalten bleiben.

6.4. Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Die Überarbeitungen des ersten Entwicklungszyklus haben sich als durchwegs positiv erwiesen und das Material für Schüler und Schülerinnen um einiges verständlicher gemacht und das selbstständige Bearbeiten der einzelnen Stationen erheblich erleichtert.

Die Station 1 hat sich im Zuge dieser Untersuchung inhaltlich bewährt, hier werden nur geringfügige Überarbeitungen, hauptsächlich am Layout des Arbeitsblattes, vorgenommen, um dadurch den Schülern und Schülerinnen die Bearbeitung, aufgrund einer verbesserten Übersichtlichkeit, zu erleichtern.

Vor allem die vertiefende Auseinandersetzung mit den Fachbegriffen Reflexion, Absorption und Transmission bei der Station 2 hat sich bei der anschließenden Interpretation der Beobachtungen des Experiments als sehr vorteilhaft erwiesen. Die größten Schwierigkeiten hatten die Schüler und Schülerinnen mit der selbstständigen Durchführung des Versuches dieser Station. Daher wird der Versuchsanleitung noch eine Skizze des Versuchsaufbaus hinzugefügt, um dadurch einen grafischen Anhaltspunkt zu geben, wie das Experiment richtig funktioniert.

Die Station 3 kann als die in der Entwicklung am weitesten fortgeschrittene Station angesehen werden und kann aus diesem Grund ohne einer weiteren Überarbeitung übernommen werden.

Im Allgemeinen wurden die zentralen Konzepte und Lernziele, die am Anfang dieser Entwicklungszyklen festgelegt wurden, mit den Überarbeitungen im Entwicklungszyklus 1 schon sehr weit umgesetzt. Die Änderungen, die in diesem letzten Zyklus vorgenommen werden, sollten das Material noch einmal einen Schritt in Richtung einer problemlosen Durchführbarkeit eines schülerzentrierten Unterrichts bringen.

7. Diskussion

7.1. Allgemein

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, Materialien für eine Unterrichtseinheit zum Thema UV-Strahlung mit dem Schwerpunkt auf den Phänomenen Reflexion, Absorption und Transmission, zu entwickeln. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf eine größtmögliche Verständlichkeit der einzelnen Aufgaben gelegt, damit diese von den Schülern und Schülerinnen selbstständig bearbeitet werden können. Diese Zielsetzung konnte mit Hilfe der einzelnen Überarbeitungsschritte erfüllt werden, ohne dabei, die zu Beginn der Arbeit definierten, zentralen Konzepte und die dazugehörigen Lernziele, auf denen diese Unterrichtseinheit basiert, aus den Augen zu verlieren.

Das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtskonzept besteht im Wesentlichen aus drei Abschnitten: ein Demonstrationsversuch dient als Einstieg in das Thema UV-Strahlung, im Zuge eines anschließenden Stationenbetriebes sollen sich die Schüler und Schülerinnen selbstständig einige der wesentlichsten Konzepte zur elektromagnetischen Strahlung und der UV-Strahlung erarbeiten, als Abschluss der Einheit wurde ein Kreuzworträtsel entwickelt, das als kleines, direktes Feedback für die Lehrperson über den Lernerfolg dienen soll. Die einzelnen Aufgabenstellungen wurden so gestaltet, dass die im Kapitel 4.2.8. vorgestellten Kompetenzen der Schüler und Schülerinnen gefördert werden.

Eine große Stärke des entwickelten Materials besteht darin, dass die Bearbeitung der einzelnen Stationen sehr abwechslungsreich gestaltet wurde. Vor allem die Möglichkeit Experimente selbstständig durchzuführen, trifft bei den Schülern und Schülerinnen auf großen Zuspruch.

Da das zu entwickelnde Material im Zuge des ‚Fachdidaktischen Vertiefungsseminars zum Thema Strahlung‘ schon Evaluierungen und Überarbeitungen durchlaufen hatte, konnte dieses bereits im ersten Entwicklungszyklus direkt im Regelunterricht an ganzen Klassen getestet werden. Dabei stellte sich heraus, dass die organisatorischen Abläufe und das Zeitmanagement der geplanten Unterrichtseinheit bereits sehr gut funktioniert haben. Somit konnte in den beiden folgenden Entwicklungszyklen das Hauptaugenmerk auf die Verbesserung des Stationenbetriebes gelegt werden.

Der Lernerfolg, der mit dem Einsatz des entwickelten Unterrichtsmaterials in Klassen erreicht werden kann, wurde im Zuge dieser Arbeit nicht erhoben, würde sich aber durchaus als Gegenstand einer anschließenden Arbeit eignen.

7.2. Gewonnene Erkenntnisse in Bezug auf vorangegangene Literatur

Die Erkenntnisse dieser Arbeit stimmen sehr gut mit vergleichbaren Ergebnissen aus vorangegangenen Forschungsarbeiten überein.

Das Forschungsdesign des Design-Based Research hat sich, wie schon zuvor bei den Arbeiten von Zloklikovits (2016) und Huzar (2015), auch in dieser Arbeit als das richtige Instrument erwiesen, um einerseits fachdidaktische Grundlagenforschung zu betreiben und andererseits ein praktisch erprobtes Unterrichtsmaterial zu entwerfen.

Bereits aus der Literatur bekannte Schülervorstellungen, etwa von Hopf und Neumann (2012) oder der Diplomarbeit von Langer (2015), konnten auch im Zuge dieser Arbeit bestätigt werden. Einige davon werden im anschließenden Kapitel nochmals genauer thematisiert.

Wie auch schon Zloklikovits (2016) in ihrer Arbeit festgehalten hat, kamen auch in dieser Arbeit immer wieder Fehlvorstellungen und fehlendes Vorwissen aus dem Bereich der Optik zum Vorschein. Obwohl die Schüler und Schülerinnen, an denen das Unterrichtsmaterial getestet wurde, bereits das Kapitel Optik im Unterricht durchgenommen hatten, traten während der Beobachtung immer wieder Aussagen, wie *„Die Begriffe Absorption und Transmission habe ich noch nie gehört!“*, auf. Viele Schüler und Schülerinnen konnten mit diesen Fachbegriffen nichts anfangen oder haben diese gar zum ersten Mal gehört. Prinzipiell bestand die Annahme, dass diese Phänomene bereits aus dem Optikunterricht bekannt sein sollten. Da dies aber nicht der Fall war, musste auf die hinter den Begriffen steckenden Konzepte viel vertiefender, als zunächst geplant, eingegangen werden.

Zu den wichtigsten Erkenntnissen, die im Zuge des Entwicklungsprozesses aufgetreten sind, gehört die Schwierigkeit, die Schüler und Schülerinnen mit dem selbstständigen Durchführen von Experimenten haben. Wie auch in der Literatur dokumentiert, konnte festgestellt werden, dass Experimente und die sich darauf beziehenden Aufgabenstellungen, von den Schülern und

Schülerinnen oft anders interpretiert werden als von der Lehrperson intendiert. Wird die Versuchsangabe falsch interpretiert, so wird der Versuch nur sehr oberflächlich durchgeführt (Duit, Mikelskis-Seifert und Tesch, 2010). In den Untersuchungen konnte zusätzlich beobachtet werden, dass die prinzipiell vorhandene Motivation der Schüler und Schülerinnen drastisch abnimmt, sobald diese Schwierigkeiten dabei haben, die Aufgabenstellung sofort zu verstehen. Eine Schülerin kommentierte diese Situation wie folgt: *„Versuche mag ich eigentlich sehr, aber den verstehe ich jetzt gar nicht!“*. Hier benötigte es im Endeffekt viel mehr an Anleitung und als letzte Konsequenz sogar eine Skizze des Versuchsaufbaues, um die Experimente selbstständig durchzuführen, als zu Beginn der Arbeit angenommen wurde.

Der Ansatz, Versuche anhand der POE-Methode durchzuführen, hat sich als sehr positiv erwiesen. Das Erstellen von Vermutungen über das Ergebnis eines Experimentes erhöht definitiv die Motivation der Schüler und Schülerinnen. Vor allem, wenn aufgrund von fehlenden Vorerfahrungen aus dem Alltag eine große Unklarheit über den Ausgang des Versuchs herrscht, kann es häufig zu einem sogenannten ‚Wow – Effekt‘ kommen, der eine Möglichkeit darstellt, einen Konzeptwechsel von einer Schülervorstellung hin zu der richtigen physikalischen Sichtweise einzuleiten. Auf der anderen Seite ist das in der Literatur von Wilhelm und Heuer (2006) beschriebene Phänomen, dass Schüler und Schülerinnen gerne behaupten, ein beobachtetes Experiment sei nach ihrer Vorhersage abgelaufen, obwohl dies nicht der Fall war, bei den Untersuchungen dieser Arbeit aufgetreten. Ein Beispiel dafür wird im nächsten Kapitel angeführt. Ein weiterer Aspekt, den die POE-Methode mit sich bringt, ist die Möglichkeit, aufgrund der von den Schülern und Schülerinnen aufgestellten Vermutungen, auf allgemeine Vorstellungen zu schließen. In dieser Arbeit konnten so einige Schülervorstellungen, die noch nicht aus der Literatur bekannt sind, erhoben werden.

Die Unterrichtsmethode des Stationenbetriebes erwies sich, wie in der Literatur von Sonnleitner (2015) und Huzar (2015) beschrieben, als eine sehr gute Variante um schülerzentrierten Unterricht umzusetzen. Die Schüler und Schülerinnen können sich mit Hilfe des entwickelten Unterrichtsmaterials selbstständig Lerninhalte erarbeiten. Eine der aufgetretenen positiven Überraschungen war, dass die Länge der einzelnen Stationen und somit auch der benötigte Zeitaufwand im praktischen Einsatz sehr genau zu den zuvor angestellten theoretischen Überlegungen passte. Somit konnte die Befürchtung, alle gewünschten Inhalte nicht in eine einzelne Unterrichtseinheit verpacken zu können, relativ schnell beiseitegelassen werden.

7.3. Erhobene Schülervorstellungen

Wie wichtig der Einflussfaktor von Schülervorstellungen auf den Lernprozess bei Schülern und Schülerinnen ist, wurde in dieser Arbeit im Kapitel 2.2.3. ausführlich thematisiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden einerseits bereits bekannte Schülervorstellungen zur UV-Strahlung bestätigt, andererseits sind auch einige unbekannte Fehlvorstellungen aufgetreten.

➤ UV-Strahlung ist sichtbar.

Diese Vorstellung ist bereits bekannt und wurde unter anderem von Neumann und Hopf (2012) dokumentiert, bei dieser Untersuchung meinten nur 60% der Befragten, dass UV-Strahlung unsichtbar sei. Bei den im Zuge dieser Arbeit getesteten Schülern und Schülerinnen war der Anteil mit einer derartigen Fehlvorstellung bedeutend geringer, so wurden bei der Untersuchung des Ausgangsmaterials nur bei 2 der insgesamt 43 Arbeitsblätter die Frage, ob UV-Strahlung sichtbar ist oder nicht, falsch angekreuzt. Dieser deutliche Unterschied lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass das entwickelte Unterrichtsmaterial bewusst so gestaltet wurde, um bereits bekannten Schülervorstellungen entgegenzuwirken. Doch obwohl die Unsichtbarkeit der UV-Strahlung mehrmals im Material erwähnt wird, war diese eben auch im Rahmen dieser Arbeit vertreten.

Beispielzitat: *„Für das menschliche Auge ein gerade noch wahrnehmbarer Farbreiz, also kann man es sehen...“*

➤ Bei der UV-Strahlung werden oft Quellen genannt, die meistens (blaues) sichtbares Licht mit ausstrahlen.

Diese Fehlvorstellung wurde ebenfalls schon von Rego und Peralta (2006) dokumentiert und hat sich im Zuge dieser Arbeit bestätigt. Vor allem die Verwendung von LED-UV-Lampen bei den Experimenten führte bei zwei Schülern im Zuge der Think-Alouds diesbezüglich zu Verwirrungen. Da bei diesen Lampen immer ein gewisser Anteil an blauem Licht vorhanden ist, kann dies bei Schülern und Schülerinnen zu der Annahme führen, dass UV-Strahlung in Verbindung mit sichtbarem blauem Licht steht. Da schon bei der Entwicklung des Ausgangsmaterials auf bekannte Schülervorstellungen Rücksicht genommen wurde, gab es

Bemühungen den Anteil an blauem Licht irgendwie herauszufiltern. Doch Versuche mit verschiedenen Arten an Folien brachten kein zufriedenstellendes Ergebnis und spezielle Filter, die dies bewerkstelligen könnten, sind für den Einsatz im Regelunterricht leider zu kostenaufwändig.

Beispielzitat: *„Am Tisch hat das UV-Licht blau ausgesehen.“*

➤ Reflexion von UV-Strahlung

Aus den Vermutungen, die von den Schülern und Schülerinnen abgegeben wurden, ob man mit Hilfe eines Spiegels UV-Strahlung reflektieren kann und dadurch schneller braun wird, lassen sich einige noch unbekannte Schülervorstellungen ableiten. Hier einige der Antworten, die auf vorhandene Fehlvorstellungen hindeuten:

„Nein man wird dadurch nicht braun, weil der Strahl einen weiteren Weg zurücklegen muss.“

„Nein, weil man mit dem Spiegel nur die Hitze stärkt und nicht die UV-Strahlung.“

Diese beiden Vorstellungen wurden auf jeweils 5 der ausgefüllten Arbeitsblätter gefunden, wobei man hier dazu sagen muss, dass im Zuge des Stationenbetriebes in Gruppen zu fünf gearbeitet wurde und es so wahrscheinlich ist, dass eine Person diese Vorstellung aufgestellt hat und die restlichen Schüler und Schülerinnen diese übernommen haben.

„Die Strahlung wird durch den Spiegel zu intensiv.“

Diese Vermutung wurde sowohl im ersten Entwicklungszyklus von drei Schülern und Schülerinnen aufgestellt, als auch von einer Schülerin im Zuge der Untersuchungen mittels der Think-Aloud Methode.

„Ich glaube, dass es funktioniert, da bei reflektierenden Oberflächen die UV-Strahlung stark zunimmt.“

Die Gruppe von fünf Schülern und Schülerinnen, die die letzte der oben angeführten Vermutungen aufstellte, formulierte im Anschluss an den Versuch folgende Beobachtung und Erklärung und bestätigte sich somit ihre eigene Vermutung selbst.

„Ja, es stimmt. Perlen werden sogar schneller eingefärbt – also UV-Strahlung wird verstärkt.“

In diesem Fall kommt eine Schwierigkeit, die durch das selbstständige Durchführen eines Versuchs durch Schüler und Schülerinnen, zum Vorschein. Denn Experimente werden dabei oft anders interpretiert als von der Lehrperson beabsichtigt und dadurch können bereits vorhandene Fehlvorstellungen bestärkt werden.

All diese oben genannten Vermutungen weisen darauf hin, dass das Konzept der Reflexion und der Zusammenhang mit der Intensität der Strahlung von den Schülern und Schülerinnen im Optikunterricht nicht verstanden oder nachhaltig aufgenommen wurde.

7.4. Ausblick

Da sich diese Arbeit auf die Entwicklung von empirisch erprobtem Unterrichtsmaterial zum Thema UV-Strahlung konzentriert hat und in keiner Art und Weise die daraus resultierenden Lernerfolge erhoben wurden, wäre dies im Zuge einer weiterführenden Forschung wünschenswert. Erst dadurch könnte man, mit Hilfe eines passenden Testinstrumentes, den konkreten Einfluss des entwickelten Unterrichtsmaterials auf den Wissenserwerb der Schüler und Schülerinnen zu dem Thema UV-Strahlung feststellen.

In den letzten Jahren wurden an der Universität Wien vermehrt Forschungsarbeiten zum Thema elektromagnetische Strahlung und einzelnen Strahlungsbereichen angestellt. Die Entwicklung eines Lehrgangs zum Thema elektromagnetische Strahlung, der auf all den in diesen Arbeiten gewonnenen didaktischen Erkenntnissen beruht und das entwickelte Unterrichtsmaterial zu den einzelnen Strahlungsarten beinhaltet, wäre daraus eine logische Konsequenz. Sollte dies gelingen, so könnte es einen großen Anteil dazu beitragen, das Thema der elektromagnetischen Strahlung und die dadurch inbegriffenen Strahlungsarten im österreichischen Lehrplan für Physik präsenter erscheinen zu lassen.

Als Abschluss kann man sagen, dass die Ergebnisse dieser Arbeit einerseits einen kleinen Beitrag zur weiteren Erforschung von Schülervorstellungen zum Thema UV-Strahlung beitragen und andererseits wichtige Erkenntnisse gewonnen wurden, die bei der Konzeption von Unterricht zu Strahlung im Allgemeinen und zu UV-Strahlung im speziellen, von Bedeutung sind. Anhand der Ergebnisse kann man aber auch erkennen, dass die elektromagnetische Strahlung mitsamt ihrem allgegenwärtigen Alltagsbezug auf großes Interesse bei den Schülern und Schülerinnen trifft. Aus diesem Grund und der großen Relevanz für die heutige Gesellschaft sollte die Vermittlung der wichtigsten Aspekte der elektromagnetischen Strahlung zu einem festen Bestandteil im Physikunterricht werden. Ich hoffe, mit den in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnissen, einen kleinen Teil dazu beigetragen zu haben.

8. Literaturverzeichnis

- BLEICHROTH, W., DAHNCKE, H., JUNG, W., KUHN, W., MERZYN, G. & WELTNER, K. (1999). Fachdidaktik Physik (2. Aufl.). Köln: Aulis Verlag
- BRUNSTEINER, J.C. & SPÖRER, N. (2010). Selbstgesteuertes Lernen. In D. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 751-759). Weinheim und Basel: Beltz.
- BYBEE, R. W., TAYLOR, J. A., GARDNER, A., VAN SCOTTER, P., POWELL, J. C., WESTBROOK, A., LANDES, N. (2006), The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness
- DIFFEY, B. L. (2002). Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods*, 28 (1), 4–13.
- DUIT, R., TESCH, M. und MIKELSKIS-SEIFERT, S. (2010): Das Experiment im Physikunterricht. Piko-Brief Nr. 7. In: Piko-Briefe. Der Fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. – Kiel, 1-5.
- DUIT, R., (2010). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Piko-Brief Nr. 1. In: Piko-Briefe. Der Fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. – Kiel, 1-5.
- EICHLER, H. J. (2004): Dispersion und Absorption des Lichtes. – In: Niedrig, H. (Hrsg.): Bergmann-Schäfer. Lehrbuch der Experimentalphysik.– Berlin. (= Optik 3), 189 - 293.
- FARTASCH, M., WITTLICH, M., BRODING, H. C., GELLERT, B., BLOME, H., BRÜNING, T. (2012). Haut und berufliche UV-Strahlung künstlicher Quellen. In: *Der Hautarzt*, 63, 788-796
- GERHARD, C. (2016). Tutorium Optik: Ein verständlicher Überblick für Physiker, Ingenieure und Techniker. Heidelberg: Springer
- GIESSMANN, A. (2010). Substrat- und Textilbeschichtung: Praxiswissen für Beschichtungs- und Kaschiertechnologien. (2. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer
- GLÄSER-ZIKUDA, M. (2015). Qualitative Auswertungsverfahren (S. 119-131). In: Empirische Bildungsforschung: Strukturen und Methoden. Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (Hrsg.). (2. Aufl.) Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- GNIEWOSZ, B. (2015). Beobachtung (S. 109-119) In: Empirische Bildungsforschung: Strukturen und Methoden. Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (Hrsg.). (2. Aufl.) (S. 119-131) Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- HAMMANN, M. & JÖRDENS, J. (2014): Offene Aufgaben codieren. – In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker H. (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung. – Berlin und Heidelberg, 169-178.
- HÄDER, M. (2010). Empirische Sozialforschung. Eine Einführung. (2. Aufl.) Wiesbaden: VS
- HOPF, M. & WIESNER, H. (2011a). Elementarisierung. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Physikdidaktik kompakt* (S. 72–77). Hallbergmoos: Aulis-Verl.
- HOPF, M. & WIESNER, H. (2011b). Die konstruktivistische Sicht vom Lernen im Physikunterricht. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Physikdidaktik kompakt* (S. 29 – 33). Hallbergmoos: Aulis-Verl.

- HOPF, M. & WIESNER, H. (2011c). Begriffwechsel. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), Physikdidaktik kompakt (S. 29 – 33). Hallbergmoos: Aulis-Verl.
- HOPF, M. & WIESNER, H. (2011d). Experimentieren. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), Physikdidaktik kompakt (S. 29 – 33). Hallbergmoos: Aulis-Verl.
- HEßLING, M. & SIFT, M. (2014). Wasser-Desinfektion mit UV-LEDs - Kleine Systeme mit großer Zukunft. In GIT Labor-Fachzeitschrift, 6 (36-38)
- HUZAR, K. (2017). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Infrarotstrahlung für die Sekundarstufe I (Diplomarbeit). Universität Wien
- JOBST, D. (2016). Du, dein Zahnarzt und ich: Au Backe, alles ohne Betäubung. Norderstedt: BoD
- KROSS, J. (2004): Optische Abbildung. – In: Niedrig, H. (Hrsg.): Bergmann-Schäfer. Lehrbuch der Experimentalphysik.– Berlin. (= Optik 3), 37-157
- KLAFKI, W. (1962): Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. – In: Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift Die Deutsche Schule, 5 -34
- KROMREY, H. (2009). Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- LANGER S. (2015): Schülervorstellungen zur UV-Strahlung. – Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPPENGIEßER, H. & KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfdN) 3,3-18.
- KEIM, W. (2006). Kunststoffe – Synthese, Herstellungsverfahren, Apparaturen. Wiley-Vch Verlag.
- KEOGH, B., NAYLOR, S. & WILSON, C. (1998). Concept Cartoons: A New Perspective on Physics Education. Physics education, 33 (4), 219–224.
- KIRCHER, E., GIRWIDZ, R., HÄUßLER, P. (2015). Physikdidaktik – Theorie und Praxis. (3. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer Verlag
- KNIGHT, R. D., JONES, B. und FIELD, S. (2015). College Physics (3 edition). Pearson
- LEISEN, J. (1999). Methoden-Handbuch Deutschsprachiger Fachunterricht (DFU). Varus Verlag
- LÖFKEN, J. O., (2002). Chiphersteller auf der Suche nach neuer Produktionstechnik. In: Handelsblatt vom 15.12.2002
- LIBARKIN, J. C., ASGHAR, A., SADLER, P. und CROCKETT, C. (2011): Invisible Misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. – In: Astronomy Education Review 10 (1), 1-12.
- LÜDERS, K., VON OPPEN, G. (2015). Bergmann-Schäfer Kompakt 2 Band 2, Relativistische Physik – von der Elektrizität zur Optik. De Gruyter

- MAIER, U. (2012). Lehr-Lernprozesse in der Schule: Studium. Hrsg.: Klinkhardt. Bad Heilbrunn: UTB Gmbh
- MANG, R. & KRUTMANN, J. (2003). Sonnenschutz im Urlaub. *Der Hautarzt*, 54 (6), 498 – 505
- MAYRING, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. (5. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- MAYRING, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. (11. Aufl.) Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- MEFFERT, B. & MEFFERT, H. (2000). Optische Strahlung und ihre Wirkungen auf die Haut-
Optical Radiation and its Effects on the Skin. *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering*, 45 (4), 98–104.
- NEUMANN, S. & HOPF, M. (2012). Students' conceptions about 'radiation': Results from an explorative interview study of 9th grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 21 (6), 826–834.
- NICHT, J. (2016). Quantitative Verfahren, Qualitative Verfahren und ihre Triangulation. In Marburger, H., Giese, C. & Müller, T. (Hrsg.), *Bildungs- und Bildungsorganisationsevaluation* (S. 61-83). Oldenbourg: De Gruyter
- PERKINS, R. (2015). The Chemistry of Ultraviolet Light Detecting Beads. Zugriff auf [http://cdn.teachersource.com/downloads/lesson pdf/UV-AST.pdf](http://cdn.teachersource.com/downloads/lesson%20pdf/UV-AST.pdf)
- PLOTZ, T. (2016a). Strahlung: Wichtiger Bestandteil im Unterricht oder wenig nützlicher Ballast? *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 65 (2), 5–8.
- PLOTZ, T. (2016b). Basisideen zum Strahlungsunterricht. In: *Didaktik der Physik – Frühjahrstagung – Hannover 2016*
- PLOTZ, T. (2017a). Lernprozesse zu nicht-sichtbaren Strahlung – Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, Universität Wien.
- PLOTZ, T. (2017b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. In: *Physics Education* 52 014004
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66 (2), 211–227.
- Rabe, T. (2010): Kooperatives Lernen in Gruppen. – In: Mikelskis-Seifert S. und Rabe T. (Hrsg.): *Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II.* – Berlin, 133-147.
- REGO, F. und PERALTA, L. (2006): Portuguese students' knowledge of radiation physics. – In: *Physics Education* 41(3), 259-262.
- REINDERS, H. (2015). Interview (S. 93-109) In: *Empirische Bildungsforschung: Strukturen und Methoden*. Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (Hrsg.). (2. Aufl.) Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- REICH, K. (2007). Methodenpool. In: URL: <http://methodenpool.uni-koeln.de> 2003 ff
- REINMANN, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33 (1), 52–69.

- RICHTER, K. (2003). Das Leben des Physikers Johann Wilhelm Ritter. Hrsg.: Böhlaus. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- SANDMANN, A. (2014). Lautes Denken–die Analyse von Denk-, Lern-und Problemlöseprozessen. In Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 179–188). Springer.
- SONNLEITNER, K. (2015). Stationenlernen. In: ZDRW Zeitschrift für Didaktik der Rechtswissenschaft, ZDRW, Jahrgang 2 (2015), Heft 2, Seite 145 – 147
- SCHOLZE, F., LAUBIS, C., BARBOUTIS, A., BUCHHOLZ, C., FISCHER, A., PUIS, J., STADELHOFF, C. Radiometrie für die EUV-Lithographie. In: PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen, 1 December 2014, Vol.124(4), pp.3-7
- STEININGER, R. (2016). Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht: Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit. (Dissertation) Uni Wien.
- TIPLER, P. A. & MOSCA, G. (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure (7. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer Verlag
- TODT, E., (2008). Auffälliges Verhalten im Klassenzimmer. In: Lehrer-Schüler-Interaktion Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge. Hrsg. Schweer, M., S. 361-395, 2. Aufl., Springer
- WHITE, R. und GUNSTONE, R. (1992): Probing understanding. – London und New York.
- WEINERT, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessung in Schulen (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- WERLING, H. O. (2012). UV-Strahlung und Gesundheit. Fächerübergreifendes Konzept als ein möglicher Beitrag zur Prävention und Förderung der schulischen Gesundheitserziehung. GRIN Verlag
- WILHELM, T., HEUER, D. (2006). Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 55, Nr. 4, 2006, S. 25 – 28
- WILHELM, T. und HOPF, M. (2014): Design-Forschung. – In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung. – Berlin und Heidelberg, 31-42.
- WILM, A. und BERNEBURG, M. (2016). Sonnenschutz. In: Ästhetische Dermatologie und Kosmetologie, 8 (4), 34-40

8.1. Internetquellen

BIFIE – Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens (Hrsg.). Kompetenzmodelle und Bildungsstandards. unter: <https://www.bifie.at/kompetenzmodelle-und-bildungsstandards/>

BIFIE - Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens (Hrsg.). (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Unter: http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf

BMBWF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Lehrpläne der AHS-Unterstufe. Stand: 06.04.2018. unter: https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.html

Fachverband für Strahlenschutz e. V. (2003). Leitfaden „Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen“. unter: https://www.fs-ev.org/fileadmin/user_upload/04_Arbeitsgruppen/08_Nichtionisierende_Strahlung/02_Dokumente/Leitfaeden/fs-05-131-aknir_uv_strahlung-1.pdf

REICH, K. (2007). Methodenpool. unter: <http://methodenpool.uni-koeln.de> 2003 ff

UV-Index.ch – unter: http://www.uv-index.ch/de/uvstrahlen/strahlenint_s.html

8.2. Bildquellen

Abb. 1: TIPLER, P. A. & MOSCA, G. (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure (7. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer Verlag – S. 988

Abb. 2: FRANK, H., / Phrood / Anony - Horst Frank, Jailbird and Phrood, CC BY-SA 3.0, unter: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606>

Abb. 3: <https://www.pfsa.de/folientechnologie/sonnenschutzsysteme-und-blendschutzsysteme-fuer-fassaden-aus-glas/>

Abb. 4: Bundesamt für Strahlenschutz, Deutschland, unter: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/uv-strahlung/UV-Faktoren.html>

Abb. 5: Thomas.plotz77 - Eigenes Werk, CC-BY-SA 4.0, unter: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=58960827>

Abb. 6: https://www.heraeus.com/de/hng/the_incredible_power_of_light/uv_curing.aspx

Abb. 7: KATTMANN, U., DUIT, R., GROPPENGIEßER, H. & KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfdN) 3,3-18.

Abb. 8: Bildgeschichte aus dem entwickelten Unterrichtsmaterial. Erstellt mit: <https://www.pixton.com/de/>

Abb. 10: Von EM_spectrum.svg: User:Zedhderivative work: Matt (talk) - EM_spectrum.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7174039>

9. Anhang

9.1. Ausgangsmaterial

- Arbeitsblätter und Text
- Lösungsblätter
- Kreuzworträtsel

Station 1: Das elektromagnetische Spektrum

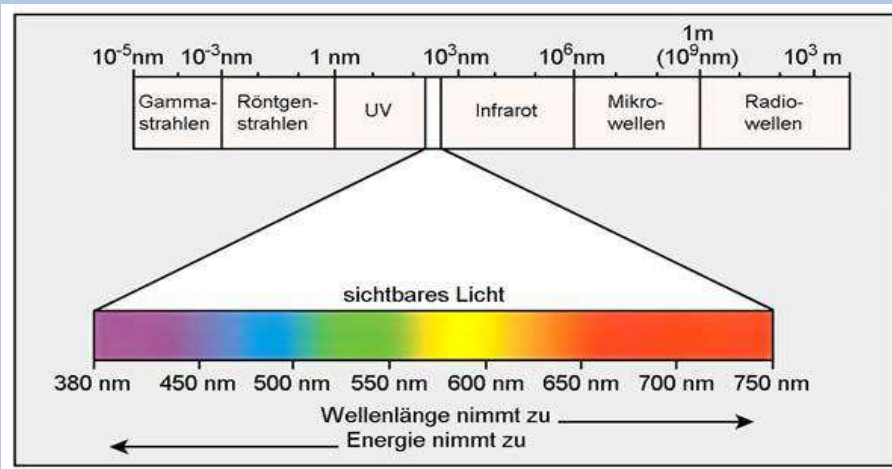


Abbildung 21: Das elektromagnetische Spektrum

Aufgabenstellung:

Les dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung gut durch und löse danach die untenstehenden Aufgaben.



1. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

_____. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer

Strahlung ergeben sich durch die unterschiedlichen _____ der einzelnen

Bereiche im elektromagnetischen Spektrum.

2. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes: Verbinde mit einer Linie jede Farbe mit dem passenden Wellenlängenbereich, dabei kannst du die beiliegende Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.

Blau	520 nm – 560 nm
Grün	625 nm – 750 nm
Gelb	430 nm – 500 nm
Rot	560 nm – 590 nm

3. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.

1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot —

Mikrowellen —

Sichtbares Licht —

Röntgenstrahlen —

UV-Strahlung —

4. Wahr oder falsch?

wahr falsch

Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.

☐ ☐

Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.

☐ ☐

Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.

☐ ☐

Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.

☐ ☐

Station 2: Absorption und Transmission von UV-Strahlung



Trifft UV-Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht folgende Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

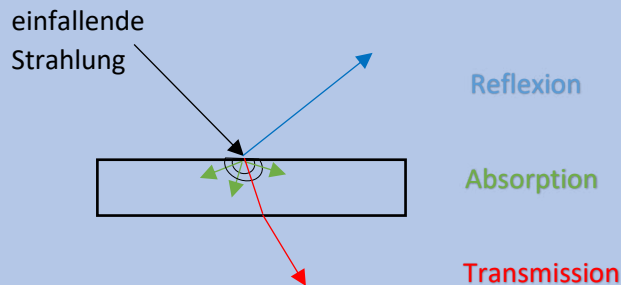


Abbildung 22: Reflexion, Absorption und

So wie das sichtbare Licht manche Gegenstände durchdringen kann und andere wiederum nicht, so kann auch UV-Strahlung von Hindernissen reflektiert, absorbiert oder transmittiert werden.

Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht.

Experiment

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



1. Bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der Tabelle deine Vermutungen, welches Material UV-Strahlung durchlässt und welches nicht, an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				
Sonnenbrille				
Kunststoffplatte				
Glas				
Kleidung				

2. Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? Nutze dazu deine alltäglichen Erfahrungen mit sichtbarem Licht. Und überlege, gibt es Materialien die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?



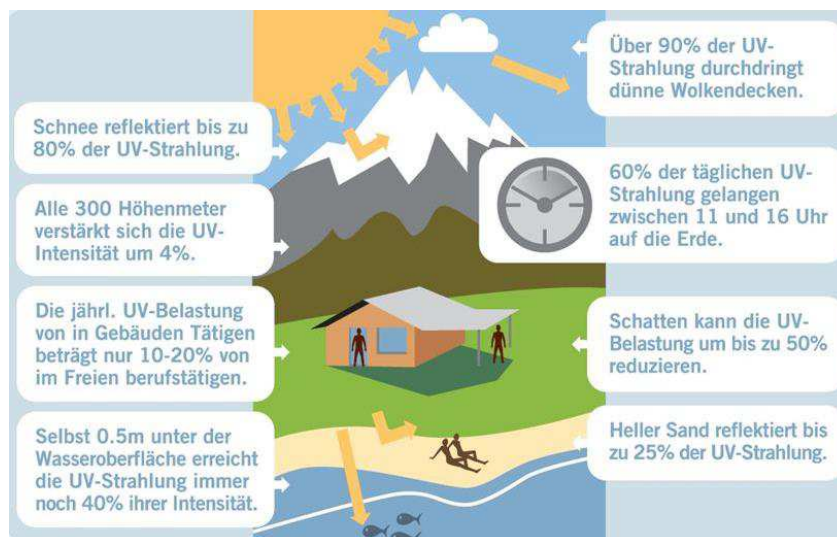
Station 3: Reflexion von UV-Strahlung



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unseren Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

1. Überlege dir mit Hilfe der unteren Abbildung, welche der unter der Abbildung stehenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



Aussagen:

- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.
-
-
-
- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.
-
-

2. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir, ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

Um deine Vermutung zu überprüfen, kannst du mit Hilfe eines handelsüblichen Spiegels und UV-Perlen teste, ob der Spiegel UV-Strahlung reflektiert oder nicht. Dazu richtest du den Spiegel so aus, dass das reflektierte Licht auf die UV-Perlen trifft und beobachtet, ob diese ihre Farbe verändern oder nicht.



Beschreibe kurz deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:

Elektromagnetisches Spektrum und Ultraviolettstrahlung

Das Spektrum elektromagnetischer Wellen, auch elektromagnetisches Spektrum genannt, umfasst die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen. Jede Strahlungsart ist in diesem Spektrum vertreten. Dabei werden die einzelnen Strahlungsarten aufgrund ihrer Wellenlängen unterschieden. Eine davon hast du sicher schon kennengelernt – das sichtbare Licht.

Die elektromagnetischen Strahlungsarten haben einige gemeinsame Eigenschaften:

- 1 Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.
- 2 Jede Strahlung breitet sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus.
- 3 Elektromagnetische Wellen können, wie eben auch das sichtbare Licht, reflektiert, transmittiert, absorbiert und gebrochen werden.

Darüber hinaus gibt es auch unterschiedliche Eigenschaften, die von der Wellenlänge bestimmt werden und für den Menschen unmittelbar von Bedeutung sind:

- Für den Menschen ist nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums mittels Sinnesorganen wahrnehmbar. Mit den Augen kann das sichtbare Licht wahrgenommen werden.
- Manche Strahlungsarten können beim Menschen zu Schädigungen führen. Intensive ultraviolette Strahlung führt zum Beispiel zu Sonnenbrand, Augenschäden oder Hautkrebs.

Heute wirst du vor allem etwas über die Ultraviolettstrahlung, kurz UV-Strahlung lernen. Die Bezeichnung ultraviolett (etwa „jenseits von Violett“) beruht darauf, dass sich das UV-Spektrum mit kürzeren Wellenlängen an Violett anschließt. Die Farbe Violett ist für das menschliche Auge ein gerade noch wahrnehmbarer Farbreiz. UV-Strahlung ist also unsichtbar für das menschliche Auge.

Ultraviolettstrahlung ist im kurzwelligen Anteil der Sonnenstrahlung enthalten. Die meisten Fixsterne senden UV-Strahlung aus. Außerdem enthält Polarlicht eine Ultraviolettstrahlung. Natürliche irdische Ultraviolettquellen sind Gewitterblitze. Ultraviolettstrahlung entsteht aber auch in künstlichen Quellen, wie etwa in Quecksilberdampflampen, Quarzlampen, Schwarzlichtlampen, UV-Leuchtdioden oder beim Lichtbogenschweißen.

Station 1: Das elektromagnetische Spektrum - LÖSUNGEN

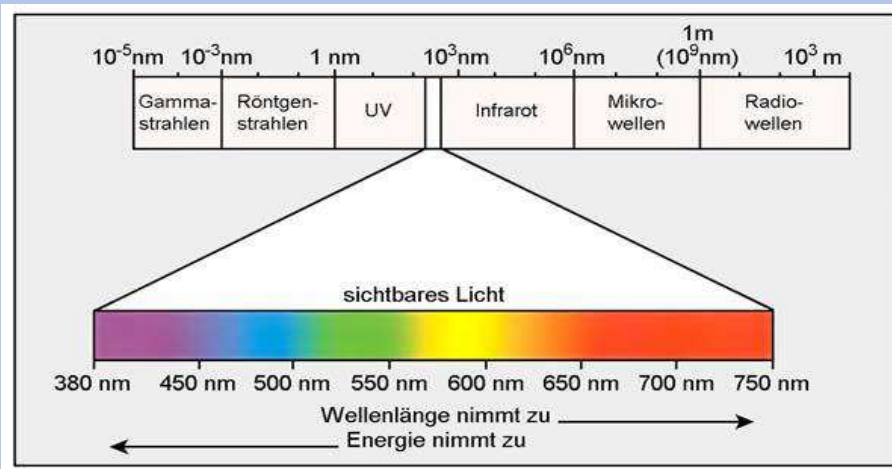


Abbildung 23: Das elektromagnetische Spektrum

Aufgabenstellung:

Lese dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung gut durch und löse danach die untenstehenden Aufgaben.



1. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

LICHTGESCHWINDIGKEIT. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung

ergeben sich durch die unterschiedlichen **WELLENLÄNGEN** der einzelnen Bereiche im

elektromagnetischen Spektrum.

2. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes: Verbinde mit einer Linie jede Farbe mit dem passenden Wellenlängenbereich, dabei kannst du die beiliegende Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.

Blau		520 nm – 560 nm
Grün		625 nm – 750 nm
Gelb		430 nm – 500 nm
Rot		560 nm – 590 nm

3. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.
1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot	4
Mikrowellen	5
Sichtbares Licht	3
Röntgenstrahlen	1
UV-Strahlung	2

4. Wahr oder falsch?

	wahr	falsch
Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.	☐	☒
Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.	☒	☐
Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.	☒	☐
Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.	☐	☒

Station 2: Absorption und Transmission von UV – Strahlung - Lösungen



Trifft UV–Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht drei Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

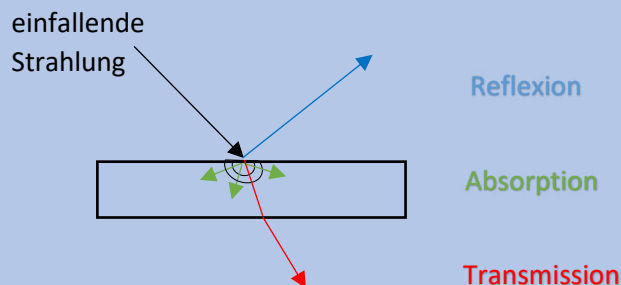


Abbildung 24: Reflexion, Absorption und

So wie das sichtbare Licht manche Gegenstände durchdringen kann und andere wiederum nicht, so kann auch UV-Strahlung von Hindernissen reflektiert, absorbiert oder transmittiert werden.

Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung durchlassen und welche nicht.

Experiment

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



1. Bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der Tabelle deine Vermutungen, welches Material UV-Strahlung durchlässt und welches nicht, an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an:

Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				✗
Sonnenbrille			✗	
Kunststoffplatte				✗
Glas				✗
Kleidung			✗	

2. Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? Nutze dazu deine alltäglichen Erfahrungen mit sichtbarem Licht. Und überlege, gibt es Materialien die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?



Ein Luftballon lässt sichtbares Licht nicht durch, man kann also nicht durch ihn durchsehen. UV-Strahlung kann aber durch das Material des Luftballons durchdringen. UV-Strahlung wird von einer guten Sonnenbrille aufgehalten, um unsere Augen vor der UV-Strahlung zu schützen, sichtbares Licht wird hingegen durchgelassen, ansonsten würden wir durch die Sonnenbrille nicht durchsehen.

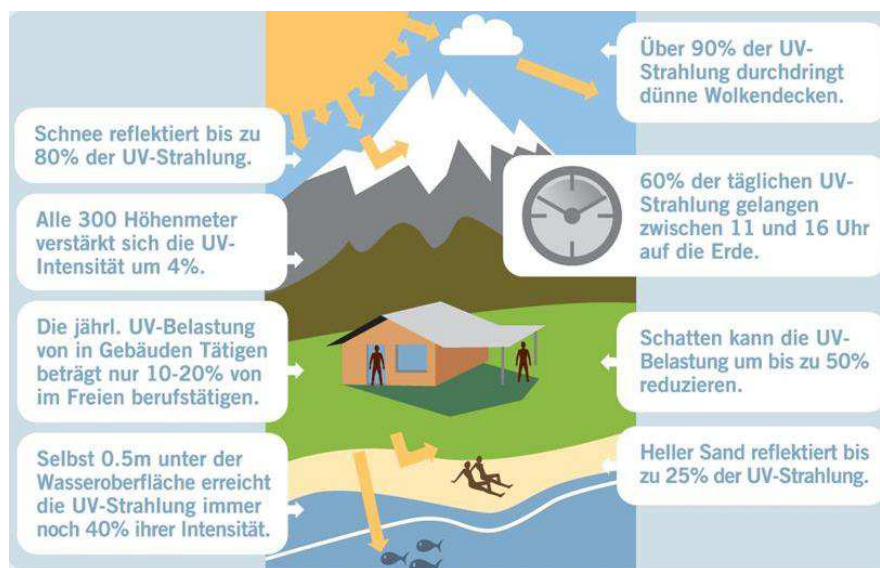
Station 3: Reflexion von UV-Strahlung - Lösungen



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unsere Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe. Die Atmosphäre wird dünner und die UV-Strahlen dringen somit verstärkt durch.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

1. Überlege dir mit Hilfe folgender Abbildung, welche der unter der Abbildung stehenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



Aussagen:

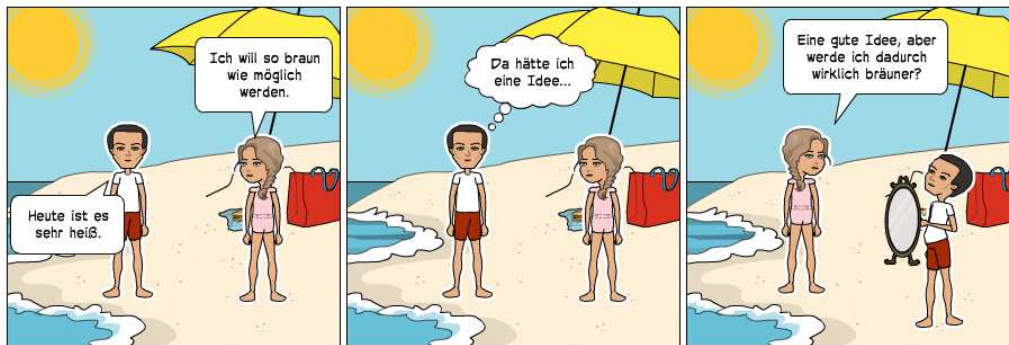
- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.

FALSCH! Der Schnee in den Bergen reflektiert UV-Strahlung wesentlich besser als der Sand am Strand.

- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.

FALSCH! Mehr als 90% der UV-Strahlung können die dünne Wolkendecke durchdringen. Daher sollte man sich auch an bewölkten Tagen vor der UV-Strahlung schützen.

2. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

Um eure Vermutungen zu überprüfen, könnt ihr mit Hilfe eines handelsüblichen Spiegels und UV-Perlen testen, ob der Spiegel UV-Strahlung reflektiert oder nicht. Dazu richtet ihr den Spiegel so aus, dass das reflektierte Licht auf die UV-Perlen trifft und beobachtet, ob diese ihre Farbe verändern oder nicht.

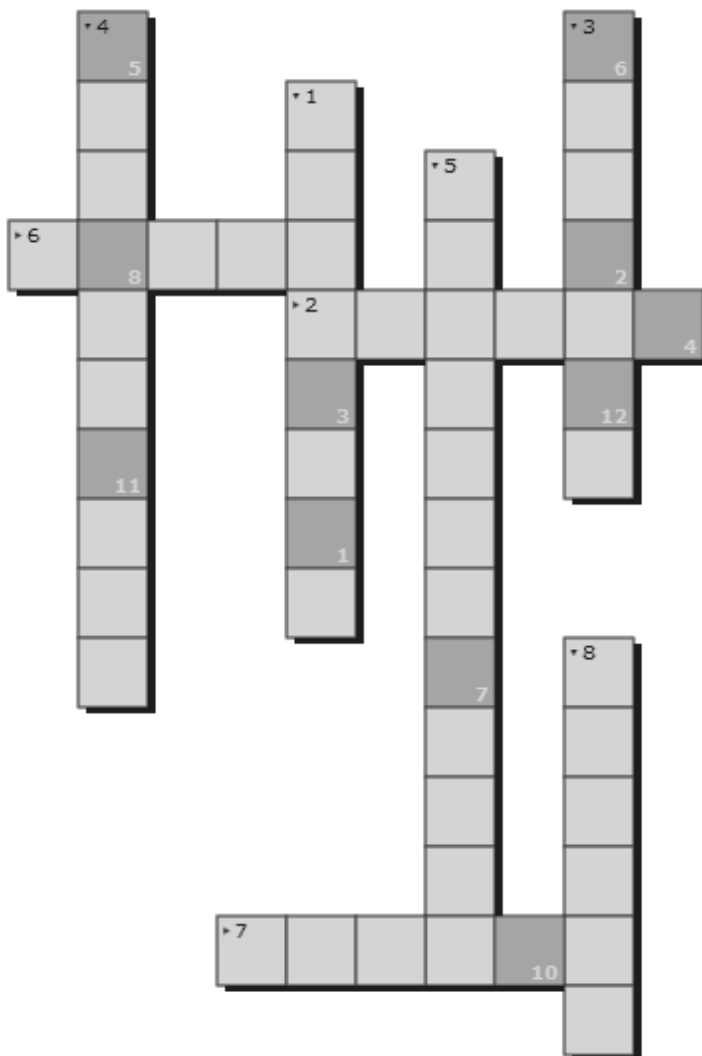


Beschreibe kurz deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:

Der Spiegel reflektiert die UV-Strahlung auf die UV-Perlen und diese verfärben sich. Es ist also möglich, sich mit Hilfe des Spiegels zu bräunen.

Kreuzworträtsel

zum Thema UV-Strahlung



1- Die Gesamtheit aller elektromagnetischer Wellen wird unter dem Begriff elektromagnetisches Spektrum zusammengefasst.

2- Die Wellenlänge der UV-Strahlung ist als die des sichtbaren Lichtes.

3- An welche Farbe des sichtbaren Lichtes grenzt der Bereich der UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum?

4- Wird UV-Strahlung von einem Gegenstand nicht durchgelassen, so nennt man dieses Phänomen?

5- Transmission bedeutet, dass Strahlung einen Gegenstand kann.

6- Die Wichtigste natürliche Quelle für UV-Strahlung?

7- UV-Strahlung wird von Wasser, Sand und Relativ gut reflektiert.

8- Die Intensität der UV-Strahlung wird mit zunehmender Höhe ?

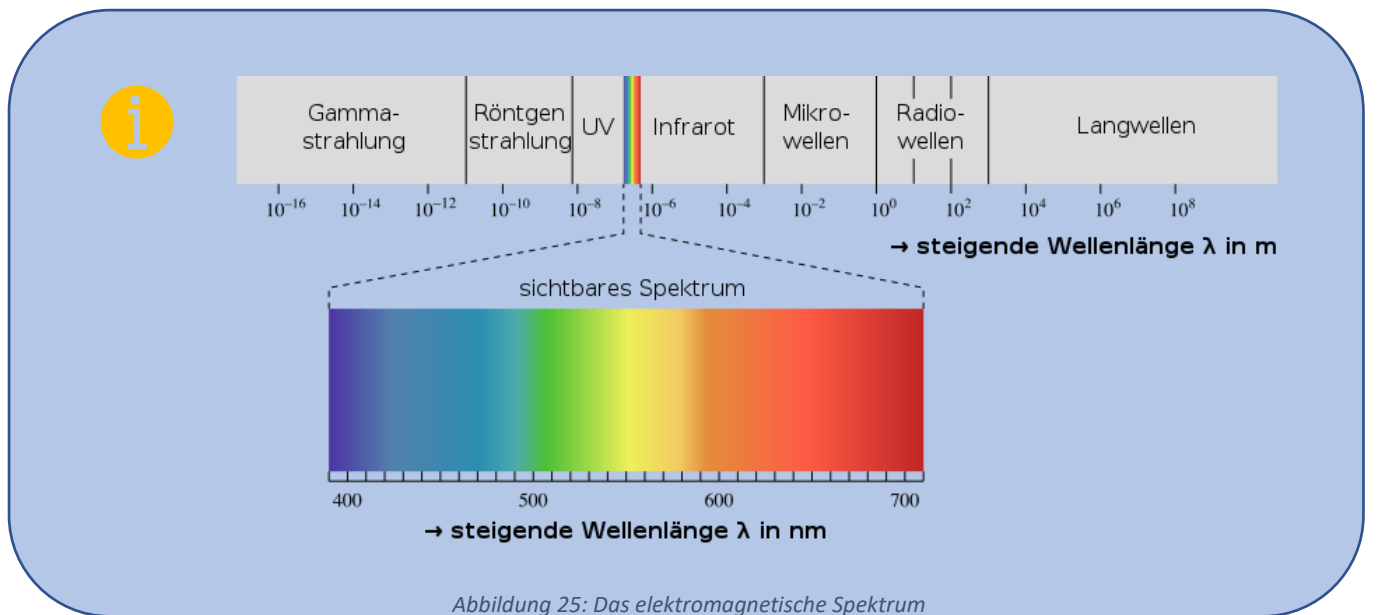
Lösungswort:

1	2	3	4	5	6	7	8	L	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

9.2. Entwicklungszyklus 1

9.2.1. Arbeitsblätter und Lösungsblätter

Station 1: Das elektromagnetische Spektrum



Aufgabenstellung:

Les dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung gut durch und löse danach die untenstehenden Aufgaben.



1. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

_____. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer

Strahlung ergeben sich durch die unterschiedlichen _____ der einzelnen

Bereiche im elektromagnetischen Spektrum.

2. Beantworte mit Hilfe der obigen Abbildung des elektromagnetischen Spektrums folgende 2 Fragen:

Mit welcher Farbe grenzt der Bereich des sichtbaren Lichtes an den der UV-Strahlung?

Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?

3. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.
 1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot	—
Mikrowellen	—
Sichtbares Licht	—
Röntgenstrahlen	—
UV-Strahlung	—

4. Wahr oder falsch?

wahr falsch

Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.

☐ ☐

Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.

☐ ☐

Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.

☐ ☐

Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.

☐ ☐


Freiwillige Bonusaufgabe

Du bist schon fertig – hast aber noch Zeit bis zur nächsten Station?

5. Quellen von UV-Strahlung kann man in natürliche und künstliche Quellen untergliedern.
 Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem natürlichen oder künstlichen Ursprung.

Sonne / Polarlicht / Quecksilberdampflampe / Gewitterblitz / Schwarzlichtlampe /
 Lichtbogenschweißen

Natürliche UV-Quellen

Künstliche UV-Quellen

Elektromagnetisches Spektrum und Ultraviolettstrahlung

Das Spektrum elektromagnetischer Wellen, auch elektromagnetisches Spektrum genannt, umfasst die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen. Jede Strahlungsart ist in diesem Spektrum vertreten. Dabei werden die einzelnen Strahlungsarten aufgrund ihrer Wellenlängen unterschieden. Eine davon hast du sicher schon kennengelernt – das sichtbare Licht.

Die elektromagnetischen Strahlungsarten haben einige gemeinsame Eigenschaften:

- 4 Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.
- 5 Jede Strahlung breitet sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus.
- 6 Elektromagnetische Wellen können, wie eben auch das sichtbare Licht, reflektiert, transmittiert, absorbiert und gebrochen werden.

Darüber hinaus gibt es auch unterschiedliche Eigenschaften, die von der Wellenlänge bestimmt werden und für den Menschen unmittelbar von Bedeutung sind:

- Für den Menschen ist nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums mittels Sinnesorganen wahrnehmbar. Mit den Augen kann das sichtbare Licht wahrgenommen werden.
- Manche Strahlungsarten können beim Menschen zu Schädigungen führen. Intensive ultraviolette Strahlung führt zum Beispiel zu Sonnenbrand, Augenschäden oder Hautkrebs.

Heute wirst du vor allem etwas über die Ultraviolettstrahlung, kurz UV-Strahlung lernen. Die Bezeichnung ultraviolett (etwa „jenseits von Violett“) beruht darauf, dass sich das UV-Spektrum mit kürzeren Wellenlängen an Violett anschließt. Die Farbe Violett ist für das menschliche Auge ein gerade noch wahrnehmbarer Farbreiz. UV-Strahlung ist also unsichtbar für das menschliche Auge.

Ultraviolettstrahlung ist im kurzwelligen Anteil der Sonnenstrahlung enthalten. Die meisten Fixsterne senden UV-Strahlung aus. Außerdem enthält Polarlicht eine Ultraviolettstrahlung. Natürliche irdische Ultraviolettquellen sind Gewitterblitze. Ultraviolettstrahlung entsteht aber auch in künstlichen Quellen, wie etwa in Quecksilberdampflampen, Quarzlampen, Schwarzlichtlampen, UV-Leuchtdioden oder beim Lichtbogenschweißen.

Station 2: Absorption und Transmission von UV-Strahlung



Trifft UV-Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht folgende Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

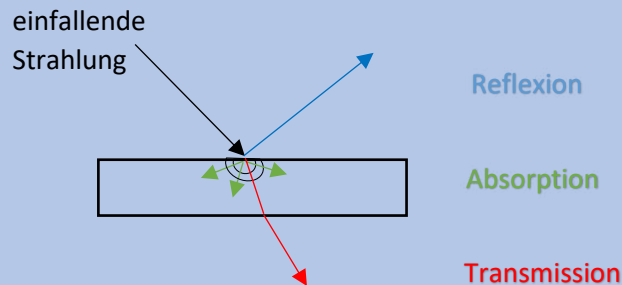


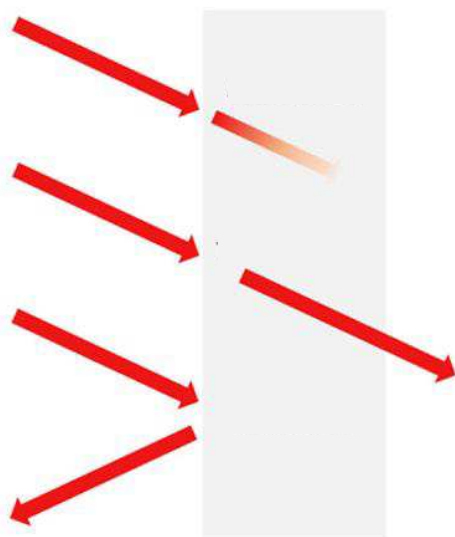
Abbildung 26: Reflexion, Absorption und

Reflexion: Die einfallende Strahlung wird von dem Gegenstand reflektiert (zurückgeworfen). Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel.

Absorption: Die einfallende Strahlung wird von einem absorbierenden Stoff aufgenommen. Die Strahlung kann den Gegenstand nicht durchdringen.

Transmission: Die einfallende Strahlung wird weder vollständig reflektiert noch absorbiert. Die Strahlung kann den Gegenstand durchdringen.

1. Ordne die drei Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission den jeweiligen Abschnitten der Abbildung zu:



2. Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht.

Experiment

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



Bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der Tabelle Vermutungen, welches Material UV-Strahlung durchlässt und welches nicht, an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				
Sonnenbrille				
Kunststoffplatte				
Glas				
Kleidung (Pullover, T-Shirt, etc.)				

3. Vergleich UV-Strahlung und sichtbares Licht

Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? Überlege, ob es Materialien gibt die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?





TIPP: Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert.

Station 3: Reflexion von UV-Strahlung



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unseren Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

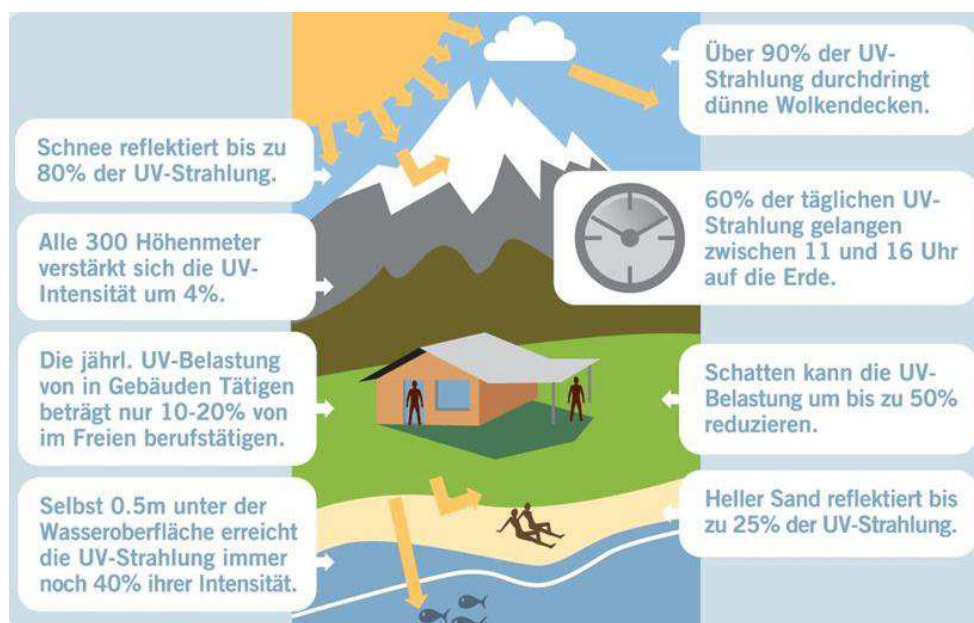
- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

1. Überlege dir mit Hilfe der unteren Abbildung, welche der folgenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.

- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.



2. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir, ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

Überlege dir mit den vorhandenen Materialien eine Versuchsanordnung, um deine Vermutungen zu überprüfen.

Zeichne eine Skizze des Versuchsaufbaus und erstell eine kurze Anleitung, wie das Experiment durchzuführen ist.

Beschreibe nach der Durchführung des Experiments deine Beobachtungen und erkläre kurz warum deine Vermutung richtig oder falsch war.



Skizze:

Versuchsanleitung:

Beschreibe deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:

Lösungsblatt - Station 1: Das elektromagnetische Spektrum

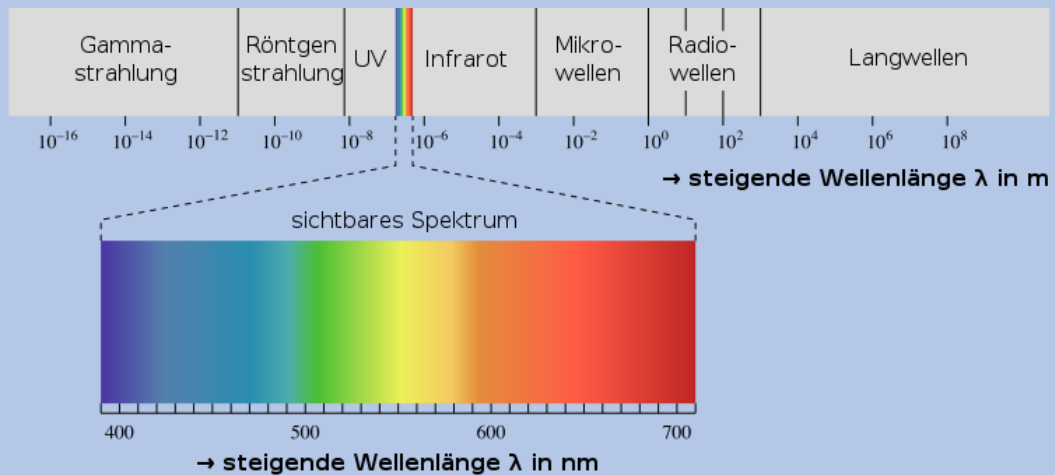


Abbildung 27: Das elektromagnetische Spektrum

Aufgabenstellung:

Les dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung gut durch und löse danach die untenstehenden Aufgaben.



5. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

LICHTGESCHWINDIGKEIT. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung ergeben sich durch die unterschiedlichen **WELLENLÄNGEN** der einzelnen Bereiche im elektromagnetischen Spektrum.

6. Beantworte mit Hilfe der obigen Abbildung des elektromagnetischen Spektrums folgende 2 Fragen:

Mit welcher Farbe grenzt der Bereich des sichtbaren Lichtes an den der UV-Strahlung?

VIOLETT

Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?

400 – 700 nm

7. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen.

1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot	4
Mikrowellen	5
Sichtbares Licht	3
Röntgenstrahlen	1
UV-Strahlung	2

8. Wahr oder falsch?

	wahr	falsch
Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.	☐	☒
Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.	☒	☐
Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.	☒	☐
Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.	☐	☒



Freiwillige Bonusaufgabe

Du bist schon fertig – hast aber noch Zeit bis zur nächsten Station?

9. Quellen von UV-Strahlung kann man in natürliche und künstliche Quellen untergliedern. Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem natürlichen oder künstlichen Ursprung.

Sonne / Polarlicht / Quecksilberdampf Lampe / Gewitterblitz / Schwarzlichtlampe / Lichtbogenschweißen

Natürliche UV-Quellen

SONNE

POLARLICHT

GEWITTERBLITZ

Künstliche UV-Quellen

QUECKSILBERDAMPFLAMPE

SCHWARZLICHTLAMPE

LICHTBOGENSCHWEISSEN

Lösungsblatt - Station 2: Absorption und Transmission von UV-Strahlung



Trifft UV-Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht folgende Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

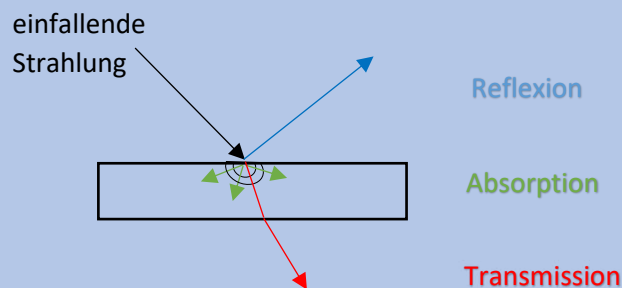


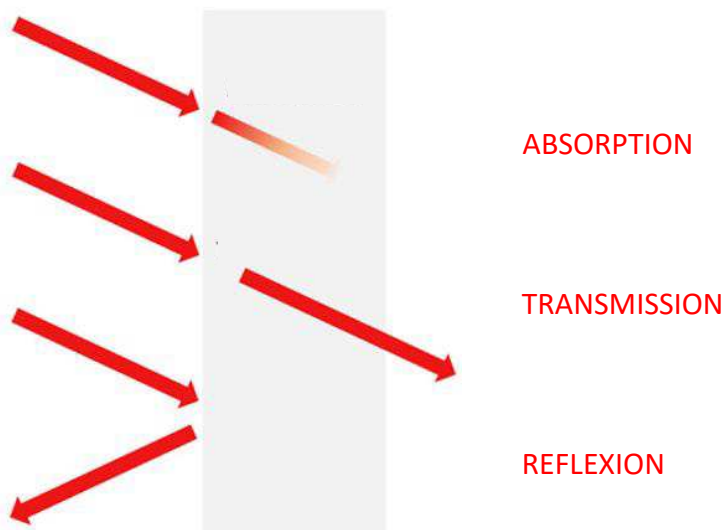
Abbildung 28: Reflexion, Absorption und

Reflexion: Die einfallende Strahlung wird von dem Gegenstand reflektiert (zurückgeworfen). Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel.

Absorption: Die einfallende Strahlung wird von einem absorbierenden Stoff aufgenommen. Die Strahlung kann den Gegenstand nicht durchdringen.

Transmission: Die einfallende Strahlung wird weder vollständig reflektiert noch absorbiert. Die Strahlung kann den Gegenstand durchdringen.

1. Ordne die drei Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission den jeweiligen Abschnitten der Abbildung zu:



2. Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht.

Experiment

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



Bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der Tabelle auf der nächsten Seite deine Vermutungen, welches Material UV-Strahlung durchlässt und welches nicht, an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				✗
Sonnenbrille			✗	
Kunststoffplatte				✗
Glas				✗
Kleidung (Pullover, T-Shirt, etc.)			✗	

3. Vergleich UV-Strahlung und sichtbares Licht

Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? Überlege, ob es Materialien gibt die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?



Ein Luftballon lässt sichtbares Licht nicht durch, man kann also nicht durch ihn durchsehen. UV-Strahlung kann aber durch das Material des Luftballons durchdringen. UV-Strahlung wird von einer guten Sonnenbrille absorbiert, aber sichtbares Licht durchdringt das Glas der Sonnenbrille.



TIPP: Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert.

Lösungsblatt - Station 3: Reflexion von UV-Strahlung



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unseren Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

3. Überlege dir mit Hilfe der unteren Abbildung, welche der folgenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



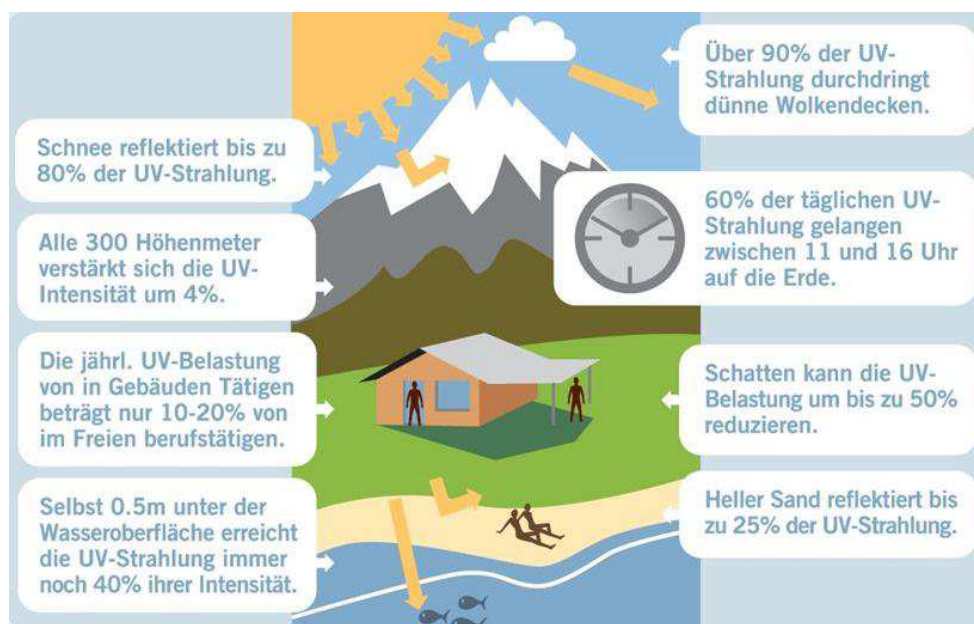
- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.

FALSCH! Der Schnee in den Bergen reflektiert UV-Strahlung wesentlich besser als der Sand am Strand.

- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.

FALSCH! Mehr als 90% der UV-Strahlung können die dünne Wolkendecke durchdringen.

Daher sollte man sich auch an bewölkten Tagen vor der UV-Strahlung schützen.



4. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir, ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

Überlege dir mit den vorhandenen Materialien eine Versuchsanordnung, um deine Vermutungen zu überprüfen.

Zeichne eine Skizze des Versuchsaufbaus und erstell eine kurze Anleitung, wie das Experiment durchzuführen ist.

Beschreibe nach der Durchführung des Experiments deine Beobachtungen und erkläre kurz warum deine Vermutung richtig oder falsch war.



Skizze:

Versuchsanleitung:

Beschreibe deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:

9.2.2. Transkripte Kurzinterviews

Datum der Durchführung: 15.1.2018

Ort der Durchführung: NMS Neunkirchen

Autor: Sebastian Vogt

Kode Name: A

➤ Schüler 1

Proband: männlich, 8. Schulstufe

Kode Name: S1

- 1 **A:** Hallo!
- 2 **S1:** Hallo!
- 3 **A:** Ich hätte drei kurze Fragen an dich. Die Erste: Ich würde prinzipiell gerne
- 4 Wissen worum es heute gegangen ist? Was hast du gelernt?
- 5 **S1:** UV-Strahlung! Mhm ja UV-Strahlung halt.
- 6 **A:** OK. Kannst du dich noch an die einzelnen Stationen erinnern und worum es
- 7 dabei gegangen ist?
- 8 **S1:** Wir haben begonnen mit dem ersten, ob man die UV-Strahlung durchsieht.
- 9 Beim zweiten haben wir dann ahh ob ahhm ob also das – die UV-Strahlung
- 10 etwas dunkler macht. Oder halt brauner.
- 11 **A:** Ja Ok – wie habt ihr das gemacht? Was war da noch?
- 12 **S1:** Ahh ja mit diesem Glas, ah nein Spiegel. Und bei dem dritten haben wir
- 13 einen Text gelesen.
- 14 **A:** Ja danke – Wenn du jetzt drei Wörter sagen müsstest zu dieser Stunde,
- 15 welche wären die?
- 16 **S1:** UV-Strahlung, sichtbares Licht und ähh mhh ahm und Wasser, Sand und
- 17 Schnee ah reflektieren
- 18 **A:** Dann würde ich noch gerne wissen: hast du wenn du dir den Zettel
- 19 durchgelesen hast immer gleich gewusst was du machen musst? Sprich
- 20 waren die Aufgabenstellungen immer klar?
- 21 **S1:** Ja schon, es war sehr deutlich erklärt – was man machen muss.
- 22 **A:** Ok -Super! Dann würde ich noch gerne wissen: welche war die schwierigste
- 23 Und welche die leichteste Station und warum?
- 24 **S1:** Die leichteste war diese mit dem Luftballon durchsehen, das schwerste war
- 25 das erste mit dem Durchlesen und das letzte war halt mittel.
- 26 **A:** OK Danke – das wärs schon!

➤ **Schülerin 2**

Proband: weiblich, 8. Schulstufe

Kode Name: S2

- 1 **A:** Hallo! Wie geht's dir?
- 2 **S2:** Hallo! Ganz gut!
- 3 **A:** Meine erste Frage wäre: Wenn du bitte beschreibst um was es in der
- 4 Heutigen Stunde gegangen ist, was hast du gelernt?
- 5 **S2:** Wir haben heute über die UV-Strahlung detaillierter gesprochen und ähhm
- 6 Freiarbeit gemacht, also Gruppenarbeit – ja jedenfalls in Team's in
- 7 Stationen.
- 8 **A:** Ok – kannst du dich vielleicht genauer daran erinnern welche Station
- 9 welches Thema genauer behandelt hat?
- 10 **S2:** Also die eine war mit der Reflexion, Absorbieren und Transformation ähhm
- 11 hab ich das richtig in Erinnerung?
- 12 **A:** Transmission
- 13 **S2:** Ja genau – das wars. Und dann, also ich hab drei Stationen gemacht – die
- 14 eine war ob die UV-Strahlung diese Perlen verfärbt, also mit dem Spiegel.
- 15 Ähhm dann war die erste – mit dem Text oder...
- 16 **A:** Genau – Danke mal. Wenn du jetzt drei Wörter sagen müsstest die diese
- 17 Stunde beschreiben, was würde dir hier einfallen?
- 18 **S2:** Interessant, ähhm kurz, mhh und bisschen durcheinander
- 19 **A:** Ok – super danke! Nächste Frage: Hast du bei allen Aufgabenstellungen
- 20 sofort gewusst was du machen musst?
- 21 **S2:** Ja ich schon, aber die anderen, also weil in meiner Gruppe waren Leute die
- 22 nicht sehr gut Deutsch können und das war bisschen mühsamer, sag ich
- 23 mal, weil ich es ihnen erst erklären musste.
- 24 **A:** Aha, danke. Der Schwierigkeitsgrad der Stationen? Welche war für dich
- 25 die leichteste und welche die schwerste Station?
- 26 **S2:** Ich glaube die erste Station die ich gemacht habe – ähm also die zweite
- 27 Station war denk ich die schwierigste.
- 28 **A:** Also die mit dem Versuch?
- 29 **S2:** Jaja – die. Obwohl eigentlich war die erste Station die schwierigste, also die
- 30 mit dem Heraussuchen, also mit dem Text. Die anderen waren eher leicht.
- 31 **A:** Super vielen Dank, das wars schon – kannst du mir gleich den nächsten
- 32 schicken?

➤ **Schüler 3**

Proband: männlich, 8. Schulstufe

Kode Name: S3

- 1 **S3:** Grüß Gott!
- 2 **A:** Hallo! Ich hätte drei kurze Fragen an dich.
- 3 **S3:** Klar!
- 4 **A:** Die erste wäre: Kannst du mir prinzipiell sagen was du heute gelernt hast?
- 5 Worum ist es gegangen in der Einheit?
- 6 **S3:** Über die UV-Strahlung!
- 7 **A:** Ja und gibt's noch speziellere Sachen die dir jetzt einfallen?
- 8 **S3:** Ahhm wie speziellere?
- 9 **A:** Na - kannst du zu jeder Station etwas sagen, was speziell diese Station
- 10 betrifft?
- 11 **S3:** Ja jede Station hatte ein eigenes Thema, also von der UV-Strahlung, aber
- 12 andere.
- 13 **A:** Ja – fallen dir die noch ein?
- 14 **S3:** Ja ahhm UV-Strahlung, bei einem bei dem man diese Infrarot ähhhm
- 15 ja Infrarot war.
- 16 **A:** Infrarot – Ok. Noch etwas?
- 17 **S3:** Nein
- 18 **A:** Na Ok – macht ja nichts! Wenn du jetzt drei Wörter sagen müsstest zu
- 19 dieser Stunde – welche wären das?
- 20 **S3:** Drei Wörter? Mhh – Es war gut!
- 21 **A:** Es war gut?
- 22 **S3:** Ja.
- 23 **A:** Ok passt – danke. Und dann würde ich noch gerne wissen: vom
- 24 Schwierigkeitsgrad her, welche Station war am leichtesten und welche am
- 25 schwierigsten?
- 26 **S3:** Es war eh Mittel alles. Es ging eh. Eigentlich.
- 27 **A:** War also nichts zu schwer oder zu leicht?
- 28 **S3:** Zu schwer wars auch nicht, zu leicht auch nicht – man musste da einfach
- 29 Nur vom Text lesen – danach wusste man es eh.
- 30 **A:** Auch die Aufgabenstellung, so wie diese geschrieben waren, waren
- 31 verständlich? Habt ihr gleich gewusst was ihr machen sollt?
- 32 **S3:** Eigentlich schon – ja. Aber nur bei einem habe ich mich nicht ganz
- 33 ausgedankt.
- 34 **A:** Ahh – welche Aufgabe war das?
- 35 **S3:** Eh die wo ich Sie gefragt habe, was das bedeutet.
- 36 **A:** Ich glaub ich weiß schon, dass war nach dem Versuch?
- 37 **S3:** Ja, der Vergleich mit dem sichtbaren Licht.
- 38 **A:** Vielen Dank. Das wars auch schon.

- 24 **S1:** Gehört da Wellenlänge hin?
- 25 **A:** Bitte fülle die Arbeitsblätter so aus wie du denkst, du hast ja auch die
- 26 Lösungsblätter zum Vergleichen im Anschluss und bitte immer daran
- 27 denken deine Gedanken laut auszusprechen.
- 28 **S1:** Ok, jetzt würde ich die Abbildung mal genau anschauen und dann, wenn ich
- 29 es gefunden habe ändern, also hinschreiben. Also so grün, gelb oder wie ist
- 30 das genau?
- 31 **A:** Sie dir die Abbildung nochmal genau an.
- 32 **S1:** Ahhh – das ist hier her verschoben, dann blau, violett.
- 33 zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge
- 34 sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung. Mhhh.
- 35 **A:** Was überlegst du jetzt?
- 36 **S1:** Mhh – zwischen mhh, da muss ich jetzt überlegen.
- 37 [längere Pause]
- 38 Mhh -Also das sichtbare Spektrum, mhh zwischen 10^{-8} und 10^{-6} .
- 39 **A:** Schau nochmals bei dem vergrößerten Bereich des Spektrums, da stehen
- 40 auch Wellenlängen.
- 41 **S1:** Ahh – jetzt hab ich's von 400 bis 700 ahmm Nanometer?
- 42 [S1 beginnt Aufgabe 3]
- 43 **S1:** Ordne folgende Strahlungsbereiche nach
- 44 **A:** Probiere wirklich immer zu sagen, was du denkst.
- 45 **S1:** Mhm. Also als erster kommt Röntgenstrahlung, das ist 1. Dann ist die
- 46 UV-Strahlung, dann das sichtbare Licht, dann Infrarot und dann kommt
- 47 Mikrowellen.
- 48 [S1 beginnt Aufgabe 4]
- 49 Dann wahr oder falsch! Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge
- 50 sichtbar? Das ist falsch, also warte. Mhh - Die Sonne ist eine natürliche
- 51 Quelle der UV-Strahlung? Ja oder?
- 52 **A:** Ich bewerte das gar nicht, es ist ganz egal ob du es richtig oder falsch
- 53 ausfüllst. Fülle es so aus, wie du denkst und versuche dabei so viel wie
- 54 möglich dazu zu sagen.
- 55 **S1:** Ok – mhm. Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem Ursprung. Also
- 56 Sonne ist natürlich, Polarlicht auch. Quecksilberdampf Lampe ist glaub ich
- 57 künstlich. Ahh – Gewitterblitz ist natürlich. Die zwei sind wahrscheinlich
- 58 künstlich. Ok – das wars.
- 59 [S1 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 60 Ohh – soll ich das jetzt noch dazuschreiben?
- 61 **A:** Nein, musst du nicht.
- 62 **S1:** Ok- da hab ich aber auch alles richtig und da auch!
- 63 **A:** Super. Dann gehen wir gleich zur zweiten Station.

64 **[S1 beginnt mit Station 2]**

- 65 **S1:** Also bei der einfallenden Strahlung ist es so, dass dann ähm, wenns so
- 66 einfällt, dass das dann parallel so zu sagen, warte parallel? Ähm – ja
- 67 so parallel wegschießt wieder, also. Dann bei der Absorption ist das so, dass
- 68 es in drei Quellen oder Strahlungen aufteilt und bei der Transmission, geht's
- 69 weiter runter, macht aber so einen Bogen.

- 70 [S1 liest Definitionen unter der Abbildung – füllt 1. Aufgabe aus, sagt aber
71 nichts dazu]
72 [S1 beginnt Aufgabe 2]
73 **A:** Was denkst du dir gerade?
74 **S1:** Mhh – also das, dass ein Experiment ist und man jetzt etwas auf ein Blatt
75 schreibt und dass man das dann sieht. Ich denke, das ist eigentlich sehr
76 praktisch und cool. [liest weiter am Arbeitsblatt]
77 **A:** Kannst du bitte dazu sprechen!
78 **S1:** Ok – Kunststoffplatte mhm, da bin ich mir nicht sicher, beim Glas glaub ich
79 ist Absorption und bei der Kleidung bin ich mir auch nicht sicher.
80 [S1 haltet Vermutungen fest]
81 Ok – und jetzt probieren wir das aus.
82 **A:** Ja, da liegen die benötigten Materialien und bei der Kleidung kannst du
83 deine Weste nehmen.
84 **S1:** Also jetzt schreib ich einfach da was drauf. Das sieht man jetzt so ein
bisschen.
85 [S1 will Kreuz mit UV-Edding auf die Kleidung machen und schaut ob die
86 UV-Lampe durch das Papier dringt]
87 **A:** Warte kurz. Lies dir nochmal genau die Angabe durch.
88 **S1:** Also ähm – beim Luftballon, Absorption oder Transmission, da würde ich
89 sagen, das Transmission, beim Luftballon. Also ich meine - mhm
90 [Autor erklärt S1 den Versuchsablauf. S1 liest nochmals Anleitung und
91 beginnt dann erneut]
92 Also ja, ich sehe es noch.
93 [lange Pause]
94 **A:** Also wir wollen ja jetzt wissen, ob die UV-Strahlen durch diese Materialien
95 durchgehen oder nicht.
96 [S1 beleuchtet erneut das beschriebene Papier]
97 **S1:** Dann würde ich sagen, dass es da nicht durchgeht. Das ist also so zu
98 sagen am Blatt verteilt.
99 **A:** Aber das Papier steht ja gar nicht bei den Materialien dabei, du sollst jetzt
100 die Materialien nehmen und anleuchten und dann schauen ob du das
101 darunter noch lesen kannst.
102 [S1 führt den Versuch richtig durch]
103 **S1:** Also da sehe ich nix. Also das heißt der Luftballon ist dann doch Absorption.
104 Jetzt die Sonnenbrille. Mhm – bei der Sonnenbrille sehe ich es auch nicht.
105 Das heißt, es ist auch Absorption. Die Kunststoffplatte – ja da sehe ich es
106 durch, das heißt es ist Transmission. Glas, da sehe ich es auch durch – also
107 ist es doch Transmission. Und bei der Kleidung, nein, da sehe ich es nicht
108 durch. Also ist es doch Absorption.
109 [S1 beginnt Aufgabe 3]
110 Bei der Kleidung da lässt es gar nichts durch, also auch nicht das Licht.
111 Wenn ich die jetzt gegen das Licht halte kommt gar nichts durch, es kommt
112 ein Schatten.
113 Und bei der Sonnenbrille, da könnte eigentlich theoretisch Licht
114 reinkommen. Ahh – nein sonst würde die Sonnenbrille ja gar nichts
115 nützen. Dann beim Luftballon denke ich schon, dass da noch Licht
116 reinkommt – also durch.

- 117 [A macht S1 auf den Tipp aufmerksam]
118 Aso ok, dann – durchs Glas kann ich durchschauen, durch die Sonnenbrille
119 kann ich durchschauen. Beim Luftballon mhh kann ich so jetzt eigentlich
120 nicht durchschauen. Bei der Kleidung, bei manchen Sachen könnte man,
121 nein könnte man auch nicht. Und beim Kunststoff kann ich auch
122 durchschauen.
123 Also der Luftballon hat es nicht durchgelassen, also Sichtbares. Luftballon?
124 Nein nicht Luftballon, oder? Ähm, die Sonnenbrille hat es durchgelassen.
125 Und sonst: mhh bei Glas da lassen es beide durch, beim Kunststoff auch.
126 Bei der Sonnenbrille hat es nur das sichtbare Licht durchgelassen und beim
127 Luftballon lässt es niemand durch.
128 [S1 vergisst auf Lösungsblatt]
129 **A:** Passt, danke. Das heißt, wir kommen schon zur Station 3, der letzten.
130 Mittlerweile funktioniert das mit dem lauten Denken auch schon sehr gut.

131 **[S1 beginnt mit Station 3]**

- 132 **S1:** Also beim Berg ist das so, dass er eben, wenn die Sonne jetzt so strahlt und
133 der Berg da steht, dann ist hinterm Berg kein Licht, weil das Licht ja jetzt
134 nicht durch den Berg durch kann. Durch das Wasser da kommt es auch
135 durch, da wird es so zu sagen nicht reflektiert, das haben wir auch gerade in
136 Physik gelernt. Ähm
137 [S1 liest Aufgabenstellung]
138 Da ist es eigentlich, ähm, also eigentlich könnte das stimmen, weil
139 nämlich beim Skifahren könnte es trotzdem ‚schirch‘ sein und da steht
140 aber Sonnenbad am Strand, das heißt die Sonne muss da sein. Also könnte
141 ich da ‚Stimmt‘ hinschreiben, oder?
142 Also stimmt eigentlich, es kommt zwar noch eine UV-Strahlung durch, aber
143 jetzt nicht mehr so viel und es kommt auch nur durch die ähmm dünne
144 Wolkendecke. Also schreib ich da auch ‚Stimmt‘ hin.
145 **A:** Und bitte eine Begründung dazu schreiben.
146 [S1 schreibt Begründung und beginnt dann mit Aufgabe 2]
147 **S1:** Also – Ja! Wenn nämlich, wenn da die Strahlung durchgeht, also im Spiegel
148 gibt es einen Brennpunkt, beim Hohlspiegel war das so und da sammeln
149 sich so zu sagen alle Lichtstrahlen und an dieser Stelle wird es halt genau
150 heiß. Bei dem glatten Spiegel da mhm theoretisch, nein ich glaub, dann
151 würde es nicht durchkommen – ohh uhm wenn man den Spiegel jetzt zum
152 Beispiel so halten würde und jemand da unten liegen würde und da die
153 Sonne so drauf strahlt, dass es vielleicht abprallt, parallel eben genau zu
154 dem Mädchen. Also das jetzt mit dem brauner werden, wird glaub ich auch
155 nicht so schnell gehen, aber ich glaube es würde trotzdem ein bisschen
156 schneller gehen als sonst.
157 [S1 schreibt Vermutung auf und liest Versuchsanleitung]
158 **A:** Was machst du gerade?
159 **S1:** Also ich lass, ich halte das Licht gegen den Spiegel und hoffe eben, dass sich
160 die Strahlen abprallen und eben auf das Objekt zu. Und ja es hat
161 funktioniert, weil die Perlen sind rot.
162 [S1 zeichnet Skizze, schreibt Versuchsanleitung und Begründung]

- 163 **A:** Super, danke schon mal.
164 [S1 entdeckt noch Lösungsblatt und vergleicht es mit dem Arbeitsblatt]
165 **S1:** Ok – ich habe beides falsch.
166 **A:** Weißt du auch warum?
167 **S1:** Nein da oben steht, dass Schnee besser reflektiert als der Sand.
168 **A:** Warum denkst du ist diese Abbildung da?
169 **S1:** Asooo – da steht ja noch was daneben.
170 **A:** Super, das war es schon. Vielen Dank.
171 **S1:** Bitte.

9.3.1.2. Schülerin 2

Proband: Schülerin, weiblich, 8. Schulstufe

Kode-Name: S2

Dauer des Transkriptes: ca. 42 Minuten

- 1 **A:** Hallo!
2 **S2:** Hallo!
3 **A:** Also es geht darum, dass ich im Zuge meiner Diplomarbeit auf der Uni Wien
4 für eine Physikstunde Materialien entwickle, genauer einen Stationen-
5 betrieb und den teste ich jetzt an Schülern und Schülerinnen, um den
6 noch zu verbessern. Es geht dabei um die UV-Strahlung, diese gehört zu den
7 elektromagnetischen Strahlungen. Es geht darum, also du machst den
8 Stationenbetrieb einfach selbstständig und wenn du fragen hast kannst du
9 jederzeit Fragen. Aber das wichtigste daran ist, dass du laut denkst, dass
10 du eben immer bei allem was du machst aussprichst was du dir dabei
11 denkst.
12 **S2:** Ok
13 **A:** Dadurch weiß ich dann eben was bei dir im Kopf vorgeht und kann dadurch
14 das Material adaptieren.
15 **S2:** Über Physik also?
16 **A:** Genau, es sind dann drei Arbeitsblätter. Ich würde gerne dazu ein kleine
17 Aufwärmübung machen. Ich zeige dir es einmal vor. Also wenn ich jetzt
18 einen Baum zeichne, versuch ich alles auszusprechen, was ich mir denke.
19 Ich denke, Ok der Baum braucht mal einen Stamm, irgendwie eine Wiese
20 auf der er steht, dann gibt's oben noch die Baumkrone, also zeichne ich
21 diese und denk mir dabei, dass ich eigentlich gar nicht zeichnen kann und
22 dann braucht er noch ein, zwei Äpfel. Jetzt denke ich mir trotzdem, dass
23 der Baum nicht schön ist. Du zeichnest vielleicht ein Haus und probierst
24 eben dazu auch zu reden.
25 **S2:** Also, jedes Haus hat Wände, so, Fenster und da irgendwo eine Tür. Da ist
26 es zwar nicht realistisch, aber egal. Ein Dach, mhh etwas zu spitz und da
27 auch noch ein Fenster. Irgendein Rauchfang – ja das wärs.
28 **A:** Ok – super! Dann gebe ich dir gleich das erste Arbeitsblatt und dazu den
29 Text und hier lege ich dir die Lösungsblätter dazu her. In der Stunde wäre

30 das so, dass ihr das selbstständig macht und die Lösungsblätter vorne am
31 Lehrertisch liegen und ihr die dann vergleichen könnt.

32 **[S2 beginnt mit Station 1]**

33 **S2:** Meinen Namen soll ich auch darauf schreiben?

34 **A:** Nein, musst du nicht!

35 **S2:** Ok.

36 **A:** Versuch bitte gleich zu beschreiben, was du dir denkst, wenn du das so
37 siehst.

38 **S2:** Ok – ich mag Physik nicht. (lacht) mhhh - Ok
39 [lange Pause]

40 **A:** Bitte sag was du dir denkst – auch so etwas wie: das versteh ich jetzt
41 gar nicht – oder so.

42 **S2:** Physik verstehe ich generell nicht eigentlich. Ok – aber ich probier's mal.
43 [S2 liest Text]

44 **S2:** Ok – ich kenn mich jetzt gerade gar nicht mehr aus. Ahhm, doch -
45 Lichtgeschwindigkeit. Hinschreiben kann ich das jetzt eh oder?

46 **A:** Jaja – bitte. Anschließend kannst du es ja vergleichen.
47 [S2 studiert nochmals den Text]

48 **A:** Was denkst du dir jetzt gerade?

49 **S2:** Ich kenn mich gerade gar nicht aus und weiß nicht was ich tun soll. Ich weiß
50 nicht mehr wirklich, was ich da jetzt gelesen habe.

51 Ok – aber ich schätze mal das wird jetzt falsch sein.

52 [S2 beginnt Aufgabe 2]

53 **S2:** Wie das ist das sichtbare Licht? Hmm..

54 **A:** Bemühe dich bitte auszusprechen was du denkst.

55 **S2:** Ok – naja wenn das die UV-Strahlung ist, dann hab ich – ich glaub, das ist
56 das Licht das man sieht. Also ich schätze jetzt mal, dass das das sichtbare
57 Licht ist und die UV-Strahlung da. Also gleich beim ersten Durchlesen check
58 ich es nicht, da muss ich es mir nochmal durchlesen. [Pause] Hmm – ich
59 hab keine Ahnung.

60 **A:** Aber weißt du was gefragt ist?

61 **S2:** Hmm, also ich glaub halt, dass das, das was das Auge sieht ist. Und ich weiß
62 jetzt grad nicht wo – nein eigentlich versteh ich es nicht. Soll ich wenn ich
63 es nicht verstehe gleich das nächste machen?

64 **A:** Ja bitte!

65 [S2 beginnt Aufgabe 3]

66 **S2:** Ok – das hört sich logisch an. Also Infrarot ist da, dann haben wir....
67 da sind die Mikrowellen, da das sichtbare Licht. Ok – kann man da 1-5
68 jeweils nur einmal vergeben?

69 **A:** Ja!

70 **S2:** Aso, dann verstehe ich es jetzt nicht. Mhhh – nein das versteh ich irgendwie
71 auch nicht.

72 [Pause]

73 **S2:** Ok – ich hab jetzt irgendwie, also ich weiß nicht ob es richtig ist, aber
74 vielleicht kann das so gehen.

75 **A:** Probiere es einfach so wie du dir es denkst.

76 **S2:** Gut – das sichtbare Licht ist dann 3, Röntgenstrahlung 5 und das wäre 4. Na

- 77 schauen wir mal.
78 [S2 beginnt Aufgabe 4]
79 **S2:** Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar? Mhh- ich glaub
80 nicht.
81 **A:** Probiere bitte noch mehr dazu zu sprechen.
82 **S2:** Ja – das ist aber wirklich schwer. Und ich denke mir auch nicht wirklich viel
83 dabei.
84 [S2 beginnt Aufgabe 5]
85 **S2:** Ja – also das sollte leicht sein. Quecksilber ist nicht natürlich, auf keinen
86 Fall. Mhh – ich mag das nicht wenn zu wenig Platz ist zum Schreiben.
87 Gewitterblitz ist natürlich. Schwarzlichtlampe – hmm, na da bin ich eh
88 schon voll – also unnatürlich. Lichtbogenschweißen – da hab ich keine
89 Ahnung. Ich hoffe jetzt mal, das verstehe ich jetzt echt gar nicht. Ok – das
90 war es. Ich würde jetzt abgeben.
91 [S2 vergleicht mit Lösungsblatt]
92 **S2:** Yeahh richtig. Ok das habe ich schon mal richtig. Hä – was? Soll ich das auch
93 irgendwie abhaken oder durchstreichen?
94 **A:** Nein – musst du nicht. Aber vielleicht da auch wieder dazu sagen, was du
95 dir denkst. Ob für dich klar ist warum du es falsch hast, oder wie man darauf
96 hätte können.
97 **S2:** Ahhh – das ist ja eh logisch, weil, das ist ja gleich das da.
98 [Bereich des sichtbaren Lichtes im Spektrum]
99 Ah – ich bin zu dumm. Hää – achso, genau umgekehrt, als ich es gedacht
100 habe. Ok – das was ich ausfüllen konnte, ist richtig – das ist schon mal gut.
101 Naja – war ja gar nicht so schlecht.
102 **A:** Ok – dann mach bitte gleich die zweite Station.

103 **[S2 beginnt mit Station 2]**

- 104 **S2:** Ok. Also zwei Begriffe kenn ich schon mal gar nicht. Aber Reflexionsgesetz
105 haben wir schon einmal gelernt. Mhh – das verstehe ich nicht. Ok – da
106 sind auch so Pfeile. Nein, das geht nicht....kann den Gegenstand nicht
107 durchdringen, also hört es dann da eigentlich auf. Also könnte es das sein.
108 Ok – reflektiert heißt also wieder zurück. Also könnte es das sein. Na gut,
109 da hoffe ich einfach – mal schauen.
110 [S2 beginnt Aufgabe 2]
111 **S2:** Experimente mag ich, mal schauen was das für eines ist.
112 [S2 liest Anleitung]
113 **S2:** Ok – Jetzt brauch ich einen UV-Marker, UV-Lampe und ein Papier.
114 [S2 beschreibt Papier]
115 **S2:** Danach beleuchte das Blatt Papier. Ok – ich weiß jetzt aber nicht mehr was
116 was war.
117 [S2 versucht Papier mit UV-Lampe zu durchleuchten]
118 **S2:** Nein, also das andere – die Transmission. Nein, kann es nicht durchdringen
119 also Absorption.
120 [Pause]
121 **S2:** Oh – falsch. Ahh – Vermutung. Luftballon schätze ich mal Transmission. Also
122 Transmission kanns durchdringen und Absorption nicht. Ja Luftballon schätz

- 123 ich mal, dass es durchdringt. Sonnenbrille – nein, dringt nicht durch weil
124 sonst würde sich die ja nichts bringen. Kunststoffplatte – mhh glaub ich
125 auch das nicht durchdringt, aber Glas auf jeden Fall. Glas ist durchsichtig,
126 da kommt alles durch. Kleidung – ja das kommt da auch sicher durch. Aber
127 Papier ist da jetzt nicht dabei.
- 128 **A:** Na du hast jetzt mal die Vermutungen aufgestellt und jetzt sollst du
129 beobachten wie es wirklich ist.
- 130 **S2:** Na gut, dann nehmen wir mal den Luftballon. Na da geht es nicht durch.
- 131 **A:** Aber du musst ja schauen ob du auf dem Blatt Papier etwa lesen kannst.
- 132 **S2:** Ok – jetzt verstehe ich es. Nein, sieht man nicht. Also ich sehe da nichts.
133 Also kanns nicht durchdringen – Absorption. Sonnenbrille auch nicht.
134 Kunststoffplatte, na Ok – da kommts auf jeden Fall durch, also war ich
135 falsch. Es kommt durch – also Transmission. Beim Glas kommts sicher durch
136 – ja. Und bei der Kleidung – nein da kommt nichts durch.
137 Na – zwei richtig vermutet, wenigstens etwas.
138 [S2 beginnt Aufgabe 3]
- 139 **A:** Versuch bitte wieder laut zu denken.
- 140 **S2:** Ok, also das sichtbare Licht ist jetzt was, ähmm Ok das verstehe ich jetzt
141 nicht, was soll ich da jetzt hinschreiben? Materialien die sichtbares Licht
142 durchlassen, sind da jetzt Materialien gemeint, die da dabei waren oder...
143 Ahh da ist ein Tipp – ok. Also Transmission war jetzt, wenn es durchgeht,
144 also wenn ich durchschauen kann, geht das sichtbare Licht auch durch. Ok,
145 da kann ich icht durchschauen, also lasst es auch kein sichtbares Licht
146 durch. Soll ich da jetzt hinschreiben, irgendwie so, Luftballon lässt kein Licht
147 durch oder? Probieren wir einfach mal. Bei der Sonnenbrille kann ich ja
148 durchschauen, also hä... UV lässt es nicht durch aber sichtbares schon oder
149 wie. Ok, Brille – sichtbares Licht ja, UV nein.
- 150 **A:** Ok – dann kannst du wieder vergleichen.
- 151 **S2:** Ja, alles richtig. Ähh – ok, Luftballon falsch.
- 152 **A:** Nein, das hast du richtig gemacht, bei dir ist nicht durchgegangen. Vielleicht
153 ist die Lampe schon zu schwach. Dann kannst du gleich mit der dritten
154 Station beginnen.

155 **[S2 beginnt mit Station 3]**

- 156 **S2:** Ok – Reflexion von UV-Strahlung.
157 [S2 liest Text]
- 158 Klar, da ist es wärmer in den Tropen. Mehr Sonne, mehr Wärme, mehr UV -
159 logisch. Wenn Wolken da sind, gibt es weniger UV, ist auch logisch.
- 160 Also erste Aussage, ich denke, dass ist nicht richtig. Skifahren in den Bergen,
161 der Schnee reflektiert UV-Strahlung, also ist da eigentlich viel. Da sind also
162 beim Skifahren mehr UV-Strahlen.
- 163 Nein, weil durch den Himmel geht ja auch was durch und zu Mittag ist
164 immer am meisten, also nein. Ähm Begründung muss ich ja auch
165 hinschreiben. Weil...
166 [S2 schreibt Begründungen dazu]
- 167 **A:** Ok – jetzt noch die letzte Aufgabe.
- 168 **S2:** Ok, also gleich geschafft.

- 169 Naja, ich glaub schon, weil ein Spiegel reflektiert es ja. Aber dadurch
170 brauner werden? Nein, vielleicht wird einem wärmer, aber das man
171 dadurch braun wird glaub ich nicht.
172 [S2 schreibt Vermutung]
173 **S2:** Ein Experiment also. Mit den vorhandenen Materialien sind jetzt die gemeint -
174 Ok. Also da hab ich jetzt mal den Spiegel und dann kommt von da die
175 Lampe und dann sind da diese Ringerl. Mal schauen, wenn er wirklich die
176 auch die UV-Strahlen reflektiert dann müsste das ja dann Lila werden.
177 [S2 schreibt Versuchsanleitung und führt Versuch durch]
178 **S2:** Ohh – ja es funktioniert. Ja, das funktioniert.
179 Also die UV-Perlen sind lila geworden, weil das UV-Licht reflektiert wurde.
180 Das heißt, man würde braun werden. Also war ich da falsch.
181 [S2 vergleicht mit Lösungsblatt]
182 **S2:** Super, habe ich richtig gehabt.
183 **A:** Ok, vielen Dank, das wars auch schon.
184 **S2:** Bitte!

9.3.1.3. Schüler 3

Proband: Schüler, männlich, 8. Schulstufe

Kode-Name: S3

Dauer des Transkriptes: ca. 54 Minuten

- 1 **A:** Hallo, mein Name ist Sebastian ich studiere Physik und Biologie auf Lehramt
2 auf der Uni Wien und arbeite gerade an meiner Diplomarbeit für Physik
3 zum Thema UV-Strahlung. Im Zuge dessen habe ich einen Stationenbetrieb
4 entwickelt. Es gibt dazu Arbeitsblätter, die du bitte jetzt bearbeiten sollst,
5 damit ich dann das Material auswerten und verbessern kann. Es geht also
6 nicht darum, ob deine Antworten richtig oder falsch sind, sondern darum,
7 dass ich mein Material verbessern kann. Es wirst also nicht du getestet
8 sondern das Material.
9 **S3:** Ok!
10 **A:** Ich verwende die Methode Think Aloud, also lautes Denken, das heißt es
11 wäre sehr wichtig, dass du deine Gedanken immer laut aussprichst. Damit
12 ich im Nachhinein weiß, was du dir dabei denkst und ich dann im Zuge
13 dessen die Arbeitsblätter und die Angaben überarbeiten kann.
14 **S3:** Ok – Ja.
15 **A:** Dazu würde ich gerne eine kleine Aufwärmübung mit dir machen. Ich zeige
16 dir kurz vor wie ich mir das vorstelle.
17 [A malt Baum und spricht Gedanken dazu aus]
18 **A:** Vielleicht zeichnest du ein Haus oder irgendetwas und versuchst dabei
19 deine Gedanken zu äußern.

- 20 **S3:** Passt, dann mal ich ein Haus. Das hat vier Wände, zwei da und zwei da.
21 Dann machen wir eine große Tür, ein Dachbodenfenster und noch ein
22 kleines Fenster neben der Tür.
23 **A:** Super, danke – versuche eben bitte wirklich alles was du dir denkst laut
24 auszusprechen.
25 **S3:** Ja – ich werde es probieren.
26 **A:** Gut – dann starten wir. Es sind insgesamt drei Stationen, jeweils immer
27 zwei Seiten. Hier liegen für die einzelnen Stationen die Lösungsblätter,
28 mit denen du nach jeder Station deine Ergebnisse vergleichen kannst. Du
29 kannst mich auch immer zwischendurch fragen, falls irgendetwas ganz
30 unklar ist.

31 **[S3 beginnt mit Station 1]**

- 32 **S3:** Soll ich meinen Namen auch drauf schreiben?
33 **A:** Nein, musst du nicht.
34 [längere Pause]
35 **S3:** Ok – soll ich das jetzt einfach ausfüllen, oder was ich denk?
36 **A:** Genau, du sollst bitte das Arbeitsblatt bearbeiten und dabei deine
37 Gedanken laut aussprechen.
38 **S3:** Also auch da jetzt, das mit dem Denken machen?
39 **A:** Ja, zum Beispiel was jetzt deine erste Verwunderung war?
40 **S3:** Naja, weil ich jetzt eigentlich nicht weiß, also, als ich das jetzt zum ersten
41 Mal gesehen hab, ich sag mal so, ich weiß nicht wirklich worum es geht,
42 also schon um UV-Strahlung, aber die Frage ist schon schwer.
43 [S3 meint die erste Frage der Aufgabe 1]
44 Also das ist für mich auf den ersten Blick ein bisschen viel auf einmal.
45 [S3 hat den beiliegenden Text noch nicht gelesen]
46 **A:** Ok – aber starte doch mal ganz oben am Arbeitsblatt.
47 **S3:** Ahh – Ok, zuerst den Text lesen.
48 [S3 liest den Text, aber nicht vollständig]
49 **S3:** Ok, also das erste ist Lichtgeschwindigkeit.
50 **A:** Probiere bitte deine Gedanken laut auszusprechen.
51 **S3:** Ich bin gerade am überlegen, was in das zweite Feld gehört.
52 [S3 liest wieder im Text]
53 **S3:** Ja, das ist eine sehr schwere Frage
54 [Pause]
55 **S3:** Eine wirklich gute Frage, mhhh.
56 **A:** Hast du dir den Text ganz durchgelesen?
57 **S3:** Nein, ok dann lese ich mal weiter.
58 [S3 liest Text fertig und überlegt sehr lange]
59 **A:** Die Antwort steht auf jeden Fall im Text drinnen.
60 **S3:** Ok, das ist irgendwie klar. Ich glaub ich lese einfach nochmal den ganzen
61 Text durch. Vielleicht habe ich ihn nicht gut genug gelesen.
62 [S3 beginnt Text nochmals von vorne zu lesen]
63 **S3:** Ahh – dann sollte da eigentlich, also ich glaube da gehört Wellenlänge hin,
64 also das würde für mich Sinn ergeben, weil desto länger, verändert sich ja
65 auch....mhhh

- 66 [lange Pause]
- 67 **A:** Stell dir vor du würdest das alleine in der Klasse bearbeiten, also wenn du
68 dir denkst ich würde jetzt Wellenlänge hinschreiben, dann schreibe es auch
69 einfach hin. Es ist jetzt nicht so wichtig, ob es richtig oder falsch ist.
- 70 **S3:** Ok, dann denke ich das Wellenlängen her gehört, weil das für mich nur
71 Sinn ergeben würde. Weil sich ja auch beim Licht, also desto länger, desto
72 dunkler wird es, also desto mehr ins Blaue und Lila geht es dann. Und desto
73 kürzer, desto röter.
- 74 [S3 beginnt Aufgabe 2]
- 75 **S3:** Also das ist Lila, weil man es da oben [Abbildung] sieht und weil ja, da gibt
76 es keine Erklärung. Genau, zwischen 400 und 700, weil Infrarot sehen wir
77 ja auch nicht mehr, glaub ich. Einheit ist ein komisches Zeichen, das ich
78 nicht kenne.
- 79 [S3 beginnt Aufgabe 3]
- 80 **S3:** Infrarot hat eine, also von 1 bis 5, 1 ist kürzer – dann ist Infrarot, naja
81 nachdem es ziemlich in der Mitte liegt, hätte ich so drei gesagt, aber
82 nachdem wir es nicht mehr mit dem Auge sehen, glaube ich, dass es die
83 Zahl 3, nein 2. Naja ich nehme doch die Zahl drei, weil es doch noch in der
84 Mitte liegt, ziemlich. Und da müssen die schon...Ahh da steht steigende
85 Wellenlänge. Also, ja stimmt, stimmt, nein, nein, ohja bleibt eh. Ja, weil die
86 müssen schon ziemlich lang sein – Ok, dann gebe ich mal die 3. Mikrowellen
87 sind dann schon 4, sichtbares Licht...naja...Röntgenstrahlung ist auf jeden
88 Fall 2, UV-Strahlung ist auch noch 2. Desto weiter links desto kürzer werden
89 die Wellen, das heißt da mach ich bei sichtbarem Licht eine 3.
- 90 [S3 beginnt Aufgabe 4]
- 91 **S3:** Das ist falsch, weil es im Text gestanden ist. Ja schon, UV-Strahlung, naja,
92 steht das auch im Text? Da steht Fixsterne und unsere Sonne ist eigentlich
93 ein Fixstern, glaub ich. Also strahlt die jetzt auch UV-Licht aus oder nicht?
94 Es kommen die weißen Lichtstrahlen, die sehen wir, also ich glaub sie
95 strahlt auch UV aus. Ich mach mal auf wahr. Das nächste stimmt auch,
96 weil's im Text stand. Hat eine kürzere, mhh, nein das stimmt nicht, weil's ja
97 da oben ist.
- 98 [S3 beginnt Aufgabe 5]
- 99 **S3:** Die Sonne ist eine natürliche UV-Quelle? Ja, na was, ohja – die Sonne ist
100 natürlich, hoff ich mal. Das Polarlicht ist im Text gestanden, Gewitterblitz
101 auch. Schwarzlichtlampe ist künstlich, weil sie das Licht ja künstlich
102 produzieren wollen, damit sie Schwarzlicht haben. Lichtbogenschweißen,
103 also, das sind diese Schweißer, glaub ich. Also künstlich, genau wie die
104 Quecksilberlampe, weil man die auch herstellt, damit sie das macht und
105 nicht natürlich ist. So fertig, dann werde ich das mal mit den Lösungen
106 kontrollieren.
- 107 **A:** Sehr gut, das Laute Denken funktioniert auch sehr gut.
- 108 [S3 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 109 **S3:** Das Lichtgeschwindigkeit war richtig, das freut mich, das finde ich gut. Die
110 Wellenlängen, ja das habe ich auch. Ja Ok – lila, das ist ja violett. Das
111 nächste hat auch gestimmt, das finde ich gut. Ahh – Infrarot ist schon 4,
112 Mikrowellen sind 5, sichtbares Licht ist 3, Röntgenstrahlen ist 1 und UV
113 ist 2. Ok.

- 114 **A:** Da hast du die Angabe ein bisschen falsch verstanden, weil prinzipiell will
115 ich da, dass jeder Bereich nur eine Zahl hat. Das man diese von 1 bis 5
116 ordnet.
117 **S3:** Aso – ich dachte- ok so. Dann macht das mehr Sinn.
118 **A:** Dann muss ich das in der Angabe genauer schreiben.
119 **S3:** Da dachte ich mir, dass ich jetzt sage, wenn ich jetzt das habe, dass ist jetzt
120 noch ziemlich in der Mitte und bin davon dann ausgegangen. Ok – den Rest
121 habe ich alles richtig.
122 **A:** So hier ist das Arbeitsblatt zu Station 2.
123 **S3:** Ok.

124 **[S3 beginnt Station 2]**

- 125 **S3:** OK – Transmission ist anscheinend, wenn das durchs Objekt durchgeht.
126 Reflexion ist klar, Absorption ist, wenn's der Gegenstand aufnimmt und
127 Transmission – trans ist ja durch – wenn's also irgendwie durch, gebrochen
128 oder so was.
129 [S3 liest Definitionen]
130 [S3 beginnt Aufgabe 1]
131 **S3:** Das erste ist Absorption, weil der Strahl aufhört und nicht weitergeht, das
132 heißt, er bleibt dann im Gegenstand. Er wird nicht reflektiert und nicht
133 ,transmittiert' oder eben nicht durchgelassen. Das zweite ist Transmission,
134 weil die Pfeile weitergehen und nicht irgendwie abrupt aufhören oder
135 reflektiert werden. Das ist Reflexion, da der Pfeil wieder zurückkommt und
136 reflektiert wird.
137 [S3 beginnt Aufgabe 2]
138 [S3 liest Angabe]
139 **S3:** Luftballon – wenn ich da mit einem UV-Marker, also den kann ich nicht
140 sehen, nur wenn ich mit UV-Strahlung darauf strahle, kann ich das sehen.
141 Ich glaub beim Luftballon, also bei Kleidung, da weiß ich das geht, dass das
142 absorbiert wird. Also wenn das Licht absorbiert wird heißt das, dass man es
143 sehen kann, das steht irgendwo da oben. Ok – ja ergibt eh Sinn. Bei
144 Glas weiß ich nicht, ob das geht. Bei der Kunststoffplatte glaube ich, geht es
145 auch. Bei einer Sonnenbrille geht das glaube ich auch durch. Beim
146 Luftballon glaube ich, dass es absorbiert wird.
147 **A:** Ok – hier liegen die Materialien, die du benötigst.
148 [S3 beschreibt Papier mit UV-Marker und beleuchtet es mit UV-Lampe]
149 **S3:** Das wird also absorbiert, hoffe ich. Ich sag mal, dass es absorbiert wird.
150 **A:** Also was absorbiert jetzt was?
151 **S3:** Naja, der UV-Marker absorbiert das UV-Licht und dadurch beginnt es zu
152 leuchten. Glaube ich, naja durch geht schon was, weil's Papier ist, aber
153 theoretisch ...
154 [S3 liest nochmals Angabe]
155 Naja – wenn ich das sehe wird es absorbiert, wenn nicht wird's
156 durchgeleitet.
157 **A:** Aber du hast ja da noch gar kein Material dazwischen, dass das absorbieren,
158 also aufnehmen, kann oder transmittieren, sprich durchlassen kann.
159 **S3:** Aso generell, na da beim Papier wird es nicht absorbiert. Also irgendwie

- 160 versteh ich das jetzt nicht, also so kann ich es verstehen, aber die Frage ist,
161 ich müsste mal wissen, außer ich habe es überlesen, wie man die
162 Absorption und Transmission mal trennt...
163 [S3 liest nochmals die Angabe]
- 164 S3: ...durch die jeweilige Materialien blabla...Danach beleuchte das Blatt Papier
165 mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien...durch die jeweiligen
166 Materialien... also, generell...also, ja – ich bin auch – ok, jetzt verstehe ich es.
167 [S3 beginnt den Versuch richtig durchzuführen]
- 168 S3: Ok – durch Glas wird es transmittiert, oder wie das heißt. Also das stimmt.
169 Weil es wird durchgelassen und ich kann das da unten sehen.
- 170 A: Genau – jetzt hast du es!
- 171 S3: Die Kunststoffplatte lässt auch durch, ok – das habe ich falsch. Also bei der
172 Beobachtung ist die Kunststoffplatte Transmission. Der Luftballon
173 transmittiert auch. Bei der Sonnenbrille sollte es nicht passieren, sonst wäre
174 es ja unnötig, wenn wir eine Sonnenbrille hätten. Also bei der Sonnenbrille
175 keine Transmission, ich habe also alles falsch vermutet.
- 176 Ok – da habe ich die Angabe am Anfang nicht verstanden, aber jetzt ergibt
177 es Sinn.
- 178 [S3 beginnt Aufgabe 3]
- 179 S3: Ja, UV-Strahlung können wir nicht sehen, das sichtbare Licht können wir
180 schon sehen, wenn das nicht schon klar ist, weil das ja eh dasteht, ich
181 schreibe es trotzdem hin. Dann was noch der Unterschied ist, naja es hat
182 auch viele Gemeinsamkeiten, aber was ist der Unterschied?
- 183 A: Lies vielleicht auch noch den Tipp darunter.
- 184 S3: Tipp? Aja.- Hmm
185 [Pause]
- 186 A: Lies vielleicht nochmal den letzten Satz der Angabe.
- 187 S3: Ah – Ok. Die Sonnenbrille lässt das sichtbare Licht durch und die UV-
188 Strahlung nicht, damit unsere Augen nicht so geschädigt werden. Und ein
189 Luftballon, der transmittiert UV-Strahlung und absorbiert sichtbares Licht.
190 Ja – das war's.
- 191 [S3 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 192 S3: Ok – das erste stimmt, das war auch einfach, relativ. Ahh – bei der Kleidung
193 habe ich das falsch.
- 194 A: Da kommt es darauf an, wie die Kleidung beschaffen ist. Bei einer
195 dickeren Weste oder so hättest du auch eine Absorption beobachtet, weil
196 es ja auch ein Schutz für die Haut sein soll.
- 197 S3: Stimmt, das habe ich mir irgendwie gedacht.
- 198 A: Aber bei deinem Experiment ist es halt anderes gewesen.
- 199 S3: Ok – das da unten passt eigentlich auch so.
- 200 A: Passt, dann kommen wir schon zur letzten Station.

201 **[S3 beginnt Station 3]**

- 202 S3: Das stimmt nicht, weil Schnee 80% der UV-Strahlung reflektiert. Genau –
203 beim Sand sind es nur 25%.
- 204 Nein stimmt auch nicht, weil da unten steht, dass UV-Strahlung eine dünne
205 Wolkendecke durchdringen kann.

- 206 [S3 beginnt Aufgabe 2]
207 **S3:** Also meine Vermutung ist, naja das sichtbare Licht wird auch reflektiert, die
208 Frage ist, durch was wird man brauner? Wird man durch UV-Strahlung
209 braun oder ist die UV-Strahlung für Sonnenbrände zuständig oder gar nichts
210 von beiden. Meine Vermutung: Nein, dadurch wird es nur heißer. Oder
211 kann ein Spiegel gar keine UV-Strahlung reflektieren? Na ohja, sollte er
212 schon können. Also nein, weil der Spiegel nur – hmm oder weil es nur auf
213 die Länge darauf ankommt, wie lange man draußen liegt und nicht auf...
214 wieviel Licht auf dich eintrifft – nein, hmm tja, Begründung? Da häng ich
215 jetzt ein bisschen.
216 **A:** Macht nichts, ich habe jetzt eh schon ein paar Begründungen von dir
217 gehört, mach vielleicht gleich mit dem Experiment weiter.
218 **S3:** Ok!
219 [S3 liest Angabe]
220 Ich schätze ich muss jetzt probieren, ob die UV-Strahlung gespiegelt wird.
221 Das mach ich jetzt mal.
222 [S3 führt Versuch durch]
223 Das könnte man irgendwie so machen. Ok – ich glaub die wurden bestrahlt,
224 die Perlen sind lila geworden.
225 [S3 fertigt Skizze an und schreibt Anleitung]
226 **S3:** Das habe ich jetzt nicht so schön gezeichnet, aber man erkennt es.
227 So jetzt noch die Beobachtung beschreiben.
228 **A:** Super, das wars – besten Dank!
229 **S3:** Bitte. Auf Wiedersehen!

9.3.1.4. Schüler 4

Proband: Schüler, männlich, 8. Schulstufe

Kode-Name: S4

Dauer des Transkriptes: ca. 34 Minuten

- 1 **S4:** Grüß Gott!
2 **A:** Hallo, mein Name ist Sebastian, ich studiere an der Uni Wien und schreibe
3 in Physik meine Diplomarbeit. Dabei geht es vor allem um die
4 elektromagnetische Strahlung, im speziellen um UV-Strahlung und dazu
5 habe ich einen Stationenbetrieb entwickelt, der aus drei Stationen besteht.
6 Das Material, die Arbeitsblätter, will ich verbessern und dafür verwende ich
7 die Methode des Think Alouds, also Lautes Denken. Ich bitte dich beim
8 Bearbeiten der Arbeitsblätter zu versuchen, alles was du dir denkst auch
9 laut auszusprechen.
10 **S4:** Ok!
11 **A:** Du wirst eben nicht getestet, es ist eigentlich egal ob die Antworten richtig

- 12 oder falsch sind, sondern es wird das Material getestet. Um diese Think
13 Aloud Methode zu üben, würde ich gerne zum Aufwärmen eine kleine
14 Übung machen.
15 [A zeichnet Baum und denkt dazu laut]
16 **A:** Vielleicht zeichnest du auch irgendetwas und versuchst dabei auch
17 gleich laut zu denken.
18 **S4:** Ok – ich male einen Traktor, deshalb zeichne ich jetzt einen Traktor. Da
19 mach ich so, das ist die Motorhaube, so, das ist die Tür und rundherum das
20 Fahrerhaus.
21 **A:** Ok, sehr gut. Das heißt wir können gleich mit der ersten Station starten.
22 Hier ist das erste Arbeitsblatt, da gehört auch dieser Text dazu. Du machst
23 das jetzt einfach so wie in der Schule durch, wenn du Fragen hast kannst du
24 gerne einfach fragen, ansonsten wie, als wäre ich gar nicht da.

25 **[S4 beginnt mit Station 1]**

- 26 **S4:** Ok – also zuerst lese ich mir den Text durch und dann fülle ich das aus.
27 [S4 liest Text]
28 [S4 beginnt sofort Lückentext auszufüllen]
29 **A:** Bitte probiere wirklich soviel wie möglich dazu zu reden.
30 [lange Stille]
31 **A:** Was denkst du dir gerade?
32 **S4:** Also ich überlege, was ich dazu antworten könnte, also was aus dem Text
33 am besten dazu passen würde.
34 **S4:** Ist es, gerade noch ein wahrnehmbarer Farbreiz oder? Also für:
35 Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge
36 sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?
37 [S4 ist schon bei Aufgabe 2, hat aber Aufgabe 1 noch nicht fertig]
38 **A:** Versuch zuerst die erste Aufgabe fertig zu machen.
39 **S4:** Ok. – da gehört Wellenlängen, glaub ich.
40 [längere Stille]
41 **S4:** Violett – auf jeden Fall einmal.
42 **A:** Ok, wie bist du darauf gekommen?
43 **S4:** Naja, weil es Ultraviolettstrahlung heißt, daher schätze ich ist es einfach
44 Violett.
45 [S4 füllt ohne Kommentar die zweite Fragestellung der Aufgabe 2 aus]
46 **A:** Lies dir da vielleicht nochmals die Frage genauer durch.
47 **S4:** Ja, Ok – also eben entweder gerade noch bei dem wahrnehmbaren Farbreiz
48 oder zwischen den kürzeren Wellenlängen.
49 [A macht S4 auf die Aufgabenstellung der Aufgabe 2 aufmerksam]
50 **S4:** Ahh – mit Hilfe der obigen Abbildung...na dann zwischen Violett und Rot,
51 Hmmm...
52 [längere Pause]
53 **A:** Was überlegst du jetzt?
54 **S4:** Ja ob es vielleicht damit irgendetwas zu tun haben könnte, dass es einfach
55 Blau ist und Rot oder Violett und Rot. Können das überhaupt zwei Farben
56 Sein?
57 **A:** Lies nochmal genau die Frage.

- 58 **S4:** Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge
59 sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung? Der sichtbare
60 Bereich liegt zwischen Violett und Rot. Oder zwischen 400 und 700, nein
61 ich schreib Violett und Rot.
62 [S4 beginnt Aufgabe 3]
- 63 **S4:** Infrarot, UV-Strahlung – würde ich mal sagen 3, hmm – Röntgenstrahlung,
64 sichtbares Licht. Also von da geht es dann 1,2,3 oder? Ist das sichtbare Licht
65 quasi das hier?
66 [S4 zeigt auf den kleinen Bereich des sichtbaren Lichtes auf der Abbildung]
67 [S4 beginnt mit Aufgabe 4]
- 68 **S4:** Ja, also eigentlich ein bisschen halt, also ich glaub aber eigentlich kaum.
69 [S4 liest nochmals im Text nach]
- 70 **S4:** Für das menschliche Auge ein gerade noch wahrnehmbarer Farbreiz, also
71 kann man es sehen und es ist wahr. Die Sonne ist eine natürliche Quelle der
72 UV-Strahlung – Ja. Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer – ich
73 glaub, Ja. Und das letzte - Mhh – ich hätte ja gleich gesagt, aber ansonsten
74 sage ich es ist mehr.
75 [S4 beginnt Aufgabe 5]
- 76 **S4:** Natürliche Quellen: Sonne, Polarlicht, Gewitterblitz – kann man da auch
77 noch mehr hinschreiben? Was ist mit Lichtbogenschweißen gemeint? Das
78 selber erstellen eines Lichtbogens, zum Beispiel wenn Sonne herrscht und
79 man einen Wasserstrahl nimmt oder?
- 80 **A:** Nein, da ist Schweißen gemeint – mit einem Schweißgerät.
- 81 **S4:** Achso, also zu künstliche UV-Quellen. Quecksilberdampf Lampe mhh,
82 Schwarzlichtlampe mal auf jeden Fall. Aber Quecksilber ist ja eigentlich
83 ein natürlicher Stoff oder – das heißt eigentlich müsste es auch eine
84 natürliche UV-Quelle sein, aber eine Dampf Lampe wiederum, na ich sag
85 mal künstlich.
- 86 **A:** Hier liegt immer ein Lösungsblatt, das hab ich dir vergessen zu sagen, mit
87 dem du vergleichen kannst.
88 [S4 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 89 **S4:** Lichtgeschwindigkeit, Wellenlänge, Violett, ahh Ok, das wäre also 400 bis
90 700 gewesen.
- 91 **A:** Warum glaubst du hast du das falsch ausgefüllt.
- 92 **S4:** Naja, weil es erstens hier mal die Anzeige gibt das es von 400 bis 700 geht
93 und dass es hier in diesem Bereich eingegrenzt ist.
- 94 **A:** Ja und weil in der Frage nach der Wellenlänge gefragt wird.
- 95 **S4:** Ja, stimmt. Achso – ja das war dann auch falsch, aber nicht ganz. Sonne,
96 Polarlicht, Gewitterblitz ist auch richtig.
- 97 **A:** Ok, danke. Das war einmal die erste Station. Versuch bitte noch mehr
98 zu sagen was du dir denkst.
- 99 **S4:** Ok.
- 100 **A:** Dann kommen wir gleich zur zweiten Station.

101 **[S4 beginnt Station 2]**

102 **S4:** Soll ich das dann auch immer laut vorlesen?

103 **A:** Nein, das musst du nicht. Mir wäre nur wichtig, dass du das was du dir

- 104 dazu denkst laut sagst.
- 105 S4: Ja.
- 106 [S4 füllt Aufgabe 1 aus]
- 107 S4: Reflexion....
- 108 A: Ok und was denkst du dir dabei?
- 109 S4: Also da hab ich gerade nachgedacht, also was das sein könnte und hab oben
- 110 nochmal nachgelesen und jetzt entschieße ich mich dafür dort
- 111 hinzuschreiben, dass es sich hierbei um Absorption handelt. Und das untere
- 112 ist Transmission. Weil hier geht der Pfeil weiter und da stoppt er einfach.
- 113 [S4 beginnt Aufgabe 2]
- 114 S4: Also da soll ich irgendwas mit einem UV machen – soll ich das jetzt machen?
- 115 A: Ja bitte.
- 116 S4: Ist es egal was ich aufs Papier schreibe?
- 117 A: Ganz egal.
- 118 [S4 beschreibt Papier mit UV-Edding und beleuchtet es mit der UV-Lampe]
- 119 S4: Ah ok, dann wird es jetzt klar sichtbar und es scheint auch hell.
- 120 [S4 liest Versuchsanleitung]
- 121 S4: Ah – jetzt soll ich das hinter den Luftballon halten.
- 122 A: Ja, aber zuerst lies noch ein Stück weiter.
- 123 S4: Ok, was ist mit Beobachtung gemeint – dass was ich sehe oder? Und mit
- 124 Vermutung, das was ich vermute oder? Also Luftballon ist Transmission,
- 125 Sonnenbrille Absorption, Kunststoffplatte - mhh Absorption, Glas
- 126 Transmission, Kleidung Transmission.
- 127 A: Ok – wie bist du darauf gekommen?
- 128 S4: Ich habe einfach mal geraten.
- 129 [S4 führt Versuch durch]
- 130 S4: Luftballon, ja das ist Transmission, weil es ja durchgeht. Oder, ich weiß ja
- 131 nicht wie die Strahlen, aber wenn ich es nah dran halte dann sehe ich es.
- 132 Ja, es kommt eigentlich durch – Transmission. Sonnenbrille, mhhh nein, also
- 133 Absorption. Kunststoffplatte – ja das ist eindeutig Transmission. Glas -
- 134 ja auch Transmission. Kleidung, da nehme ich einfach mein T-Shirt, ja auch
- 135 Transmission.
- 136 [S4 beginnt Aufgabe 3]
- 137 S4: Also das T-Shirt würde ich mal sagen lässt kein Licht durch, weil wenn
- 138 theoretisch draußen die Sonne scheint dann ergibt es einen Schatten und
- 139 die Sonne kommt nicht durch. Das heißt, T-Shirt kein Licht aber UV. Ahhhm
- 140 bei der Sonnenbrille wird es ja so auf die Art gefiltert. Und Glas durchdringt
- 141 das Licht auch. Wie viele soll ich da anschreiben ungefähr?
- 142 A: Du kannst dir auf jeden Fall den Tipp unten noch durchlesen.
- 143 [längerer Stille]
- 144 A: Also hast du bei Glas einen Unterschied zwischen sichtbarem Licht und UV-
- 145 Strahlung festgestellt?
- 146 S4: Nein, da geht beides durch. Aber bei der Sonnenbrille ist das UV-Licht auch
- 147 noch durchgegangen oder? Ah nein, da ist es nicht durchgegangen, ah, aber
- 148 das sichtbare Licht geht durch, es wird ja nur die Farbe verändert. Ah nein,
- 149 das UV-Licht wird weggefiltert.
- 150 [S4 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 151 S4: Ja – passt eigentlich alles. Außer T-Shirt, was?

- 152 **A:** Da kommt es immer auf das Material des T-Shirts drauf an. Gut, dann
153 kommen wir zur letzten Station.
- 154 **[S4 beginnt Station 3]**
- 155 [lange Stille, S4 beginnt dann schon mit dem Ausfüllen]
- 156 **A:** Versuch bitte wieder laut zu denken.
- 157 **S4:** Ok. Also die erste Aussage ist falsch, weil der Schnee mehr reflektiert und
158 an einem bewölkten Tag kann ich mich stundenlang im Freien aufhalten
159 ist auch falsch, weil über 90% der UV-Strahlung die Wolkendecke durch-
160 dringen kann.
- 161 [S4 beginnt Aufgabe 2]
- 162 **S4:** Meine Vermutung: Ja sie wird wirklich brauner, da das Licht der Sonne
163 durch den Spiegel reflektiert wird.
- 164 [S4 führt Versuch durch]
- 165 **S4:** Ja, die verfärben sich. Also ich würde schon sagen – ja schon. Soll ich dazu
166 auch eine Skizze zeichnen?
- 167 **A:** Ja bitte!
- 168 [S4 zeichnet Skizze und schreibt Versuchsanleitung]
- 169 **S4:** Meine Beobachtung war, dass ich gemerkt habe, hmmm..
- 170 **A:** Was überlegst du?
- 171 **S4:** Naja, wie ich das am besten hinschreiben kann.
- 172 [S4 schreibt seine Beobachtung nieder]
- 173 **A:** Super vielen Dank!
- 174 **S4:** Gerne – Auf Wiedersehen!

9.3.1.5. Schüler 5

Proband: Schüler, männlich, 8. Schulstufe

Kode-Name: S5

Dauer des Transkriptes: ca. 36 Minuten

- 1 **A:** Hallo, ich heiße Sebastian und studiere Physik und Biologie Lehramt auf der
2 Uni Wien und schiebe in Physik meine Diplomarbeit. Dabei geht es um
3 elektromagnetische Strahlung, speziell über UV-Strahlung. Dazu habe ich
4 einen Stationenbetrieb entwickelt.
- 5 **S5:** Ja passt, mach ich.
- 6 **A:** Sehr gut! Ganz wichtig dabei ist, dass nicht deine Leistung beurteilt wird,
7 sondern mein Material wird beurteilt und getestet. Es sind drei Stationen,
8 nach jeder Station liegt hier ein Lösungsblatt auf, mit dem du deine
9 Ergebnisse vergleichen kannst. Fühl dich so als wenn du in der Klasse
10 sitzen würdest, mach das ganze soweit wie möglich selbstständig, bei

- 11 größerer Unklarheit kannst du gerne nachfragen. Ganz wichtig wäre mir,
12 dass du versuchst, alles was du dir denkst laut auszusprechen.
- 13 **S5:** Ok!
- 14 **A:** Damit ich dann sozusagen mit deinen Gedanken mein Material verbessern
15 kann.
- 16 **S5:** Das heißt, wenn ich mir denke, keine Ahnung, jetzt könnte ich den Ballon
17 umdrehen oder irgendwas, dann soll ich das einfach sagen.
- 18 **A:** Genau – am besten alles aussprechen. Dazu machen wir auch eine kleine
19 Übung.
- 20 [A zeichnet Baum und denkt laut dabei]
- 21 **A:** Vielleicht zeichnest du auch schnell etwas und versuchst deine Gedanken
22 dazu laut zu äußern.
- 23 **S5:** Ok – also, keine Ahnung. Ich war am Sonntag in der Kirche und ich denk
24 einfach gerade an den Altar und da ist der Priester und der macht gerade
25 die Wandlung – ich mach einfach irgendetwas, was mir eingefallen ist.
- 26 **A:** Perfekt! Versuch einfach so viel wie möglich dazu zu reden.

27 **[S5 beginnt mit Station 1]**

- 28 **S5:** Pff – Ziemlich kompliziert. Ok – da ist ein griechischer Buchstabe, ich werde
29 nächstes Jahr in Griechisch gehen. Ok – jetzt lese ich mal die Aufgabe. Also
30 ich soll mir mal den Text hier durchlesen.
- 31 [S5 liest Text]
- 32 **S5:** Ziemlich kompliziert – ein bisschen komplizierter als in der Schule, aber
33 schon ähnlich. Wie wenn die Lehrer vorne eine PowerPoint Präsentation
34 machen, das ist ähnlich. Achso, es ist also eh genau das Licht, mehr oder
35 weniger.
- 36 [kurze Stille]
- 37 **S5:** Schon interessant. Da habe ich Glück gehabt, bei der ersten Aufgabe. Beim
38 zweiten bin ich mir nicht so sicher, aber ich glaube, das stimmt schon. Ich
39 denke mir nur gerade, dass wäre schon ziemlich arg, wenn wir das alles
40 sehen könnten, dann würden wir ja viel mehr Farben sehen.
- 41 [längere Stille]
- 42 **A:** Versuch bitte viel dazu zu sprechen.
- 43 **S5:** Aso, ok, na jetzt kann ich mich schon ein bisschen besser konzentrieren, als
44 vorher. Das ist schon mal gut. Da habe ich gerade keine Ahnung, das muss
45 ich nochmal lesen. Aso, ja jetzt verstehe ich, das obere ist Violett und unten
46 gehört zwischen 400 und 700. Ok, wie viele Stationen gibt es nochmal? Ich
47 hätte mir eigentlich irgendetwas anderes erwartet, das ist aber auch
48 interessant.
- 49 [S5 beginnt Aufgabe 3]
- 50 **S5:** Ok, ich glaube das stimmt, wenn nicht dann gehört es genau umgekehrt,
51 nein ich glaube das stimmt so.
- 52 [S5 beginnt Aufgabe 4]
- 53 **S5:** Wahr oder falsch – gut das ist dann nicht so schwer.
- 54 [längere Stille]
- 55 **A:** Ich weiß, es ist ziemlich schwer, aber probiere bitte deine Gedanken noch
56 mehr zu äußern.

- 57 **S5:** Ja das ist schwer, weil das macht man sonst nie. Ok, es umgibt uns immer,
58 weil, das ist so im Text gestanden. Moment, das sollte, nein die ist länger,
59 also falsch.
60 [S5 beginnt Aufgabe 5]
61 **S5:** Ich mach ja meistens die Bonusaufgaben nicht, aber die ist glaube ich
62 einfach. Gewitterblitz sollte natürlich sein, ist auch im Text so gestanden.
63 Lichtbogenschweißen ist künstlich, ah da haben wir heute etwas in Physik
64 gemacht, irgendetwas mit Lichtbogen. Schwarzlichtlampe sollte künstlich
65 sein, Polarlicht eher natürlich. So das erste hab ich.
66 [S5 vergleicht mit Lösungsblatt]
67 **S5:** Sehr gut, da passt alles. Und auf der Seite auch alles richtig. That's it – wie in
68 der Schule. Ich will ja jetzt nicht angeben, aber das ist schon ähnlich.
69 **A:** Bist du ein guter Schüler?
70 **S5:** Ja, schon!
71 **A:** Ok, machen wir gleich die nächste Station. Jetzt am Schluss ist es schon
72 besser geworden mit dem lauten Denken.
73 **S5:** Ja, es ist total ungewohnt.
74 **A:** Ich weiß, es ist nicht so einfach.

75 **[S5 beginnt Station 2]**

- 76 **S5:** Ok – einfach schaut es nicht aus. Schaut kompliziert aus auf jeden Fall.
77 Transmission habe ich noch nie gehört, Absorption und Reflexion aber
78 schon. Reflexion ist logisch - das Einfallswinkel Gesetz haben wir auch schon
79 in Physik gemacht. Absorption – Ok, ist komisch das es das gibt. Es ist
80 irgendwie schon sehr komisch, dass es das alles gibt.
81 **A:** Probiere auch bei deinen Antworten, die du hinschreibst, zu erklären.
82 **S5:** Ok, das sollte die Absorption sein, das ist logisch. Bei dem geht es
83 weiter, wenn man sich denkt, dass hier der Gegenstand ist, dann müsste
84 das die Transmission sein. So jetzt ist es gut, jetzt kann ich mich wieder
85 besser konzentrieren als vorher, jetzt bin ich wieder ein bisschen runter
86 gekommen. So und das muss dann die Reflexion sein. Na gut, das geht eh
87 flott – dann kann ich ja bald Fußballspielen.
88 [S5 beginnt Aufgabe 2]
89 **S5:** UV-Marker – was es nicht alles gibt. Ok, das schaut schon mal kompliziert
90 aus, aber ich sollte es verstehen. Na das ist eh logisch, es spricht für sich
91 selbst. Ich nehme gleich das Papier und schreib mit dem Stift was drauf.
92 So – sind das beides Glasplatten?
93 **A:** Das eine ist Glas und das hier ist Kunststoff, aber vorher lies noch ein Stück
94 weiter.
95 **S5:** Ah, Ok – die Vermutung muss ich erst machen. Da war ich wieder zu schnell,
96 das passiert sehr oft, dass man alles gleich machen will. Pff – ja und die
97 Reflexion steht da gar nicht zu Verfügung? Komisch. Ok. Also Reflexion
98 gibt's da bei gar keinem. Bei Luftballon glaub ich das, bei Sonnenbrille das,
99 – nein bei Luftballon doch eher das.
100 [S5 beginnt Versuchsdurchführung]
101 **S5:** Na gut, dann schauen wir gleich bei der Glasplatte. Mhh ja das ist, ich bin
102 mir nicht sicher, aber ja es sollte die, ähnm ja Transmission sein. Bei der

- 103 Kunststoffplatte, genau dasselbe, nehme ich an. Ein bisschen Absorption
104 ist da, aber ich glaube, es ist auch Transmission. So, der Luftballon, ich
105 glaub, dass wird gar nicht mal unten ankommen. Ja, das absorbiert
106 ziemlich, ja. Es ist cool, dass man da einfach alles machen soll und, dass
107 Sie da nur schauen, was ich mache und ich einfach reden kann was ich
108 möchte, dass ist ziemlich anders als im Unterricht. Gut ist, dass es nicht
109 darum geht, ob es richtig ist oder nicht, sondern, dass es einfach darum
110 geht, wie ich es mache. So jetzt die Sonnenbrille, mhh – komisch, also klar
111 das ist eine Linse, aber trotzdem tut es...naja, wenn ich das treffe, wird es
112oder? Nein, das ist komisch, ich war mir ziemlich sicher, dass es
113 durchgeht. Vielleicht, weil es gekrümmt ist? Pff – Ok, komisch. Das hätte ich
114 mir echt nicht gedacht. Das heißt, die absorbiert, die Sonnenbrille. Bei der
115 Kleidung, denke ich, dass es auch kaum unten ankommen wird. Genau, das
116 absorbiert wirklich, wie gedacht. Ist doch logisch – und nächste Übung.
117 [S5 beginnt Aufgabe 3]
118 [längere Stille]
- 119 **A:** Vielleicht sagst du mir da auch was du dir denkst.
- 120 **S5:** Jaja – ich habe es mir nur nochmals durchgelesen. Ich glaube wir haben in
121 Physik irgendetwas gemacht, da könnte es so sein, ob das eben gerade ist
122 oder gewellt ist oder so. Also das Glas ist ganz gerade, also spiegelt es.
123 So ich lese mir das jetzt nochmal durch. Ahh – da unten steht noch ein Tipp.
124 Ok, das ist eh logisch – das hätte ich mir sparen können. Ich glaube, da gibt
125 es nicht wirklich viele Unterschiede, wie sie sich verhalten. Pff – ich glaube
126 nicht. Na ohja, die Sonnenbrille, die würde das Licht, na die würde es auch
127 absorbieren. Stimmt, ah jetzt verstehe ich warum die das absorbiert. Ich bin
128 so hohl. Das Glas und der Kunststoff lässt es durch und der Luftballon, da
129 kommt auch nicht viel durch. Nein nicht wirklich – keine Unterschiede.
130 So bin gespannt auf die Lösungen, ich wette beim letzten Punkt steht sicher
131 etwas, aber ich komme da nicht darauf.
132 [S5 vergleicht mit Lösungsblatt]
- 133 **S5:** Echt, das stimmt nicht! Der Luftballon ist Transmission.
- 134 **A:** Ja, normalerweise geht da schon etwas durch.
- 135 **S5:** Ja, ein bisschen was geht durch. Das heißt, auch wenn nur ein bisschen was
136 durchgeht ist es Transmission?
137 [S5 testet Luftballon nochmals]
- 138 **S5:** Ja stimmt, da geht wirklich etwas durch. Ich habe nur gedacht, weil nicht
139 soviel wie bei der Glasplatte zum Beispiel durchgegangen ist. Ahh, Ok –
140 hätte ich mir denken können.
141 [S5 liest Lösungen zu Aufgabe 3]
- 142 **S5:** Ja Ok, das war jetzt das mit dem Luftballon. Ah, aber bei der Sonnenbrille -
143 na Ok, ja das macht Sinn.
- 144 **A:** Aber hast du von der Angabe her gewusst, dass ich auf das hinauswollte?
145 Also bei welchem Material jetzt zum Beispiel sichtbares Licht durch kann,
146 aber UV-Strahlung nicht?
- 147 **S5:** Jaja – ich habe es schon verstanden, aber so bemüht habe ich mich jetzt
148 auch wieder nicht. Aber das mit der Sonnenbrille, ah ok, die verdunkelt es
149 nur ein bisschen.
- 150 **A:** Deswegen hat man ja eine Sonnenbrille, dass diese die UV-Strahlung

- 151 absorbiert.
152 **S5:** Ahh, die absorbiert das ganz. Mhh – hätte ich nicht gewusst, obwohl ich
153 ziemlich viel weiß, normalerweise.
154 **A:** Ok, dann starten wir die letzte Station.

155 **[S5 beginnt Station 3]**

- 156 **S5:** Ok, wieder viel zum Lesen. Das interessiert mich nicht. Puhh – ich kann mich
157 gerade gar nicht konzentrieren. Ok, das weiß ich schon. Ja, ist eh so ähnlich
158 wie das normale Licht. Ich denke mir nur gerade: Was ist am UV-Licht so
159 besonders, weil es gibt, wie wir gesehen haben, auch noch zehn andere
160 Lichtarten. Da entsteht ja auch Sonnenbrand von UV-Strahlung, fällt mir
161 gerade ein, glaub ich.
162 **[S5 beginnt Übung 1]**
163 **A:** Ok, was denkst du dir gerade?
164 **S5:** Ich habe eigentlich gerade an das Referat gedacht, das wir versaut haben,
165 weil einer krank war und uns das nicht geschickt hat. Und ich bin noch nicht
166 fertig mit dem Lesen, aber ansonsten denke ich mir, ich sollte das jetzt da
167 machen. Ok – wo soll ich die Begründung hingeben. Ah, da. Nein, das ist
168 falsch, weil bei den Bergen ist man näher an der Sonne und der Schnee
169 reflektiert auch mehr als der Strand. Da können auch weniger Wolken sein,
170 wahrscheinlich. Mhh – da fällt mir eh ziemlich viel ein. Und es ist näher an
171 der Sonne, aber ich glaube das spielt keine Rolle. Ich schreibe es trotzdem
172 hin, besser zu viel als zu wenig. Sicher kann man das machen, aber gut ist
173 es halt nicht. Ah, ich habe das bewölkt übersehen – na dann geht das
174 sicher. Ich lese mir die Texte da unten in der Abbildung gar nicht durch, ich
175 glaube das brauch ich gar nicht. Jaja, ohja – das steht da eh alles. So das
176 nächste.
177 **[S5 beginnt Aufgabe 2]**
178 **S5:** Ok, Comic hätte besser gemacht werden können, aber gut. Der ist richtig
179 Schei**. Ist wahrscheinlich selber zusammengestellt, aber dafür ist er gar
180 nicht so schlecht. Mhh, Vermutung, also vom Hausverstand her, wird es
181 etwas bringen, aber na gut ich schreibe es einfach so hin. Wahrscheinlich
182 wird es nicht stimmen. Ahh Ok, das ist die Frage: Spiegelt ein Spiegel nur
183 das normale Licht oder auch die UV-Strahlung, ich weiß es nicht. Ich
184 schreibe es einfach hin.
185 **[S5 liest Anleitung für Experiment]**
186 **S5:** Ist eh easy. Man schaut einfach, dass man die Perlen mit dem Spiegel
187 anleuchtet.
188 **[S5 erstellt Skizze]**
189 **S5:** Da ist die Lampe mit dem UV-Licht, da ein Spiegel. Das Licht geht dann so
190 am Spiegel und Einfallswinkel ist gleich, na ist ja da egal jetzt und da sind
191 diese Perlen und wenn sich die verfärben, ja dann ist das der Beweis.
192 **[S5 schreibt Veruschanleitung]**
193 **S5:** Ahh, das hätte ich fast vergessen. Ich könnte einfach mal probieren, ob der
194 Spiegel UV-Licht überhaupt reflektiert, vielleicht verhält er sich da ja anders.
195 Ahh – ich schreib so langsam, das nervt mich.
196 **[S5 führt Versuch erst jetzt durch]**

- 197 **S5:** Ok, ja – das funktioniert, sie verfärben sich. Das heißt, ja es hat funktioniert.
198 [S5 schreibt seine Beobachtungen auf]
199 Wie soll ich versuchen, dass zu erklären, es spricht eh für sich selbst.
200 **A:** Danke, das reicht mir schon.
201 **S5:** Ok, dann war es das!
202 [S5 vergleicht mit Lösungsblatt]
203 **S5:** Falsch, genau. Das mit dem Schnee habe ich eh gesagt und die anderen
204 Sachen stehen da gar nicht oben.
205 [länger Stille]
206 **S5:** Oh, Ah. Ach, das habe ich da unten dann gar nicht durchgelesen.
207 **A:** Ja, du hast dir unten in der Abbildung die Aussagen gar nicht durchgelesen.
208 Da steht eben, dass die UV-Strahlung zu 90% auch durch eine dünne
209 Wolkendecke dringen kann.
210 **S5:** Ja, einfach unkonzentriert von mir. Ich habe gedacht, dass braucht man gar
211 nicht so wirklich.
212 **A:** Ok, besten Dank – das wäre es dann schon wieder.
213 **S5:** Bitte, dann wünsche ich noch viel Glück beim Studieren.

9.3.2. Arbeitsblätter und Lösungsblätter

Station 1: Das elektromagnetische Spektrum



Lese dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung vollständig und gut durch, danach löse die untenstehenden Aufgaben.



1. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

_____. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer

Strahlung ergeben sich durch die unterschiedlichen _____ der einzelnen

Bereiche im elektromagnetischen Spektrum.

2. Beantworte mit Hilfe der Abbildung des elektromagnetischen Spektrums folgende 2 Fragen:

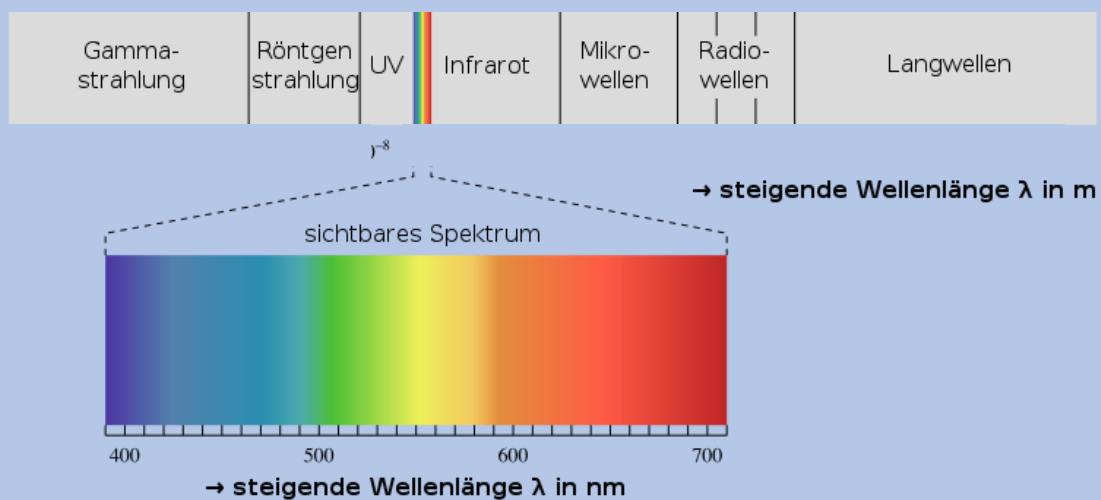


Abbildung 29: Das elektromagnetische Spektrum

Mit welcher Farbe grenzt der Bereich des sichtbaren Lichtes an den der UV-Strahlung?

Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?

3. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen. Die Werte 1 bis 5 dürfen dabei jeweils nur einmal vergeben werden.

1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot	—
Mikrowellen	—
Sichtbares Licht	—
Röntgenstrahlen	—
UV-Strahlung	—

4. Wahr oder falsch?

	wahr	falsch
Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.	☐	☐
Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.	☐	☐
Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.	☐	☐
Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.	☐	☐

Freiwillige Bonusaufgabe

B

Du bist schon fertig – hast aber noch Zeit bis zur nächsten Station?

5. Quellen von UV-Strahlung kann man in natürliche und künstliche Quellen untergliedern. Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem natürlichen oder künstlichen Ursprung.

Sonne / Polarlicht / Quecksilberdampf Lampe / Gewitterblitz / Schwarzlichtlampe / Lichtbogenschweißen

Natürliche UV-Quellen

Künstliche UV-Quellen

Station 2: Absorption und Transmission von UV-Strahlung



Trifft UV-Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht folgende Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

Reflexion: Die einfallende Strahlung wird von dem Gegenstand reflektiert (zurückgeworfen).
Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel.

Absorption: Die einfallende Strahlung wird von einem absorbierenden Stoff aufgenommen.
Die Strahlung kann den Gegenstand nicht durchdringen.

Transmission: Die einfallende Strahlung wird weder vollständig reflektiert noch absorbiert.
Die Strahlung kann den Gegenstand durchdringen.

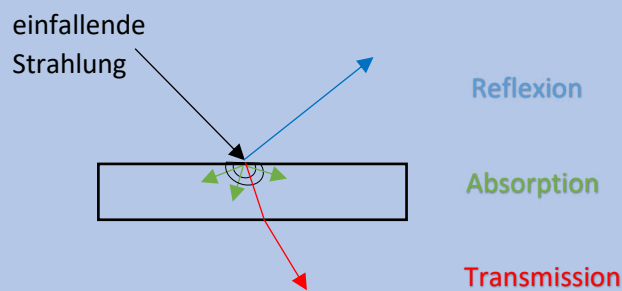
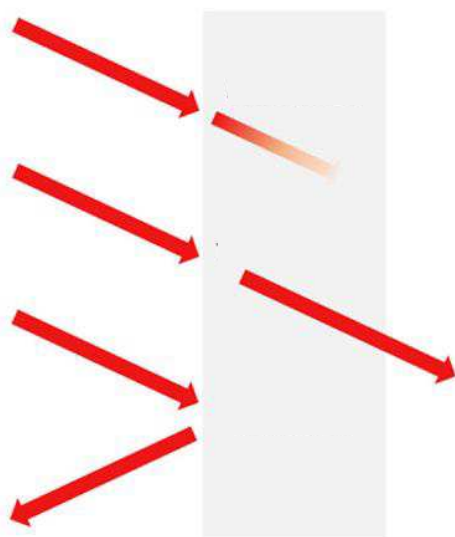


Abbildung 30: Reflexion, Absorption und

1. Ordne die drei Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission den jeweiligen Abschnitten der Abbildung zu:



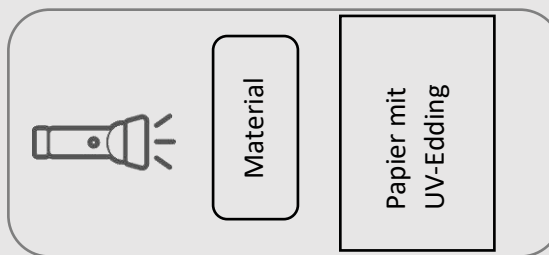
2. Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht. Lies zuerst die Versuchsanleitung, bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der untenstehenden Tabelle deine Vermutungen an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Versuchsanleitung

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



Versuchsaufbau



Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				
Sonnenbrille				
Kunststoffplatte				
Glas				
Kleidung (Pullover, T-Shirt, etc.)				

3. Vergleich UV-Strahlung und sichtbares Licht

Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? **Überlege, ob es Materialien gibt die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?** Der untenstehende Tipp kann dir dabei weiterhelfen.



TIPP: Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert. (Sonnenbrille, Luftballon)

Station 3: Reflexion von UV-Strahlung



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unseren Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

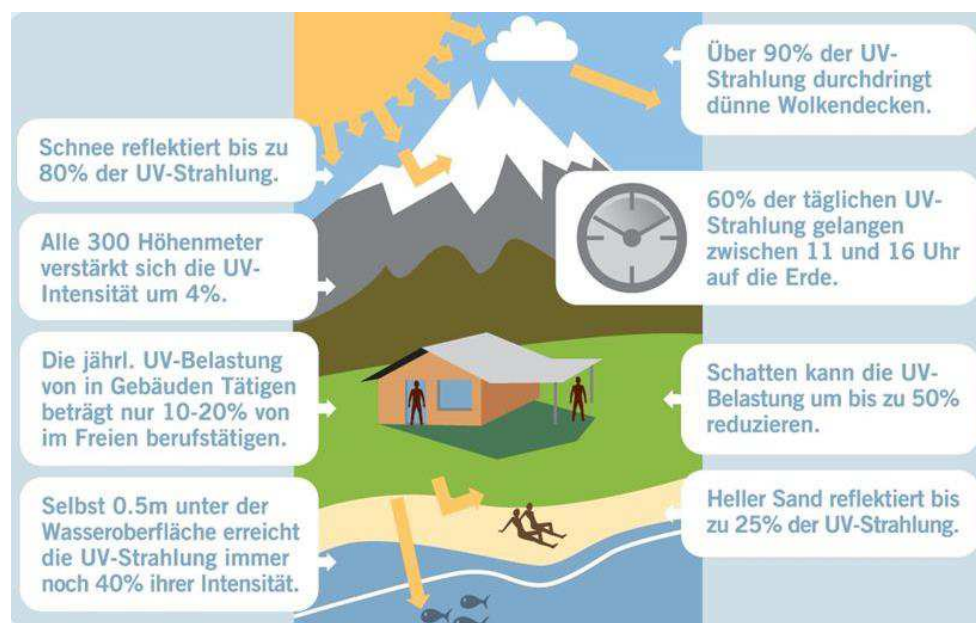
- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

1. Überlege dir mit Hilfe der unteren Abbildung, welche der folgenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.

- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.



2. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir, ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

Überlege dir mit den vorhandenen Materialien eine Versuchsanordnung, um deine Vermutungen zu überprüfen.

Zeichne eine Skizze des Versuchsaufbaus und erstell eine kurze Anleitung, wie das Experiment durchzuführen ist.

Beschreibe nach der Durchführung des Experiments deine Beobachtungen und erkläre kurz warum deine Vermutung richtig oder falsch war.



Skizze:

Versuchsanleitung:

Beschreibe deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:

Lösungsblatt - Station 1: Das elektromagnetische Spektrum



Lese dir zuerst den beiliegenden Text zum elektromagnetischen Spektrum und der UV-Strahlung vollständig und gut durch, danach löse die untenstehenden Aufgaben.



10. Elektromagnetische Strahlung:

Die Ausbreitung von elektromagnetischer Strahlung erfolgt im Vakuum mit

LICHTGESCHWINDIGKEIT. Verschiedene Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung ergeben sich durch die unterschiedlichen **WELLENLÄNGEN** der einzelnen Bereiche im elektromagnetischen Spektrum.

11. Beantworte mit Hilfe der Abbildung des elektromagnetischen Spektrums folgende 2 Fragen:

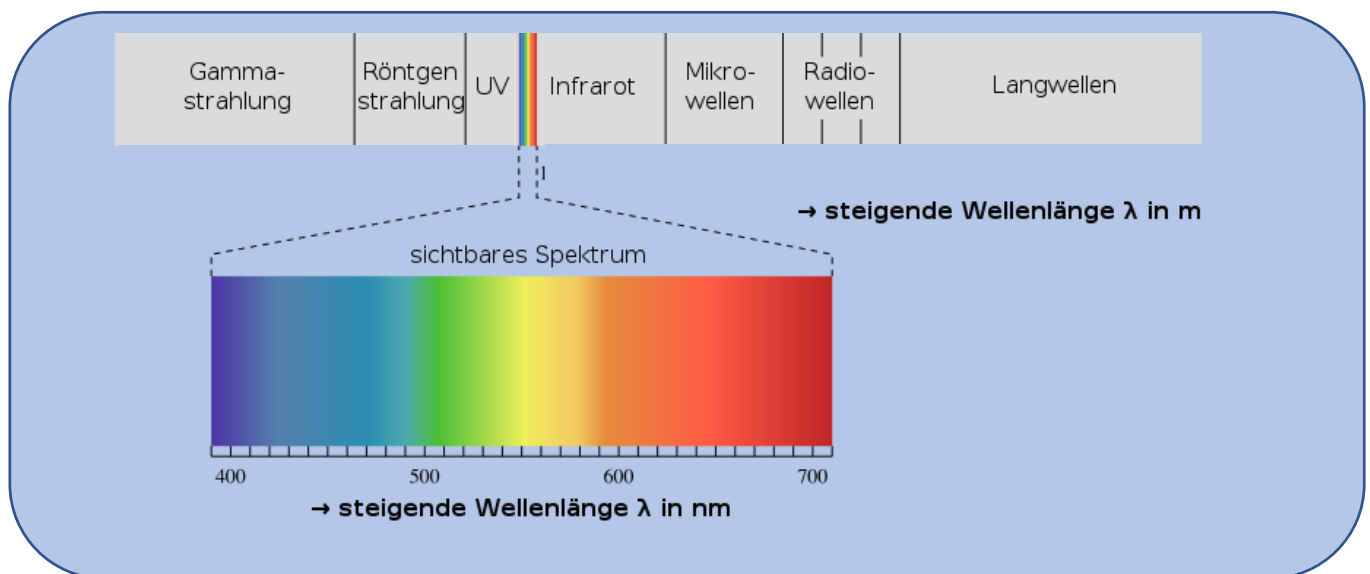


Abbildung 31: Das elektromagnetische Spektrum

Mit welcher Farbe grenzt der Bereich des sichtbaren Lichtes an den der UV-Strahlung?

VIOLETT

Zwischen welchen Wellenlängen liegt der für das menschliche Auge sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung?

12. 400 – 700 nm

13. Ordne folgende Strahlungsbereiche nach deren Wellenlänge von 1 bis 5, du kannst dafür wieder die obige Abbildung des Spektrums zu Hilfe nehmen. Die Werte 1 bis 5 dürfen dabei jeweils nur einmal vergeben werden.

1 = kürzeste Wellenlänge / 5 = längste Wellenlänge

Infrarot	4
Mikrowellen	5
Sichtbares Licht	3
Röntgenstrahlen	1
UV-Strahlung	2

14. Wahr oder falsch?

	wahr	falsch
Die UV-Strahlung ist für das menschliche Auge sichtbar.	☐	☒
Die Sonne ist eine natürliche Quelle der UV-Strahlung.	☒	☐
Elektromagnetische Strahlung umgibt uns immer.	☒	☐
Das sichtbare Licht hat eine kürzere Wellenlänge als UV-Strahlung.	☐	☒

Freiwillige Bonusaufgabe

B

Du bist schon fertig – hast aber noch Zeit bis zur nächsten Station?

15. Quellen von UV-Strahlung kann man in natürliche und künstliche Quellen untergliedern. Ordne die folgenden UV-Quellen nach ihrem natürlichen oder künstlichen Ursprung.

Sonne / Polarlicht / Quecksilberdampflampe / Gewitterblitz / Schwarzlichtlampe / Lichtbogenschweißen

Natürliche UV-Quellen

SONNE

POLARLICHT

GEWITTERBLITZ

Künstliche UV-Quellen

QUECKSILBERDAMPFLAMPE

SCHWARZLICHTLAMPE

LICHTBOGENSCHWEISSEN

Lösungsblatt - Station 2: Absorption und Transmission von UV-Strahlung



Trifft UV-Strahlung auf ein Hindernis, können genau wie beim sichtbaren Licht folgende Phänomene auftreten: Reflexion, Absorption oder Transmission.

Reflexion: Die einfallende Strahlung wird von dem Gegenstand reflektiert (zurückgeworfen). Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel.

Absorption: Die einfallende Strahlung wird von einem absorbierenden Stoff aufgenommen. Die Strahlung kann den Gegenstand nicht durchdringen.

Transmission: Die einfallende Strahlung wird weder vollständig reflektiert noch absorbiert. Die Strahlung kann den Gegenstand durchdringen.

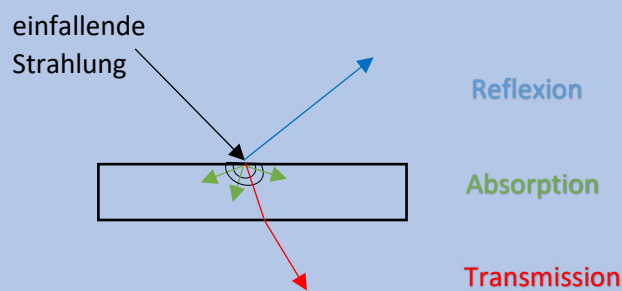
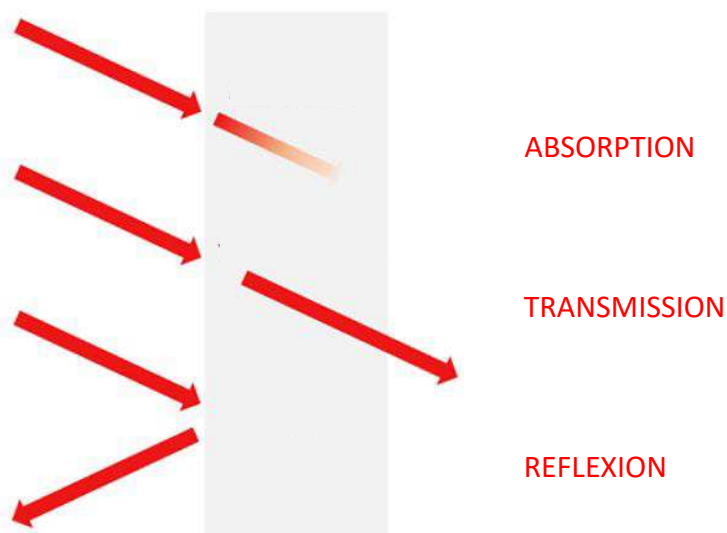


Abbildung 32: Reflexion, Absorption und

1. Ordne die drei Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission den jeweiligen Abschnitten der Abbildung zu:



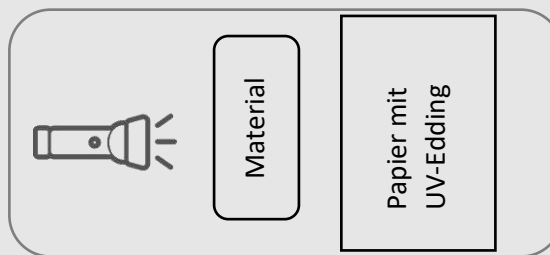
2. Du sollst nun mit Hilfe eines Experiments herausfinden welche Materialien UV-Strahlung absorbieren und welche nicht. Lies zuerst die Versuchsanleitung, bevor du das Experiment durchführst, kreuze in der untenstehenden Tabelle deine Vermutungen an. Anschließend führe das Experiment aus und kreuze deine Beobachtungen in der Tabelle an.

Versuchsanleitung

Da man die von der UV-Lampe erzeugte UV-Strahlung mit dem menschlichen Auge nicht wahrnehmen kann, steht dir ein spezieller UV-Marker zu Verfügung, der diese sichtbar macht. Male oder schreibe mit diesem UV-Marker etwas auf ein Blatt Papier. Danach beleuchte das Blatt Papier mit der UV-Lampe durch die jeweiligen Materialien aus der untenstehenden Tabelle. Bei welchen Materialien kommt es zu einer Absorption und bei welchen Materialien zu einer Transmission?



Versuchsaufbau



Material	Vermutung		Beobachtung	
	Absorption	Transmission	Absorption	Transmission
Luftballon				✗
Sonnenbrille			✗	
Kunststoffplatte				✗
Glas				✗
Kleidung (Pullover, T-Shirt, etc.)			✗	

3. Vergleich UV-Strahlung und sichtbares Licht

Kannst du aufgrund deiner Beobachtungen aus dem gerade durchgeführten Experiment Unterschiede zwischen UV-Strahlung und dem sichtbaren Licht erkennen? **Überlege, ob es Materialien gibt die sichtbares Licht durchlassen, aber UV-Strahlung nicht oder umgekehrt?** Der untenstehende Tipp kann dir dabei weiterhelfen.

Ein Luftballon lässt sichtbares Licht nicht durch, man kann also nicht durch ihn durchsehen. UV-Strahlung kann aber durch das Material des Luftballons durchdringen. UV-Strahlung wird von einer guten Sonnenbrille absorbiert, aber sichtbares Licht durchdringt das Glas der Sonnenbrille.



TIPP: Wenn du durch einen Gegenstand durchsehen kannst, so wird das sichtbare Licht transmittiert (durchgelassen). Kannst du durch ein Material nicht durchsehen, so wird das sichtbare Licht absorbiert. (Sonnenbrille, Luftballon)

Lösungsblatt - Station 3: Reflexion von UV-Strahlung



UV-Strahlung ist allgegenwärtig und trifft nicht nur direkt von der Sonne aus auf unseren Körper sondern wird auch von Oberflächen reflektiert. Um sich ausreichend vor UV-Strahlung zu schützen sind folgende Faktoren zu beachten:

- Die direkte Strahlung hängt vom Winkel ab unter dem UV-Strahlen die Atmosphäre erreichen. In den Tropen, also in Äquator-Nähe, ist die UV-Strahlung intensiver. Die UV-Intensität verstärkt sich mit zunehmender Höhe.
- **Indirekte UV-Strahlung:**
Reflexion am Boden: Die UV-Strahlung kann je nach Art der reflektierenden Oberfläche stark zunehmen. Vorsicht bei Wolken: Die UV-Strahlung erreicht ihre maximale Intensität bei blauem Himmel. Selbst bei bedecktem Himmel können aber 90% der UV-Strahlen durch die dünne Wolkendecke dringen.

1. Überlege dir mit Hilfe der unteren Abbildung, welche der folgenden Aussagen wahr und welche falsch sind. Gib jeweils eine Begründung für deine Vermutung an und stelle die falschen Aussagen richtig. Diskutiert eure Ergebnisse in der Gruppe.



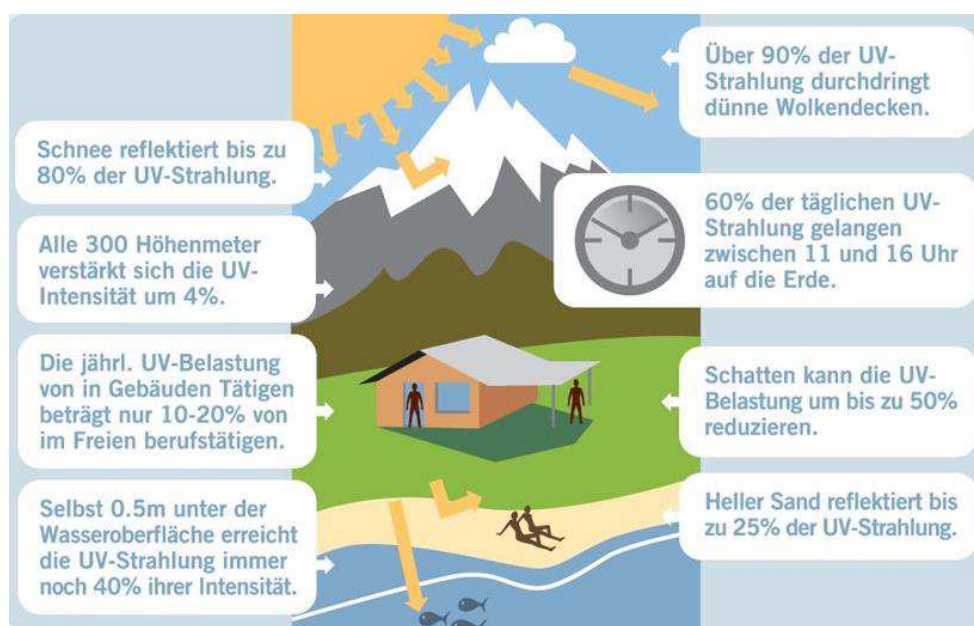
- Bei einem Sonnenbad am Strand erreicht den Körper mehr reflektierte UV-Strahlung als beim Skifahren in den Bergen.

FALSCH! Der Schnee in den Bergen reflektiert UV-Strahlung wesentlich besser als der Sand am Strand.

- An einem bewölkten Tag kann ich mich ohne Schutz vor UV-Strahlung stundenlang im Freien aufhalten.

FALSCH! Mehr als 90% der UV-Strahlung können die dünne Wolkendecke durchdringen.

Daher sollte man sich auch an bewölkten Tagen vor der UV-Strahlung schützen.



2. Lies dir die folgende Bildgeschichte durch und überlege dir, ob die Idee mit dem Spiegel funktionieren könnte. Beschreibe deine Vermutung kurz.



Vermutung:

Experiment

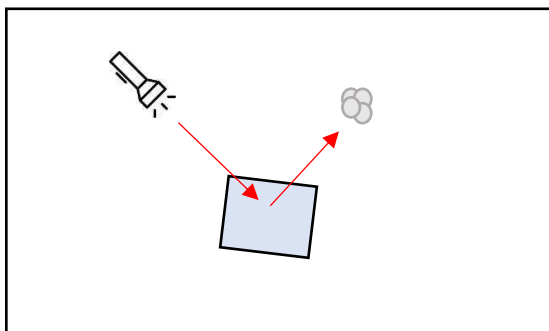
Überlege dir mit den vorhandenen Materialien eine Versuchsanordnung, um deine Vermutungen zu überprüfen.

Zeichne eine Skizze des Versuchsaufbaus und erstell eine kurze Anleitung, wie das Experiment durchzuführen ist.

Beschreibe nach der Durchführung des Experiments deine Beobachtungen und erkläre kurz warum deine Vermutung richtig oder falsch war.



Skizze:



Versuchsanleitung:

Beschreibe deine Beobachtungen und versuche diese zu erklären:
