



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung“

verfasst von / submitted by

Konrad Michael Schwarz

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

Wien, 2015 / Vienna, 2015

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

A 190 406 412

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

Lehramtsstudium UF Mathematik UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Danksagung

Der Beginn dieser Arbeit passierte im Projektpraktikum zum Thema Strahlung. Es war bereits klar, dass diese Arbeit über Cross-Age Peer Tutoring und UV-Strahlung handeln wird. Die Details wurden in der ersten Woche des Praktikums entworfen und festgelegt.

Diese Woche war sehr intensiv. Von früh morgens bis spät abends wurde fleißig gearbeitet. Die Köpfe rauchten. Die Federn glühten. Die Pausen, die das UV-Team sehr konstruktiv ausgedehnt hat, waren fast noch besser. Dafür möchte ich mich bei meinen Teamkolleginnen Judith Painsi und Sarah Zloklikovits und meinem Teamkollegen Daniel Lieb bedanken. Danke, für die abwechslungsreichen Mittagessen, danke, für heftige Diskussionen und vor allem danke, für die gute Zusammenarbeit.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch meinem Betreuer, Thomas Plotz, aussprechen. Er bot mir an, im Rahmen des Strahlungspraktikums die Diplomarbeit zu verfassen und lehrte mich auch das Schreiben. Sicher die Hälfte dieser Arbeit habe ich zuerst mit der Hand geschrieben. Auf diesem Weg fiel es mir viel leichter, an die Sache heran zu gehen. Er war es, der mich darauf brachte, die Arbeit mit der Hand zu schreiben. Außerdem konnte ich ihn jederzeit um Rat und Feedback fragen. Auch wenn es zu Beginn oft nur ein paar Seiten waren, die ich ihm vorlegte, er hatte stets konstruktives Feedback für mich. Später wurden aus den wenigen Seiten mehrere Kapitel und schließlich eine ganze Arbeit. Vielen Dank für die investierten Stunden und für die vielen Gespräche, Tipps und Motivationen.

Um eine Arbeit zu schreiben, reicht es nicht, sich mit den Themen auseinander zu setzen. Man muss sich einfach hinsetzen und Texte verfassen. Sei es mit der Hand oder am Computer. Hier möchte ich mich bei den „Diplümpfen“, wie wir uns nannten, bedanken. Ich möchte nicht unbedingt sagen, dass geteiltes Leid halbes Leid ist, aber geteilte Arbeitspausen machen zu zweit auf jeden Fall mehr Spaß. Danke an Felix Schöfl, Sarah Zloklikovits und Nora Zwillink. Nicht nur die Pausen waren super. Auch, dass man euch immer fragen konnte, was ihr zu einer Formulierung sagt, oder wie ihr es schreiben oder zitieren würdet, hat mir sehr geholfen.

Abschließend möchte ich natürlich auch meiner Mutter, Margit Schwarz, danken. Seit ich denken kann, unterstützt sie mich in all meinen Vorhaben. Das Wissen, einen Rückhalt zu haben, in allem was ich mache, stärkt und motiviert zusätzlich. Deshalb hier auch ein großes Dankeschön an dich, liebe Mama, ich sag es dir eh viel zu selten.

Inhalt

1 Einleitung	8
2 Theorie	9
2.1 Schülervorstellungen	10
2.1.1 Vorwissen von Schülerinnen und Schülern	11
2.1.2 Schülervorstellungen – richtig oder falsch?	12
2.1.3 Schülervorstellungen im Unterricht herausfinden	13
2.1.4 Umgang mit bekannten Schülervorstellungen im Unterricht	15
2.2 Conceptual Change	16
2.2.1 Bedingungen für Conceptual Change	17
2.2.2 Theorien zu Conceptual Change	18
2.3 Cross-Age Peer Tutoring	21
2.3.1 CAPT damals und heute	22
2.3.2 Effekte von CAPT	22
2.3.3 Rahmenbedingungen von CAPT	24
2.4 Die Predict-Observe-Explain (POE) Methode	26
2.4.1 Der Aufbau von POE	26
2.4.2 Nutzen von POE	27
2.5 Die ultraviolette Strahlung.....	28
2.5.1 Entdeckung der UV-Strahlung.....	28
2.5.2 Herkunft von UV-Strahlung.....	29
2.5.3 UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum	30
2.5.4 Unterteilung von UV-Strahlung.....	31
2.5.5 Wirkung auf den Menschen und Anwendungen von UV-Strahlung	32
2.5.6 Schutz vor UV-Strahlung und der Einfluss der Ozonschicht	33
2.5.7 Schülervorstellungen und Wissen zu UV-Strahlung	34

3 Methode.....	35
3.1 Rahmenbedingungen und Zielformulierung.....	35
3.2 Aufbau der Intervention.....	37
3.2.1 UV-Quellen.....	37
3.2.2 UV-Strahlung ist unsichtbar	40
3.2.3 Wirkungen und Anwendungen von UV-Strahlung.....	41
3.2.4 Schutz vor UV-Strahlung.....	42
3.3 Beteiligte Schülerinnen und Schüler	44
3.4 Durchführung der Intervention	45
3.4.1 Rahmenbedingungen zu CAPT und deren Umsetzung für diese Arbeit	46
3.5 Gestaltung der Fragebögen.....	49
3.5.1 Der Prätest.....	49
3.5.2 Der Posttest	51
3.5.3 Auswertung der Tests	51
3.6 Gestaltung der Zwischeninterviews.....	53
4 Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung	53
4.1 Motivation – warum diese Forschungsfrage	54
4.2 Die Schülerinnen- und Schülergruppen.....	54
4.3 Ergebnisse und Interpretation.....	58
4.3.1 Sichtbarkeit von UV-Strahlung.....	58
4.3.2 Farbe von UV-Strahlung.....	61
4.3.4 Effekte von UV-Strahlung	65
4.3.5 UV-undurchlässige Materialien	68
4.3.6 UV-Quellen.....	70
4.3.7 Komplette Abschirmung durch eine UV-Schutzcreme	73
5 Diskussion	75

5.1 Erkenntnisse aus den Interviews und den Beobachtungen	75
5.2 Kritik an der Intervention	77
5.3 Zusammenfassend	78
5.4 Bezug zu vorangegangener Literatur und zu eigenen Erwartungen	79
5.5 Weiterblickend.....	80
6 Literaturverzeichnis.....	81
7 Abbildungsnachweise.....	85
8 Anhang A	86
8.1 Abstract.....	86
8.2 Lebenslauf	87
9. Anhang B.....	88
9.1 Arbeitsmappe für Tutees	88
9.2 Anleitung für Tutoren und Tutorinnen	92

1 Einleitung

Da UV-Strahlung unter anderem von der Sonne kommt, ist man ihr täglich ausgesetzt. Dennoch sind uns sehr viele Einflüsse, die UV-Strahlung auf uns Menschen haben kann, relativ unbewusst. Angefangen bei der Bräunung der Haut, die viele als Schönheitsmerkmal betrachten, über die Vitamin D Produktion und die Erregung von Hautkrebs bis hin zu technischen Anwendungen, wie zum Beispiel die Desinfektion von Wasser sind die Wirkungen von UV-Strahlung sehr vielseitig. Abhängig von der Dosierung ist es oft eine schmale Gratwanderung, ob UV-Strahlung nützlich oder schädlich für uns ist. Es ist also mit Sicherheit kein Nachteil, sich mit UV-Strahlung auseinander zu setzen. Mit etwas Fachwissen ist es relativ leicht, die positiven Eigenschaften der UV-Strahlung auszunützen und sich aber gleichzeitig vor zu hoher Belastung zu schützen. Dazu muss man sich aber mit dem Thema UV-Strahlung beschäftigen. In der Schule kann das auf viele Arten passieren. Frontalunterricht, Gruppenunterricht oder Stationsbetrieb sind nur einige Beispiele, wie Unterricht passieren kann. Eine relativ interessante Methode, um auch möglichst alle Schülerinnen und Schüler aktiv am Geschehen in der Klasse zu beteiligen, ist Cross-Age Peer Tutoring. Bei Cross-Age Peer Tutoring setzen sich ältere Schülerinnen und Schüler mit einem Thema auseinander und versuchen anschließend, ihr Wissen an jüngere Schülerinnen und Schüler weiter zu geben. Diese Methode erscheint sehr lernförderlich und erfolgreich im Einsatz in der Schule zu sein. Deshalb wurde im Rahmen dieser Arbeit Cross-Age Peer Tutoring beim Thema UV-Strahlung angewendet und untersucht.

In Kapitel 2 wird die Theorie zu Cross-Age Peer Tutoring und der UV-Strahlung geschildert. Um gelungenen Physikunterricht gestalten zu können, ist es jedoch auch notwendig, sich mit Schülervorstellungen auseinander zu setzen und zu überlegen, wie man Schüler und Schülerinnen mit Hilfe von Conceptual Change zu physikalisch korrekten Denkmustern bringen kann. Eine weitere Methode, die auf Grund ihrer Wirksamkeit häufig im Physikunterricht verwendet wird, ist die Predict-Observe-Explain Methode. Deshalb wird in diesem Kapitel auch ein theoretischer Überblick zu diesen Themen – Schülervorstellungen, Conceptual Change und der Predict-Observe-Explain Methode gegeben.

Kapitel 3 beschreibt die Methoden, die angewendet wurden, um Cross-Age Peer Tutoring beim Thema UV-Strahlung zu testen. Es wurde eine Unterrichtsintervention entworfen und mit Hilfe von Prä- und Posttests und Interviews untersucht, ob die Schülerinnen und Schüler durch diese

Intervention profitieren. Diese Tests wurden zum einen rein quantitativ und zum anderen aus einer Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung und wiederum quantitativen Methoden ausgewertet.

In Kapitel 4 werden schließlich die genauen Fragestellungen vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden. Es wird ein kurzer Hintergrund zu den untersuchten Schülerinnen und Schülern gegeben und anschließend werden die Ergebnisse der Tests präsentiert und interpretiert.

Kapitel 5 zieht Resümee. Es werden Erkenntnisse dargelegt und sowohl Kritikpunkte als auch Positives angesprochen. Ein kurzer Blick in Vergangenheit und Zukunft, wie diese Arbeit hinsichtlich vorangegangener Forschung einzuordnen ist und wie an sie angeknüpft werden kann, rundet diese Arbeit schließlich ab.

Mit dem Literaturverzeichnis und vor allem mit den Unterlagen in Anhang B sollte es sehr gut möglich sein, die Ergebnisse dieser Arbeit nachzuvollziehen und auch die entwickelte Intervention nachzumachen. Die nicht kommerzielle Verwendung und Vervielfältigung der Arbeitsblätter für Tutees, Tutoren und Tutorinnen zu Unterrichtszwecken ist hiermit ausdrücklich erlaubt.

2 Theorie

Um einen gelungenen Physikunterricht zu gestalten, ist es nicht nur notwendig sich fachlich mit den Themen gut auszukennen. Eine Vielzahl von Faktoren muss für die Planung von Unterricht berücksichtigt werden. Darunter fallen pädagogische und didaktische Methoden und Ansätze, die es den Schülerinnen und Schülern erleichtern, sich das Wissen, welches durch die Lehrkraft aufbereitet wird, selbst anzueignen. Wesentlich dabei ist, dass die Schülerinnen und Schüler dieses Wissen dauerhaft aufnehmen und nicht nur bei der nächsten Wiederholung nacherzählen können. Um das zu erreichen, ist es für Physiklehrerinnen und Physiklehrer wichtig zu wissen, mit welchem Wissen ihre Schülerinnen und Schüler in den Unterricht kommen. Aus diesem Grund wird in der Theorie dieser Arbeit auf Schülervorstellungen und anschließend auf Conceptual Change eingegangen. Conceptual Change ist ein Prozess, bei dem Schülervorstellungen durch Umstrukturieren oder Weiterentwickeln in eine physikalische

Richtung hin zu physikalisch korrekten Ansichten und Konzepten gelenkt werden sollen. Außerdem werden Cross-Age Peer Tutoring und die Predict-Observe-Explain-Methode vorgestellt, zwei Methoden mit denen man sehr effizient physikalische Themen für Schülerinnen und Schüler im Unterricht aufbereiten kann. Abschließend werden einige Hintergrundinformationen zum Thema UV-Strahlung gegeben.

2.1 Schülervorstellungen

Ziel des Unterrichts an Schulen ist es, dass Schülerinnen und Schüler etwas lernen. Dabei ist es notwendig eine Reihe von Gegebenheiten zu beachten, die das Lernen erleichtern und viele andere Dinge beiseite zu schaffen, die das Lernen erschweren. Lernschwierigkeiten zählen zu den unerwünschten Vorkommnissen, mit denen man sich als Schülerin oder Schüler als auch als Lehrer oder Lehrerin konfrontiert sieht. Wodzinski (2006) nennt 3 Arten von Lernschwierigkeiten:

- Lehrbedingte Lernschwierigkeiten

Darunter fallen zum Beispiel spezielle Situationen, die durch die Klassengemeinschaft oder die Klassenführung hervorgerufen werden, oder Schwierigkeiten, die auf die Methodenwahl der Lehrperson zurückzuführen sind. Auch durch falsch gewähltes Material können sie verursacht werden.

- Innenbedingte Lernschwierigkeiten

Vor allem mangelnde Kenntnisse von Sprache oder Grundfertigkeiten wie Rechnen, Lesen und Schreiben fallen in diese Kategorie von Lernschwierigkeiten.

- Sachbedingte Lernschwierigkeiten

Sachbedingte Lernschwierigkeiten sind manchmal einfach darauf zurückzuführen, dass das zu lernende Thema wirklich schwierig, kompliziert und komplex ist. Man benötigt gewisse Denkmuster, die im Alltag nicht unbedingt benötigt werden, um Sachverhalte zu verstehen. Hinzu kommt auch, dass sich Lernende ab und zu etwas komplett anderes unter einem Sachverhalt vorstellen, als es die Wissenschaft verlangen würde. Um diese Denkweisen und Vorstellungen zu beschreiben, wurde der Begriff der Schülervorstellungen entwickelt.

Wenn alle Schülerinnen und Schüler sämtliche Grundfertigkeiten wie Lesen, Schreiben und Rechnen beherrschen, für angemessenes Unterrichtsklima gesorgt ist und die Lehrkraft ansprechende Methoden verwendet, so können lehrbedingte und innenbedingte

Lernschwierigkeiten als weitestgehend vorgebeugt betrachtet werden. Legt man den Fokus nun auf die sachbedingten Lernschwierigkeiten, so ist vor allem wichtig zu wissen, was die Schülerinnen und Schüler bereits können, wissen und wie ihre vorhandenen Denkmuster aussehen, um sie entsprechend im Unterricht zu berücksichtigen.

2.1.1 Vorwissen von Schülerinnen und Schülern

„Lernen fängt nie bei Null an, sondern baut auf dem Schatz an Erfahrungen und Vorstellungen auf, den Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag oder aus vorangegangenen Unterricht mitbringen.“ (Wodzinski 2006, S. 6)

Wodzinski (2006) drückt in diesem Satz sehr schön aus, dass Schülerinnen und Schüler schon bevor sie Physikunterricht erhalten, sehr viele Erfahrungen gesammelt haben. Mit diesen vorhandenen Erfahrungen, die sie als „Schatz“ bezeichnet, müssen Lehrerinnen und Lehrer umzugehen wissen und sie gezielt einsetzen können. Auch Jung (1986) und Duit (1993) heben hervor, dass Schülerinnen und Schüler oft mit bereits sehr gut gefestigten Vorstellungen zu physikalischen Themen in den Unterricht kommen. Sobald der Mensch denken kann, hat er jeden Tag Gelegenheit, sich Gedanken zu den verschiedensten physikalischen Themen zu machen und Vorstellungen zu entwickeln, wie diese physikalischen Phänomene funktionieren. Manche Vorstellungen entstehen, da sie sich über viele Jahre hinweg evolutionstechnisch entwickelt haben und für den Menschen in Alltag und Natur einfach nützlich sind, andere wiederum, begründen sich durch unsere Sprache (Jung 1986). Zum Beispiel bekommt ein Kind vermutlich jeden Tag einmal zu hören, dass die Sonne aufgehe. Diese Redensart führt zum Schluss, dass die Sonne sich wohl um die Erde bewegen muss. Im Unterricht wird man häufig feststellen, dass trotz einer geeigneten und fachlich korrekten Erklärung, die vielleicht sogar durch ein Experiment unterstützt wird, Schüler und Schülerinnen doch an ihren eigenen Vorstellungen festhalten (Jung 1986). Da diese Vorstellungen ja bisher – also ein Leben lang – gut funktioniert haben, gibt es keinen Grund, sie so einfach aufzugeben (Niedderer und Schecker 1992; Jung 1986). Ein gutes Beispiel dazu ist auch die Zentrifugalkraft. Physikalisch existiert sie nicht. Tatsächlich wirkt eine andere Kraft, die in der Physik als Zentripetalkraft bezeichnet wird (Jung 1986). Auch wenn der Lehrende behauptet, dass die Zentripetalkraft bei einer Kreisbewegung nach innen geht, wird trotzdem jeder, der in einem Auto eine Kurve durchfährt, spüren, dass man nach außen gedrückt wird, hier also eine Kraft nach außen gehen müsste. Laut Duit (1993) sind solche Vorstellungen bei Lernenden von der Primarstufe bis hin

zur Universität vorhanden. Die persönliche Erfahrung hinterlässt also einen starken Eindruck und ist schwierig zu verändern.

2.1.2 Schülervorstellungen – richtig oder falsch?

Bisher wurde nur dargelegt, dass Schülerinnen und Schüler Vorstellungen haben, auch schon bevor sie richtigen naturwissenschaftlichen Unterricht hatten. Man würde vermuten, dass diese Vorstellungen, die sie sich selbst gebildet haben, nur falsch sein können. In der Literatur liest man sehr häufig auch Begriffe wie Alltagsvorstellungen, Schülervorstellungen, Präkonzepte, Vorverständnisse, naive Theorien, Alltagstheorien, Misskonzepte und Fehlkonzepte (Jung 1986; Heran-Dörr 2012). All diese Begriffe zielen auf die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern vor dem Unterricht ab, jedoch muss man bei der Wahl des konkreten Begriffes sehr vorsichtig sein. Leider sind diese vielen Begriffe in der Literatur nicht immer ganz exakt definiert und werden auch nicht immer gleich verwendet. Deshalb wird hier eine Einteilung und Unterscheidung versucht, die zumindest für diese Arbeit verwendet wird. Fehl- oder Misskonzepte beinhalten eine klare Wertung, nämlich dahingehend, dass die Vorstellung des Schülers oder der Schülerin auf einem Irrtum oder Fehler beruht. Heran-Dörr (2012) kritisiert daran, dass diese Wertung ja aus einer gewissen Sicht auf das Konzept passiert. Für den Anwender ist das Konzept schließlich korrekt, lediglich für den Betrachter, der es besser zu wissen scheint, ist es falsch. Präkonzept bezeichnet ein Konzept von Lernenden vor einer Intervention. Aber auch hierzu stellt sich die Frage, ob ein Präkonzept durch eine Intervention zwingend verändert, also zum Postkonzept oder ob nicht auch das Präkonzept nach der Intervention noch genauso wie zuvor vorhanden sein kann, ungeachtet dessen, ob es physikalisch richtig oder fehlerbehaftet ist. Alltagstheorien und Alltagsvorstellungen beziehen sich klarerweise auf Vorstellungen aus dem alltäglichen Leben. Alle Begriffe haben aber gemeinsam, dass sie Schülervorstellungen sein können. Jung (1986), Duit (1993), Heran-Dörr (2012) und Wodzinski (2006) sind sich einig, dass diese Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern auf keinen Fall von vorne herein falsch sein müssen. Jung (1986) schreibt, dass man früher der Meinung war, Schülerinnen und Schüler haben etwas erst dann verstanden, wenn sie die korrekte physikalische Ansicht zu einem Thema übernommen haben. Heutzutage erkennt man aber immer mehr, dass die Alltagsvorstellungen eben nicht von vorneherein falsch sein müssen. Ziel sollte es deshalb sein, dass Schülerinnen und Schüler die physikalisch korrekte Betrachtung sehr wohl wissen, auch wenn sie in manchen Situationen trotzdem auf die Alltagsvorstellung zurückgreifen. Die beiden Vorstellungen koexistieren quasi und jeder

Schüler und jede Schülerin kann spontan entscheiden, welche Vorstellung gerade brauchbarer ist. Wünschenswert wäre natürlich, wenn die Schülerinnen und Schüler sehr häufig oder gar immer zur physikalisch korrekten Erklärung greifen. Jedoch kann so manche Alltagsvorstellung im täglichen Leben brauchbarer sein als die physikalische Sicht. Auch wenn es physikalisch schlichtweg falsch wäre, zu behaupten, dass ein Körper eine gewisse Kraft habe oder besitze, so ist rein diese Vorstellung im Alltag oft nützlich und brauchbar. Um einen Nagel in die Wand zu schlagen wird man zum Hammer mit Eisenkopf greifen und nicht zu dem mit einem Gummiaufsatz, da man mit dem Eisenhammer „mehr Kraft hat“ um den Nagel gut in die Wand zu schlagen. Dieses Verstehen wird auch umgangssprachlich als Hausverstand bezeichnet.

Heran-Dörr (2012) fasst in einer Charakteristik über Schülervorstellungen zusammen, dass Schülervorstellungen einen hohen Bezug zum Alltag und unserem Sprachgebrauch haben und dem Lernenden bewusst sein können, aber nicht bewusst sein müssen. Sie können schon vor dem Unterricht vorhanden sein oder währenddessen entstehen. Schülervorstellungen sind schwer zu widerlegen, da die Schüler und Schülerinnen fest daran glauben. Zusätzlich sind sie abhängig vom Thema und der genauen Anwendung. Umso wichtiger ist es, sich gut in die Schülerinnen und Schüler hineinzusetzen, diese Vorstellungen möglichst herauszufinden oder zu kennen und zu untersuchen und Schülerinnen und Schüler genau dort abzuholen, wo sie momentan stehen (Jung 1986; Wodzinski 2006). Nur so kann der Lehrer oder die Lehrerin ihnen helfen, ihre Sicht der Dinge in Richtung physikalisch korrekter Ansichten weiter zu entwickeln.

2.1.3 Schülervorstellungen im Unterricht herausfinden

Wodzinski (2006) bietet eine große Übersicht an Möglichkeiten, wie man Schülervorstellungen seiner Schülerinnen und Schüler feststellen kann. Eine Möglichkeit wäre zum Beispiel durch gezielt gestellte Fragen den Vorstellungen auf den Grund zu gehen. Sie schlägt Gespräche und Dialoge mit Impulsworten vor. Brainstorming mit den Schülerinnen und Schülern sowie das Anfertigen von Concept-Maps, Mind-Maps und freien Texten eignen sich ebenfalls. Eine Möglichkeit, die sich zu den Vorangegangenen etwas unterscheidet, wäre die Schülerinnen und Schüler Zeichnungen und Bilder über gewisse physikalische Themen anfertigen zu lassen. Dieser Methode bedienten sich auch Neumann und Hopf (2011) bei ihrer Untersuchung zum Thema Strahlung. Des Weiteren kann man auch mit unterschiedlichen Materialien wie Ton oder Karton basteln und Schülerinnen und Schüler Modelle kreieren lassen.

Die Ergebnisse aus solchen Erhebungen sind jedoch auch noch nicht das Maß aller Dinge. Da man nicht in die Köpfe der Schülerinnen und Schüler hineinblicken kann, kann man nur annehmen, wie sich die Schülerinnen und Schüler physikalische Dinge erklären und vorstellen. Selbst mit zusätzlichen Hilfsmitteln, wie von den Schülern und Schülerinnen angefertigte Zeichnungen oder Bildern, die auf Schülervorstellungen schließen lassen, bleiben die Ergebnisse doch nur Vermutungen (Duit 1993). Es ist oft zwingend notwendig, bei den Erstellerinnen und Erstellern der Zeichnungen oder Bauwerken nachzufragen, um eine genauere Vorstellung der Vorstellung zu bekommen. Dazu eignen sich offene und personenzentrierte Fragen besser als sehr enge oder gar Ja-Nein-Fragen (Wodzinski 2006). Die Problematik, dass Schülervorstellungen nicht direkt messbar sind, bleibt bestehen. Man bekommt immer nur Leistungen von Schülerinnen und Schülern, die man dann nach Schülervorstellungen analysieren kann. Duit (1993) beschreibt das als Vorstellung von Vorstellungen. Die Analytiker machen sich ihre eigenen Gedanken zu den Leistungen der Schüler. Sie stellen sich lediglich vor, was sich die Schülerinnen und Schüler vorgestellt haben könnten. Zu den originalen Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern haben sie aber keinen direkten Zugang. Schon bei einfachen Kommunikationen kann nie ganz sicher davon ausgegangen werden, dass alle Beteiligten das besprochene Thema in exakt demselben Sinn verstehen. Manche interpretieren etwas dazu, manche filtern etwas anderes weg.

In der Newton'schen Mechanik gibt es noch ein weiteres geeignetes Testinstrument, um Schülervorstellungen herauszufinden – den Force Concept Inventory (FCI). Durch gezielte Multiple Choice Fragen zu grundlegenden physikalischen Konzepten in der Newton'schen Mechanik werden die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler abgefragt. Der FCI kann aber nicht nur eingesetzt werden, um Schülervorstellungen aufzuspüren. Er kann auch nach dem Mechanikunterricht als Qualitätsüberprüfung verwendet werden, um zu sehen, wie viel die Schülerinnen und Schüler tatsächlich verstanden haben (Hestens et al. 1992). Auch als Einstufungstest oder um den physikalischen Wissenslevel der Schüler und Schülerinnen heraus zu finden, kann der FCI verwendet werden. Des Weiteren eignet sich diese Art von Test auch als Vergleich zwischen verschiedenen Klassen oder Schulen. Um nicht nur ans Thema der Newton'schen Mechanik gebunden zu sein, könnten solche Konzeptfragen auch zu anderen Bereichen der Physik entwickelt werden. Im Artikel von Hestens et al. (1992) ist der FCI-Test auch abgedruckt und man darf ihn gerne zur eigenen Verwendung im Klassenzimmer vervielfachen.

Niedderer und Schecker (1992) stellten fest, dass Schülervorstellungen in den verschiedensten Ländern der Welt doch sehr ähnlich sind. Schülerinnen und Schüler sind also meist mit sehr ähnlichen Dingen vor dem Unterricht konfrontiert und machen sich sehr ähnliche Gedanken oder kommen zu entsprechenden Schlüssen. Die Voraussetzungen für Physikunterricht und die Ansprüche an Physiklehrerinnen und Physiklehrer sind also auch auf der ganzen Welt relativ gleich, zumindest in Hinsicht auf die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen.

2.1.4 Umgang mit bekannten Schülervorstellungen im Unterricht

Hat man nun die Schülervorstellungen identifiziert, gilt es sie umzubauen oder hin zu physikalisch korrekten Vorstellungen umzubilden (Heran-Dörr 2012). Wodzinski (2006) empfiehlt sehr stark, von den Fragen der Schülerinnen und Schüler auszugehen und sehr exakt an das Vorwissen anzuknüpfen, denn sonst können manche Fehlvorstellungen noch weiterentwickelt und verfestigt werden oder sogar neue entstehen. Die Lehrenden sind zu dem gefordert, Physikunterricht nicht nur als ein Anhäufen von Wissen über physikalische Phänomene zu gestalten. Vielmehr soll ein vernetzter Überblick auf verschiedene Gebiete gegeben werden (Wodzinski 2006) und Lernprozesse ermöglicht werden, die auf Basis des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler passieren (Heran-Dörr 2012). Im moderaten Konstruktivismus ist Lernen ein Prozess, bei dem Schülerinnen und Schüler sich neues Wissen ausgehend von ihren bisherigen Vorstellungen selbst erarbeiten und aufbauen, sozusagen „konstruieren“ müssen (Riemeier 2007). Wissen kann nicht einfach vom Lehrenden zum Lernenden übertragen werden. Wissen muss sich jeder selber aneignen (Wodzinski 2006) (Wodzinski 2006), was einerseits zu einer „Machtlosigkeit“ des Lehrenden im Sinn des direkten Wissenstransfers führt. Andererseits kann der Lehrende lediglich Anreize bieten (Duit 1993), aber den Lernprozess an sich nicht beherrschen, steuern oder kontrollieren (Riemeier 2007). Es ist einfach nicht möglich, dass der Lehrende sein Wissen durch den Nürnberger Trichter in die Hirne der Lernenden kippt (Jung 1986).

Um Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu verändern, wird oft auch auf Versuche zurückgegriffen. Bei Experimenten können den Schülerinnen und Schülern physikalische Sachverhalte präsentiert werden, wie sie zum Beispiel auch in der Natur jeden Tag ablaufen. Dabei wird verhindert, dass die Schülerinnen und Schüler denken, das Geschehen könnte manipuliert sein. Es ist jedoch trotzdem äußerste Vorsicht geboten, da Schülerinnen und Schüler oft genau das sehen, was sie ohnehin schon vermuten. Wird ein Draht mit Strom zum Glühen gebracht, so geben Schülerinnen und Schüler sehr unterschiedliche Antworten auf die

Frage wo, denn der Draht zu glühen beginne. Sie konzentrieren sich auf ihre Vermutung, sehen dementsprechend auch genau dorthin, bekommen nicht mit, was an anderen Stellen des Drahtes passiert und fühlen sich dementsprechend in ihrer Meinung bestätigt (Duit 1993). Tatsache ist jedoch, dass der Draht überall gleichzeitig zu glühen beginnt. Außerdem wird jeder Lernende seinen Fokus je nach Interessenslage wo anders hin richten. Wodzinski (2006) sagt dazu, dass ein Architekt bei einem Stadtrundgang ganz andere Dinge wahrnimmt als ein Historiker. Und das ganze obwohl der Stadtführer (die Lehrperson) wiederum etwas komplett anderes erzählt hatte (Wodzinski 2006; Duit 1993).

Physik ist für Schülerinnen und Schüler oft besonders schwer, da Physiker die Welt mit ganz anderen Augen sehen und mit ganz anderen Worten beschreiben (Heran-Dörr 2012). Vorunterrichtliche Vorstellungen entsprechen nur sehr selten exakt der physikalischen Sicht (Duit 1993) und Dinge ganz anders zu sehen als man vom Alltag gewöhnt ist, erfordert einiges an Überwindung. Der Wollpullover ist dafür ein wunderbares Beispiel. Der Alltag zeigt, dass mir beim Tragen eines Wollpullovers wärmer wird – deshalb zieht man ihn im Winter an und nicht im Sommer. Dass aber zum Beispiel genau derselbe Wollpullover einen Eiswürfel im Sommer kühlt und ihn ein wenig langsamer schmelzen lässt, klingt zuerst etwas unlogisch (Wodzinski 2006). Physikalisch wird das aber nicht dadurch erklärt, dass der Wollpullover wärmt oder kühlt, er isoliert. Aus diesem Grund ist nach Duit (1993) oft ein Konzeptwechsel notwendig, worauf im nächsten Kapitel näher eingegangen wird. Dieser Prozess benötigt vor allem Geduld und Zeit (Wodzinski 2006) und beharrliches Wiederholen und Anwenden, da Schülerinnen und Schüler dazu neigen, oft einfach irgendwann wieder auf ihr „verdrängtes“ Vorwissen zurückzugreifen (Jung 1986). Ziel von Physikunterricht kann es also nicht sein, das Vorwissen und die Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern auszulöschen und zu ersetzen. Je nach Situation werden entweder Alltagserfahrungen oder physikalisches Wissen oder sogar beides angewandt (Duit 1993). Ziel von Physikunterricht sollte es sein, Schülerinnen und Schülern korrekte Konzepte bereitzustellen, die sie von sich aus annehmen und in möglichst vielen Situationen für weitere Überlegungen und Erklärungen verwenden.

2.2 Conceptual Change

In ihrem Überblicksartikel zeigen Aufschnaiter und Rogge (2015), dass Forschung zu Conceptual Change bereits seit über 50 Jahren passiert. In dieser Zeit haben unter anderem Strike und Posner (1982), Vosniadou (2008) und diSessa (2006) verschiedene Zugänge und Theorien dazu entwickelt. Conceptual Change beschreibt den Vorgang, bei dem Schülerinnen

und Schüler ihre nicht wissenschaftlichen Vorstellungen verändern und hin zu verbesserten und wissenschaftlich korrekten Konzepten entwickeln sollen (Aufschnaiter und Rogge 2015). Während Duit und Treagust (2003) unter Conceptual Change eine fundamentale Umstrukturierung der Schülervorstellungen verstehen, verwendet diSessa (2006) eine etwas weniger strikte Definition von Conceptual Change. Für ihn ist bereits die Entwicklung neuer Ideen in Zusammenhang mit den alten Konzepten eine Form dieses Prozesses. Oft wird genau dieser Unterschied auch durch die Bezeichnungen „schwache“ oder „starke“ Wissensumstrukturierung oder „schwacher“ oder „starker“ Conceptual Change ausgedrückt (Strike und Posner 1982; Duit und Treagust 2003).

2.2.1 Bedingungen für Conceptual Change

Nach Strike und Posner (1982) müssen ganz bestimmte fundamentale Voraussetzungen gegeben sein, damit dieser Prozess überhaupt in Gang gesetzt wird. Zu allererst müssen die Schülerinnen und Schüler mit ihren bestehenden Ideen und Konzepten unzufrieden sein, da sie zum Beispiel damit auf Widersprüche stoßen oder da diese Konzepte für manche Probleme nicht mehr funktionieren. Ist dies passiert, muss ein neues Konzept gefunden werden, welches für die Schülerinnen und Schüler

- klar und fasslich (intelligible)
- glaubwürdig und einleuchtend (plausible)
- und schließlich auch noch besser und universeller anwendbar (fruitful)

ist (Strike und Posner 1982). Auch Duit und Treagust (2003) verlangen zuerst die Unzufriedenheit der Lernenden mit bestehenden Konzepten und anschließend diesen dreistufigen Aufbau des verbesserten Folgekonzepts. Vorausgesetzt Schülerinnen und Schüler zweifeln an ihren bestehenden Konzepten und ein neues Konzept wird zum Beispiel im Unterricht von der Lehrerin oder vom Lehrer präsentiert und angeboten, so wird dieses auf die drei Eigenschaften geprüft. „Fasslich“ ist ein Konzept, wenn es von den Schülerinnen und Schülern verstanden wurde. Plausibel ist es, wenn es nicht nur verstanden sondern auch glaubwürdig erscheint und fruchtbringend ist es erst, wenn es auch für weiterführende Probleme Sinn macht, genau dieses neue Konzept anzuwenden. Wenn Conceptual Change nur auftritt, wenn tatsächlich alle oben genannten Bedingungen erfüllt sind, stellt sich außer dem die Frage ob Schülerinnen und Schüler selbst bestimmen und feststellen können, ob ihre Vorstellungen „intelligible“, „plausible“ oder sogar „fruitful“ sind (Hewson und Hennessey 1992). Diese

Fragestellung untersuchen Hewson und Hennessey (1992), indem sie einer zwölfjährigen Schülerin, Alma, die Einstufungen genau erklären. Um es für die Schülerin deutlicher zu machen, ergänzen sie die Beschreibungen. Ein Konzept ist „intelligible“, wenn man es mit eigenen Worten wiedergeben kann. Wenn man zusätzlich auch daran glaubt, dass das Konzept wirklich genau so funktioniert, dann ist ein Konzept „plausible“ und für „fruitful“ muss das Konzept dazu helfen, weitere Probleme zu lösen und auch andere Vorstellungen und Ideen auf neuen Wegen erklären zu können. Es muss einfach besser sein als alle anderen Erklärungen (Hewson und Hennessey 1992). Ergebnis dieser Studie ist, dass das Mädchen mit seinen zwölf Jahren durchaus mit den Begriffen arbeiten kann. Alma kann auch begründen, warum sie zu Beginn der Untersuchungen etwas anderes vermutete und warum ihr nun eine andere Erklärung zum Beschreiben von wirkenden Kräften als besser geeignet erscheint. Zu Beginn stuft Alma ihre falschen Erklärungen durchaus auch als „intelligible, plausible und fruitful“ ein, wenn auch nicht sehr überzeugt. Im Laufe der Studie sieht man jedoch sehr schön, wie sie ihr falsches Konzept falsifiziert, berichtigt und weiter entwickelt, zur besseren physikalischen Denkweise.

Sind also die Bedingungen erfüllt, kann Conceptual Change stattfinden (Duit und Treagust 2003). Garantie, dass er stattfindet, ist das allerdings nicht. Außerdem ist es nicht klar, ob tatsächlich alle Voraussetzungen erfüllt sein müssen oder ob einzelne Stufen ausgelassen werden können und trotzdem ein Conceptual Change auftreten kann, und in welcher Stärke dieser stattfindet. Ziel wäre natürlich, dass Conceptual Change so oft wie möglich und zwar hin zu physikalisch korrekten Denkweisen stattfindet. Physikunterricht soll eigenständig denkende Menschen hervorbringen, die physikalische Ansichten verstehen und erweitern können, ohne dabei wie im Kapitel Schülervorstellungen angesprochen komplett alltagsfern zu argumentieren.

2.2.2 Theorien zu Conceptual Change

Da Schülervorstellungen oft sehr gegensätzlich zu wissenschaftlich korrekten Betrachtungsweisen sind (Aufschnaiter und Rogge 2015) und Schülerinnen und Schüler an diesen tief verankerten Ideen oft vehement festhalten, sehen Duit und Treagust (2003) in Conceptual Change keinen Austausch dieser intuitiven Vorstellungen mit korrekten Konzepten. Vielmehr verlangen letztere einen kompletten Neuaufbau der Theorien, um den Schülerinnen und Schülern ein möglichst gutes Verständnis zu ermöglichen.

Vosniadou (2008) beschreibt einen Conceptual Change Prozess hingegen als schrittweise Annäherung an richtige Modelle. Als Beispiel nennt sie die Vorstellung von Kindern über unsere Erde. Kleinkinder stellen sich die Erde zuerst flach oder als Rechteck, mit starkem oben-unten Bezug (Himmel oben, wir unten), vor. Je älter sie werden, umso eher entwickeln sie ihre Vorstellung hin dazu, dass die Erde eben rund ist, und sich in einem weit komplexeren System mit den ganzen Himmelskörpern befindet. Vosniadou (2008) geht in ihrer *Framework Theorie* Annäherung von einem skelettartigen Aufbau und einer Vernetzung der einzelnen Vorstellungen und Konzepte bei Schülerinnen und Schülern aus. Genau wie es bei einem Skelett viele Knochen im Zusammenspiel braucht, um einem Menschen Bewegungen zu ermöglichen, entsteht eine Theorie erst, wenn mehrere funktionierende Modelle aktiviert und in Zusammenhang gebracht werden.

diSessa (2006) stellt dies in seiner *Knowledge in pieces* Theorie aus einer etwas anderen Perspektive dar. Er betrachtet die intuitiven Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern als Zusammensetzung von Hunderten bis Tausenden sehr kleinen Teilen von Theorien. Weshalb dafür kaum die Bezeichnung Theorie infrage kommt. Er führt den Begriff *p-prims* für diese Mikrotheorien ein. Eine Vorstellung zu einem Thema kann also in sehr viele *p-prims* zerlegt werden. Diese *p-prims* sind meist voneinander unabhängig aber sehr gut untereinander vernetzt. Außerdem bedeutet *p-prim* nicht, dass die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler falsch sein muss. *p-prims* können durchaus nützliche und richtige Ansätze beinhalten. Als Beispiel führt diSessa (2006) den balanceartigen Zustand bei einem senkrechten Wurf an, wo vom Steigflug in den Sinkflug übergegangen wird. Schülerinnen und Schüler könnten glauben, dass in diesem Moment, wo das Wurfgeschoss in der Luft zu schweben scheint, eine äquivalente Kraft der Schwerkraft entgegen nach oben wirkt, also ein Gleichgewicht zwischen den Kräften herrscht. Tatsächlich wirkt jedoch nur die Schwerkraft. Aber allein dieses Verständnis, dass in der Physik ein balanceartiger Zustand existiert, ist nicht partout falsch. Dieser Zustand, bekannt als Gleichgewichtszustand spielt in der Physik sogar sehr häufig eine wichtige Rolle. Ein Beispiel dazu wäre, wenn man eine schwere Kiste, die am Boden steht, verschieben will. Dazu muss man entweder durch ziehen oder schieben eine Kraft auf sie aufbringen. Zwischen Kiste und Boden herrscht Reibung. Solange die auf die Kiste aufgebrachte Kraft geringer ist als die Reibungskraft, wird sich die Kiste nicht bewegen. Selbst wenn die aufgebrachte Kraft gleich groß ist, zwischen den beiden Kräften also nun tatsächlich ein Gleichgewichtszustand besteht, wird sich die Kiste nicht bewegen. Erst wenn die aufgebracht Kraft den Betrag der Reibkraft überschreitet, wird sich die Kiste in Bewegung setzen. diSessa (2006) befindet dieses *p-prim*

zu balanceartigen Zuständen von Schülern und Schülerinnen für sinnvoll erweiterbar und nützlich. Er nimmt also etwas davon Abstand, dass man Conceptual Change nur durch Konfrontation mit Situationen, in denen die alten Konzepte nicht mehr funktionieren, herbeiführen kann. Allerdings muss man diese *p-prims* gezielt herauspicken und sie im richtigen Moment bei den richtigen physikalischen Anwendungsgebieten, im richtigen Kontext aktivieren.

Selbst diSessa (2008) räumt hinsichtlich der unterschiedlichen Betrachtungsweisen zu Conceptual Change ein, dass sie doch alle im Wesentlichen den gleichen Vorgang beschreiben wollen. Es stellt sich die Frage, ob nicht mittlerweile eine Diskussion zwischen halb voll und halb leer entstanden ist (diSessa 2008). Es wird von mehreren Personen derselbe Prozess beim Lernen beschrieben. Allerdings werden unterschiedliche Betrachtungsweisen verwendet und dementsprechend auch zu jeder Theorie ein eigenes Fachvokabular entwickelt, das sich aber teilweise sehr ähnlich ist. Als Beispiel hierzu seien Konzepte von Strike und Posner, *p-prims* von diSessa und *mental models* von Vosniadou genannt (Aufschnaiter und Rogge 2015). Alle drei Begriffe bezeichnen in der jeweiligen Theorie eine Idee oder einen Gedanken zu einem physikalischen Thema. Wobei hier zu erwähnen ist, dass *p-prim* und *mental model* von der Größe des Zusammenhanges und des Gedankens vermutlich noch etwas elementarer sind als ein Konzept.

In der Fachdidaktik gibt es verschiedene Strategien, um gezielt Konzepte von Schülerinnen und Schülern zu verändern. Angelehnt an diSessa (2006) ist die Anknüpfungsstrategie, welche sich richtige Konzepte von Schülerinnen und Schülern zu Nutze macht und auf diese gezielt aufbaut (Hopf 2009). Wichtig ist dabei, dass man an gezielt ausgewählte Vorstellungen anknüpft, welche dem physikalischen Verständnis bereits ähnlich sind oder nur wenig davon abweichen. Die Konfrontationsstrategie, welche sich stark auf die Bedingung stützt, dass Schüler und Schülerinnen zuerst mit ihren alten Vorstellungen unzufrieden sein müssen (Strike und Posner 1982) wird von (Hopf 2009) als etwas problematisch dargestellt. Angenommen man sammelt im Unterricht alle Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und vergleicht diese miteinander, so könnte während dieses Diskutierens bei einigen ein Begriffswechsel zu einer anderen falschen Schülervorstellung passieren. Versucht der Lehrer Probleme aufzuzeigen, bedeutet es außerdem noch lange nicht, dass die Schülerinnen und Schüler an diesem Konzept die gleichen Schwierigkeiten feststellen. Bei der Umdeutungsstrategie werden ähnlich zur Anknüpfungsstrategie vorhandene Schülervorstellungen auf einfache Art in eine richtige

Vorstellung gelenkt. Die Brückenstrategie versucht die Vorstellung zu komplexeren Konzepten mit kleinen Zwischenschritten und Hilfsvorstellungen in die richtige Richtung zu lenken.

Die Mehrheit der Strategien in Hopf (2009) geht also eher weg davon, Schülerinnen und Schüler mit Problemen ihrer Konzepte zu konfrontieren. Vielmehr wird empfohlen, die vorhandenen Vorstellungen in korrekte physikalische Sichtweisen weiter zu entwickeln.

In der für diese Arbeit durchgeführten Unterrichtsintervention wurden vermutlich keine Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern komplett durch wissenschaftlich korrekte Konzepte ersetzt. Das eine oder andere *p-prim* konnte aber vielleicht doch in eine richtige Richtung gelenkt werden. Es wird hier an diSessas *Knowledge in pieces* Theorie angeknüpft, da in der kurzen Zeit, die für diese Intervention vorhanden war, keine allzu großen und fundamentalen Veränderungen in den Denkweisen der Schülerinnen und Schülern erwartet werden können. Bedenkt man jedoch, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler gleich denken und verstehen, und sie dementsprechend auch auf unterschiedliche Art und Weise lernen, so erscheint Forschung zu Conceptual Change sowohl mit größeren Bausteinen als auch mit Details von einzelnen Kleinkonzepten wünschenswert, notwendig und legitim.

2.3 Cross-Age Peer Tutoring

Beim Peer Learning sollen Wissen und Fertigkeiten erworben werden, indem sich, zu einem bestimmten Thema nicht professionell ausgebildete Schülerinnen und Schüler aktiv gegenseitig dabei helfen, dieses Thema zu erarbeiten und einen besseren Einblick dafür zu bekommen (Topping 2005). Peer Tutoring ist neben kooperativem Lernen eine Form von Peer Learning, in der die Schülerinnen und Schüler klar definierte Rollen einnehmen. Zum einen gibt es Tutorinnen und Tutoren und zum anderen die Tutees. Erstere arbeiten sich in ein Thema oder einen Wissensbereich ein und versuchen schließlich, ihr Wissen an die ihnen zugeteilten Tutees weiter zu geben (Topping 2005). Beim Peer Tutoring arbeiten ungefähr gleichaltrige Schülerinnen und Schüler mit zirka dem gleichen Wissensstand zusammen. Im Gegensatz dazu bilden beim Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) Schülerinnen und Schüler unterschiedlichen Alters Paare oder Gruppen. Zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern liegt also ein gewisser Altersunterschied vor, da sie zum Beispiel aus unterschiedlichen Schulstufen sind und dementsprechend auch unterschiedlichen Wissensstand haben (Robinson et al. 2005).

2.3.1 CAPT damals und heute

Die Ursprünge von CAPT liegen im antiken Griechenland (Topping 1996). Auch in vielen anderen Kulturen wurde älteren Kindern die Verantwortung übertragen, jüngeren Kindern dabei zu helfen, überlebensnotwendige Fähigkeiten und Wissen zu erlangen, um später funktionierende Mitglieder in der Gemeinschaft zu werden (Fogarty und Wang 1982). Dieser Habitus war gar nicht nur auf Schule oder Lernsituationen beschränkt, sondern fand als ganz normaler Ablauf im Alltag statt.

Während der industriellen Revolution wurde CAPT eingesetzt, um den vorherrschenden Lehrermangel auszugleichen. Schülerinnen und Schüler aus höheren Klassen wurden als Tutoren für niedrigere Klassen herangezogen, ohne dies als gezielte Methode einzusetzen, sondern lediglich, um ausreichend Personal zu haben. Mit den Jahren wurde die Anzahl der professionell ausgebildeten Lehrkräfte jedoch größer und CAPT in der Form war nicht mehr weiter notwendig (Fogarty und Wang 1982).

Heutzutage wird CAPT in einem anderen Licht gesehen. Schülerinnen und Schüler müssen nicht mehr als Ersatz für eine Lehrperson funktionieren, jedoch gibt ihnen CAPT die Möglichkeit, eine aktive Rolle am Unterrichtsgeschehen einzunehmen (Fogarty und Wang 1982). Dadurch sind die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mehr involviert und mehr gefordert, aufmerksam dabei zu bleiben. Ein weiterer Faktor ist das aktive Gestalten des Unterrichts. Den Schülerinnen und Schülern bietet sich so die Möglichkeit, direkten Einfluss auf das Geschehen zu haben. Ein Abdriften und sich berieseln lassen wird vermieden. Das bedeutet nicht, dass CAPT die einzig wahre Unterrichtsform darstellt, es gibt auch viele weitere Methoden, die Schülerinnen und Schüler fordert und fördert. Zusätzlich wird die Lehrperson während des Tutorings freigespielt und kann gezielt eingreifen und unterstützend wirken. Der Aufwand eine CAPT-Einheit zu planen und durchzuführen ist relativ groß und darf nicht unerwähnt bleiben. Auch müssen entsprechende räumliche Gegebenheiten vorhanden sein um CAPT einzusetzen. Notwendige Rahmenbedingungen für einen gelingenden Unterricht mittels CAPT finden sich in dieser Arbeit in Kapitel 2.3.3.

2.3.2 Effekte von CAPT

Cohen, Kulik und Kulik (1982) untersuchen in einer Metastudie 65 weitere Studien zu CAPT. Dabei legen sie Wert darauf, dass in diesen Studien CAPT entweder in einer Volksschule oder einer Hauptschule durchgeführt wurde. Zusätzlich musste auch eine Kontrollgruppe, die nicht

am Tutoring beteiligt war, vorhanden sein, damit ein Vergleich gezogen werden kann (Cohen et al. 1982). Sowohl bei den Tutees als auch bei den Tutorinnen und Tutoren werden Ergebnisse in den Bereichen schulischer Erfolg und Wissen, Selbsteinschätzung und die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Fach betrachtet. Ein Großteil der 65 Studien bescheinigt den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern durchwegs ein besseres Abschneiden bei Tests beziehungsweise in den drei betrachteten Bereichen, auch wenn der Effekt bei der Selbsteinschätzung eher geringer ist, als bei der nicht am CAPT beteiligten Kontrollgruppe (Cohen et al. 1982).

Robinson et al. (2005) untersuchen mehrere Einzelstudien, die Peer Tutoring und Cross-Age Tutoring als Forschungsgebiet haben. Dabei legen sie verstärkt Augenmerk darauf, dass der Anwendungsbereich in der Mathematik liegt, und dass afroamerikanische Teilnehmer und Teilnehmerinnen an der jeweiligen Studie beteiligt sind. Ebenso wie Cohen et al. (1982) kommen auch Robinson et al. (2005) zu dem Schluss, dass Peer Tutoring und CAPT sehr positive Einflüsse auf die mathematischen Leistungen und die persönliche Einstellung der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler haben. Während Tutees vor allem einiges an Fachwissen dazu gewinnen, können Tutoren und Tutorinnen nicht nur ihr Fachwissen verbessern, sondern profitieren zusätzlich auch in anderen vor allem sozialen Bereichen. Man kann feststellen, dass sich die Einstellung gegenüber der Schule von Tutorinnen und Tutoren merklich verbessert. Außerdem wird ein vorbildlicheres Verhalten in der Schule an den Tag gelegt, „Time on Task“ wird gesteigert und es können bei Tutorinnen und Tutoren sogar Verbesserungen in anderen Gegenständen, die nicht in Zusammenhang mit dem Tutoring stehen, festgestellt werden (Robinson et al. 2005). Am allermeisten Effekt zeigt CAPT jedoch bei denjenigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern, die beide Rollen übernehmen dürfen (Robinson et al. 2005).

Einige dieser positiven Effekte von CAPT, die unter Einhaltung gewisser unten beschriebener Rahmenbedingungen sogar noch gesteigert werden können, lassen sich mit Hilfe der Rollentheorie erklären. Zum einen ist es für Schülerinnen und Schüler ein gutes Gefühl, die Rolle des Tutors innezuhaben. Diese ersetzt die Lehrkraft nicht, jedoch ist die Tutorenrolle viel näher an der Rolle der Lehrperson als an der Schülerrolle. Dieser Effekt scheint sich vor allem bei sogenannten Risikoschülerinnen und Risikoschülern bemerkbar zu machen. Zum anderen wollen Tutorinnen und Tutoren ihren Tutees zeigen, mit welcher Einstellung und welchem Verhalten man leichter ans Ziel kommt. Diese Vorbildwirkung verleitet die Tutorinnen und

Tutoren ein für die Schule und das Tutoring sehr adäquates Benehmen an den Tag zulegen (Robinson et al. 2005). Zusätzlich spielen auch zwischenmenschliche Beziehungen eine starke Rolle. Die entstehende freundschaftliche Beziehung zwischen Tutor oder Tutorin und Tutee und dadurch die Möglichkeit auf gleicher Ebene zu diskutieren – nicht auf Schüler/Schülerin – Lehrer/Lehrerin Basis – scheinen Teil des Erfolges von CAPT zu sein (Fogarty und Wang 1982). Lippit (1976) schreibt dazu, dass die Beziehung zwischen Freunden oder Freundinnen, die zwei bis vier Jahre Altersunterschied haben, eine weit weniger distanzierte Beziehung ist als zwischen Kindern und Erwachsenen. Die Kinder wissen viel genauer über deren momentane Lebenslage Bescheid und können sich viel leichter in die Situation des anderen hinein versetzen als dies Erwachsene könnten. All diese Punkte machen CAPT zu einer sehr interessanten Methode für den Einsatz im Unterricht, da sie eben nicht nur fachliches Vorankommen verspricht, sondern auch Verbesserungen im Zusammenleben im Schulalltag möglich macht.

Korner (2015) führte Untersuchungen zum Unterricht von Optik und Elektrizitätslehre mit CAPT durch. Ihre Ergebnisse bescheinigen der CAPT Methode in den beiden physikalischen Gebieten klare Wirksamkeit. Die Schülerinnen und Schüler haben nach den Interventionen bessere Vorstellungen zu den behandelten Themen. Anknüpfend an Korner (2015) erschließt sich auch das Forschungsfeld dieser Arbeit. Es stellt sich die Frage ob CAPT noch universeller anwendbar ist und auch in weiteren Gebieten der Physik anwendbar ist. In Anlehnung an die Dissertation von Korner (2015) ist es das Ziel dieser Diplomarbeit, zu untersuchen, ob die CAPT Methode auch zum Thema UV-Strahlung zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Daraus ergibt sich auch die Forschungsfrage, welche in Kapitel 4 genauer erläutert wird.

2.3.3 Rahmenbedingungen von CAPT

Viele Faktoren sind für das Gelingen eines erfolgreichen CAPT-Projektes notwendig und deshalb sollten bei der Vorbereitung einige wichtige Punkte beachtet und geplant werden.

Thema des Projektes

Es sollte klar sein, welches Thema behandelt wird, was man mit der Intervention erreichen will und wie der durchgenommene Stoff im Lehrplan verankert ist (Topping 2005).

Teilnehmer und Rollen

Es muss bedacht werden, wer von den Schülerinnen und Schülern beziehungsweise welche Klassen oder Schulstufen am CAPT-Projekt teilnehmen und in welchen Rollen sie agieren sollen (Topping 2005). Robinson et al. (2005) heben besonders hervor, dass Programme, in denen Schülerinnen und Schüler beide Rollen, sowohl Tutee, als auch Tutor oder Tutorin, einnehmen, verstärkt in Erwägung zu ziehen seien. Auf diese Weise profitieren die Teilnehmer und Teilnehmerinnen mehr, als wenn sie nur jeweils eine Rolle übernehmen (Robinson et al. 2005). Somit kämen auch weniger talentierte Schülerinnen und Schüler in die Rolle der Tutorin bzw. des Tutors, und damit in die Rolle der Wissenden. Sie kommen in die Situation, all ihr Wissen zusammen suchen zu müssen, zu wiederholen und wiederzugeben. Diese Rolle sollte ohnehin nicht nur für die Begabteren reserviert sein (Robinson et al. 2005).

Wer arbeitet zusammen

Des Weiteren empfiehlt es sich gleichgeschlechtliche Gruppen und Gruppen mit Schülerinnen und Schülern mit gleichem sozialen Hintergrund oder der gleichen Herkunft zusammen arbeiten zu lassen, da diese sich näher sind und ihre gegenseitigen Probleme besser verstehen können (Robinson et al. 2005).

Zahlenverhältnis Tutor zu Tutee(s)

Es muss zudem entschieden werden, ob zwei oder mehrere Tutoren oder Tutorinnen für eine Gruppe von Tutees zuständig sind, oder ob immer in Paaren gearbeitet wird, wobei dann je ein Tutor oder eine Tutorin pro Tutee eingesetzt wird (Topping 2005). Korner (2013) empfiehlt genau dieses eins zu eins Verhältnis zwischen Tutees und Tutoren und Tutorinnen.

Dauer

Die Dauer eines CAPT – Programmes sollte klar geregelt sein (Topping 2005), obwohl es eher eine geringe Rolle spielt, ob sie eher kurz oder doch länger ist. Bereits wenige Interventionen durch CAPT können gute Ergebnisse erzielen. Bei längeren Projekten – zum Beispiel über ganze Semester hinweg – besteht leichter die Gefahr, dass es von den Schülerinnen und Schülern als monoton empfunden wird (Robinson et al. 2005).

Material

Benötigte Materialien müssen vorhanden sein oder besorgt werden und eventuell Handouts mit Beschreibungen des gesamten Ablaufes sowohl für Tutees als auch für Tutoren oder Tutorinnen sollten bereitgestellt werden (Topping 2005).

Die angewendeten Methoden sollen auch gut durchdacht sein (Topping 2005). Predict-Observe-Explain – eine Methode, bei der Schülerinnen und Schüler gehalten sind, Abläufe oder Ergebnisse von Experimenten zuerst vorherzusagen, dann zu beobachten und schließlich zu erklären (siehe dazu auch Kapitel 2.4), eignet sich besonders gut in CAPT Projekten (Korner 2013).

Mentoring

Ein wesentlicher Punkt ist auch das sogenannte Mentoring, in dem die Tutoren und die Tutorinnen auf ihren Einsatz mit den Tutees vorbereitet werden. Es empfiehlt sich, bei der Planung einer CAPT Einheit eine Mentoringphase in den Ablauf einzubauen und ausreichend Zeit dafür einzuplanen (Topping 2005; Robinson et al. 2005; Fogarty und Wang 1982).

Wirksamkeit

Abschließend sollte natürlich, wie bei jedem anderen Unterricht auch, Qualitätssicherung passieren, eine entsprechende Bewertung für die Schülerinnen und Schüler gefunden werden und Raum zur Evaluierung und für Feedback gegeben werden (Topping 2005).

Berücksichtigt man möglichst viele dieser Rahmenbedingungen, so können sehr erfolgreiche Interventionen im Rahmen eines Cross-Age Peer Tutorings durchgeführt werden. Für die im Rahmen dieser Arbeit geplante Intervention wurde versucht, dass möglichst viele Rahmenbedingungen eingehalten werden. Je nach Ressourcen an den Schulen wurde die Intervention auch so durchgeführt, dass ein möglichst erfolgreiches Ergebnis erzielt werden konnte. Für detaillierte Informationen siehe dazu auch Kapitel 3.4.1.

2.4 Die Predict-Observe-Explain (POE) Methode

Erstmals erwähnt wurde die POE-Methode von White und Gunstone (1992). Besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht ist POE eine gut einsetzbare Methode da sie vor allem in Kombination mit Versuchen verwendet werden kann und die Schülerinnen und Schüler anregt mitzuarbeiten und sich eigene Überlegungen zu machen. POE besteht aus drei Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler.

2.4.1 Der Aufbau von POE

Die erste der drei Aufgaben ist, dass sie eine Vorhersage über ein Event treffen sollen (predict). Zusätzlich sollen sie ihre Vorhersage begründen, warum sie vermuten, dass das Event oder das

Ereignis genau auf die vermutete Art passieren wird. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Schülerinnen und Schüler die Situation, über die sie Vermutungen anstellen sollen, klar und eindeutig verstanden haben. Sie sollen auch die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen, falls ihnen irgendetwas unklar ist. Alle Schüler und Schülerinnen, nicht nur ein paar einzelne, sollen eine Vorhersage treffen und diese schriftlich festhalten. Auch die Begründung dieser Vorhersage muss protokolliert werden. White und Gunstone (1992) schreiben dazu, dass eine Vorhersage ohne festgehaltene Begründung ungefähr genauso sinnlos wäre wie ein Concept-Map bei dem man die Verbindungen ignoriert.

Als nächstes sollen die Schülerinnen und Schüler das Event beobachten (observe). Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind das häufig Experimente. Sie sollen sich dabei wirklich auf den Ablauf des Versuches konzentrieren können und es muss sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler gute Sicht haben und niemand das Ereignis verpasst, weil manche zum Beispiel noch ihre Begründung niederschreiben oder nachdenken. Das sofortige Aufschreiben dessen, was beobachtet wurde, ist unerlässlich. Wieder sollen dies alle Schülerinnen und Schüler, jeder für sich selber tun. Würden die Beobachtungen sofort in der Klasse besprochen werden, könnten einige Schülerinnen und Schüler ihre Meinung ändern, wenn sie hören, was die anderen behaupten beobachtet zu haben (White und Gunstone 1992).

Als dritten Schritt, sollen die Schülerinnen und Schüler versuchen zu erklären, was sie gesehen haben (explain). Auch diese Erklärungen sollten wieder schriftlich festgehalten werden. Anschließend empfehlen Cinici und Demir (2013), dass die Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen und Ergebnisse in Kleingruppen besprechen und je nach Bedarf verifizieren oder falsifizieren, bevor im Plenum die Endergebnisse der Gruppen präsentiert werden. Diese Präsentationen können nun auch gut von den Lehrpersonen geleitet werden und wenn nötig berichtigt werden.

2.4.2 Nutzen von POE

Durch dieses Vorhersagen und vor allem dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler begründen müssen, warum sie an diese Vorhersage glauben, ist es viel wahrscheinlicher, dass Schülerinnen und Schüler wirklich nachdenken und auf ihr vorhandenes Wissen zurückgreifen (White und Gunstone 1992). Aus diesen Aufzeichnungen vor und nach dem Versuch ist es für Lehrerinnen und Lehrer zusätzlich möglich, Aufschlüsse über die vorhandenen Konzepte und Schülervorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu bekommen. Gerade weil zuerst die

Konzepte belegt und anschließend hinterfragt werden müssen, kann die POE-Methode den Prozess eines Conceptual Change sehr gut unterstützen (Cinici und Demir 2013).

Palmer (1995) schreibt in seiner Studie, dass es nicht immer leicht ist, geeignete Events für die Gestaltung einer POE-Einheit zu finden und dass sich die Methode auch nicht unbedingt für jedes Thema eignet. Positiv bemerkt er dafür, dass man mit Kindern bereits ab einem sehr frühen Alter mit der POE-Methode arbeiten kann und sie auch dann wirkt, wenn nicht alles schriftlich sondern teilweise nur mündlich begründet und erklärt wird. Palmer (1995) empfiehlt POE für alle geeigneten Themen, weist aber darauf hin, dass es vor allem im naturwissenschaftlichen Bereich, da hier oft mit Versuchen gearbeitet wird, sehr viele Einsatzmöglichkeiten für die Methode gibt. Wichtig ist, dass das zu beobachtende Event dem Alter der Zielgruppe entsprechend und vor allem ansprechend gewählt wird.

In der geplanten Intervention wird aus den beschriebenen Gründen, dass POE gut mit Versuchen kombinierbar ist und Conceptual Change begünstigt, verstärkt mit dieser Methode gearbeitet. In mehreren Teilen der Intervention, in denen Experimente durchzuführen sind wird genau nach den drei Schritten Predict-Observe-Explain vorgegangen.

2.5 Die ultraviolette Strahlung

Ultravioletter Strahlung ist man unter normalen Bedingungen täglich ausgesetzt. Die UV-Strahlung hat auf den menschlichen Körper zum Teil sehr nützliche Wirkungen, ist aber auch nicht zur Gänze unbedenklich. Daher ist es unerlässlich, sich auch in der Schule mit dem Thema auseinander zu setzen. Hier wird ein kleiner Überblick gegeben, wie UV-Strahlung entdeckt wurde, wo sie in die Themen der Physik einzuordnen ist und wo sie zum Beispiel in der Technik eingesetzt werden kann. Wesentlich für die Schülerinnen und Schüler ist natürlich auch, welche Effekte UV-Strahlung auf den menschlichen Körper hat und wie man sich vor unangenehmen Folgen von zu großer UV-Strahlungsbelastung schützen kann. Außerdem wird auch ein kurzer Überblick über die bekannten Schülervorstellungen zum Thema UV-Strahlung gegeben.

2.5.1 Entdeckung der UV-Strahlung

Im Jahre 1800 entdeckte Friedrich Wilhelm Herschel die Infrarot Strahlung. Er untersuchte das Farbspektrum von Licht und stellte fest, dass die Erwärmung an unterschiedlichen Stellen des Farbspektrums vom blauen zum roten Licht stetig zunimmt. Die maximale Erwärmung wird sogar erst etwas über dem roten Bereich, wo eigentlich kein Licht mehr zu sehen ist, erreicht.

Das Spektrum von Sonnenlicht hört also nicht nach dem Roten auf sondern es gibt auch darüber hinaus noch etwas Unsichtbares aber Nachweisbares – die Infrarotstrahlung. In gleicher Manier vermutete Johann Wilhelm Ritter etwas später, dass das Sonnenlichtspektrum auch in die andere Richtung zu erweitern sein müsse (Mascia und Tausch). 1801 gelang ihm schließlich das zu beweisen. Dazu bestrich Johann Wilhelm Ritter einen Papierstreifen mit frischem Hornsilber und bestrahlte den Streifen mit dem Spektrum vom Sonnenlicht. Frisch bereitetes Hornsilber ist weiß, verfärbt sich jedoch unter Bestrahlung mit Sonnenlicht und wird schwarz. Der Papierstreifen blieb im roten Bereich nahezu weiß und die Schwärzung nahm von grün bis violett stetig zu. Die maximale Verfärbung am Streifen befand sich jedoch etwas unterhalb des sichtbaren violetten Lichts – die ultraviolette Strahlung war nachgewiesen (Ritter 1968).

2.5.2 Herkunft von UV-Strahlung

Die größte und wichtigste UV-Strahlungsquelle ist die Sonne. Sie sendet nicht nur das sichtbare Licht zur Erde. Von ihr kommt das gesamte elektromagnetische Spektrum, eben unter anderem auch Infrarot und UV-Strahlung. Auch die Sterne zählen zu den Objekten, die UV-Strahlung aussenden, da sie ja ebenfalls Sonnen sind. Mit bestimmten Lampen kann UV-Strahlung auch künstlich erzeugt werden. Diese finden Anwendungen bei Solarien oder UV-Taschenlampen sowie in technischen Geräten. Der beim Schweißprozess entstehende Lichtbogen sendet UV-Strahlung aus. Bei physikalischen Phänomenen wie Blitzen oder Nordlichtern entsteht sie auch.

Brose et al. (2005) beschreiben zwei Arten wie UV-Strahlung entstehen kann. Zum einen entsteht UV-Strahlung durch thermische Anregung von Elektronen bei extrem hohen Temperaturen. Dies ist zum Beispiel bei der Sonne und bei Blitzen der Fall. Zum anderen entsteht sie durch Elektronenstoßreaktionen in dampf- oder gasartigen Substanzen wie zum Beispiel im Solarium in den Röhren oder bei den Nordlichtern. Beim Schweißprozess wird UV-Strahlung sogar auf beide Arten erzeugt also sowohl durch thermische Anregung als auch durch Elektronenstoßreaktionen.

2.5.3 UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum

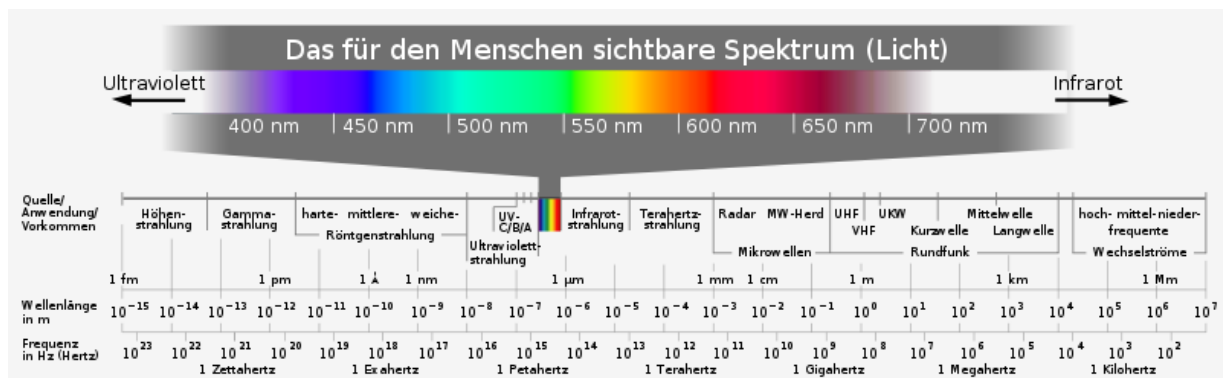


Abbildung 1: Das elektromagnetische Spektrum im Überblick

Das elektromagnetische Spektrum gliedert sich in mehrere Bereiche. Einer davon ist die ultraviolette Strahlung. Sie befindet sich im Spektrum zwischen der Röntgenstrahlung und dem sichtbaren Licht (siehe Abbildung 1). Eingeteilt werden die verschiedenen Strahlungsarten des elektromagnetischen Spektrums nach der Frequenz oder häufiger nach der Wellenlänge, wobei die beiden Größen, die Wellenlänge λ und die Frequenz ν über die Lichtgeschwindigkeit c in Relation stehen.

$$\lambda \cdot \nu = c$$

Je nach Wellenlänge hat elektromagnetische Strahlung unterschiedliche Eigenschaften. In einem bestimmten Wellenlängenbereich ist sie zum Beispiel in Form von verschiedenfarbigem Licht sichtbar. Ein weiteres Beispiel für unterschiedliches Verhalten von Strahlung mit unterschiedlicher Wellenlänge ist, dass Röntgenstrahlung (sehr kleine Wellenlängen) manche Stoffe einfach durchdringt, wobei sichtbares Licht von den gleichen Stoffen komplett absorbiert würde (Tipler und Mosca 2009).

Die genaue Abgrenzung der UV-Strahlung im elektromagnetischen Spektrum ist in der Literatur mit kleineren Unterschieden zu finden. Siehe dazu auch Tabelle 1. In Physik Fachbüchern wie Tipler und Mosca (2009) und Gerthsen und Meschede (2006) geht die UV-Strahlung von 10 - 400nm. Kuchling (2007) setzt den Bereich von 10 - 390nm fest, Niedrig und Eichler (2004) von 1 - 380nm und Hänsel und Neumann (1993) gar nur von 14 - 360nm. In weiteren Artikeln zur UV-Strahlung wie Elsner et al. (2007) oder dem Global Solar Index ist der Bereich der UV Strahlung mit 100 - 400nm definiert und Mang und Krutmann (2003) schränken sie sogar nur auf 200 - 400nm ein. Dementsprechend unterschiedlich beginnt in den

verschiedenen Werken auch der Bereich des sichtbaren Lichts bei 360, 380, 390 oder 400nm. Für diese Arbeit wurde der Bereich von 10 - 380nm festgelegt und angenommen, dass UV-Strahlung nicht sichtbar ist. Blaues Licht hat also streng genommen nichts mit UV-Strahlung zu tun. Zusätzlich wurde beschlossen, im Zusammenhang mit UV ausschließlich von Strahlung zu sprechen. Im Gegensatz zu Giancoli und Eibl (2010), die sowohl von UV- und Infrarotstrahlung als auch von ultraviolettem und infrarotem Licht sprechen, wird hier lediglich der sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung als Licht bezeichnet. Bei allen anderen Wellenlängen wurde der Begriff Strahlung verwendet um Missverständnissen vorzubeugen.

	UV	Absorption durch Ozon	Sichtbares Licht
Kuchling (2007)	10-390		390-770
Gerthsen und Meschede (2006)	10-400	Unter 350	400-700
Hänsel und Neumann (1993)	14-360		360-780
Tipler und Mosca (2009)	10-400		400-780 700-780 nur unter bestimmten Bedingungen
Niedrig und Eichler (2004) (Niedrig und Eichler)	1-380	Unter 280	380-780 Oft rund: 400-800
Mang und Krutmann (2003)	200-400	Unter 285	400-800
Elsner et al. (2007)	100-400		400-800
Köpke et al. (2004)	100-400		
Rehfuess (2002)	100-400		

Tabelle 1: Übersicht über die Wellenlängenbereiche von UV – Strahlung und sichtbarem Licht (alle Werte in nm)

2.5.4 Unterteilung von UV-Strahlung

Wie schon bei der Abgrenzung der UV-Strahlung zu anderen Strahlungsarten ist auch die Einteilung innerhalb der UV-Strahlung nicht immer exakt gleich. Häufig wird in UV-A, UV-B und UV-C unterteilt. Zusätzlich wird manchmal noch Vakuum UV, extremes Vakuum UV und Quarz UV erwähnt (Elsner et al. 2007; Gerthsen und Meschede 2006; Niedrig und Eichler 2004). UV-A, der langwelligste und energieärmste Bereich, beginnt bei einer Wellenlänge von 315nm bis zu 400nm hin zum sichtbaren Licht. UV-B geht von 280 - 315nm und UV-C, der energiereichste und kurzwelligste Teil, reicht von 100 – 280nm (Köpke et al. 2004). Tabelle 2 liefert dazu eine gute Übersicht.

	UV-A	UV-B	UV-C
Niedrig und Eichler (2004)	315-380	280-315	200-280
Mang und Krutmann (2003)	320-400	290-320	200-290
Elsner et al. (2007)	320-400	280-320	200-280
Köpke et al. (2004)	315-400	280-315	100-280
Rehfuess (2002)	315-400	280-315	100-280

Tabelle 2: Einteilung von UV-Strahlung in UV-A, UV-B und UV-C (alle Werte in nm)

Niedrig und Eichler (2004) begründen die Grenzen zwischen den einzelnen UV-Strahlungsabschnitten anhand bestimmter Phänomene. Die Grenze zwischen UV-C und UV-B bei 280nm ist zum Beispiel genau der Punkt ab dem UV-Strahlung von der Ozonschicht absorbiert wird.

2.5.5 Wirkung auf den Menschen und Anwendungen von UV-Strahlung

Da UV-Strahlung von der Sonne ausgesendet wird, sind wir Menschen jeden Tag mit UV-Strahlung konfrontiert. Aus diesem Grund ist es nützlich zu wissen, was UV-Strahlung bei uns bewirkt. Obwohl sehr viele eine negative Einstellung gegenüber der UV Strahlung haben, hat sie nicht nur negative Seiten, sondern auch einige sehr wichtige und hilfreiche Eigenschaften.

UV-A Strahlen sind verantwortlich für die Hautalterung, Hautbräunung, können das Immunsystem schwächen und sind vermutlich auch krebserregend (Köpke et al. 2004; Mang und Krutmann 2003). Bei zu großer Belastung der Haut mit UV-B Strahlung äußert sich dies in einem Sonnenbrand. Außerdem verursacht UV-B Strahlung bei Langzeiteinwirkung Hautkrebs oder Vorstufen dazu (Köpke et al. 2004; Elsner et al. 2007; Mang und Krutmann 2003). Die Wirkung von UV-C Strahlung, ist ähnlich der von UV-B-Strahlung jedoch um einiges intensiver. UV-C und ein Großteil der UV-B-Strahlung wird vom Ozon absorbiert (siehe unten und Tabelle 1). Auch beim Auge kann zu viel UV-Strahlung enorme Schäden anrichten. Es kann zu Entzündungen, Sehschwächen und Sehfehlern wie Schneeblindheit führen (Rehfuess 2002).

In geringen Dosen ist UV-Strahlung aber auch sehr nützlich. Zum einen ist UV-Strahlung für den Körper notwendig um Vitamin D zu erzeugen (Rehfuess 2002; Gerthsen und Meschede 2006). Zum anderen kann sie bei Rachitis oder verschiedenen Hautkrankheiten wie Schuppenflechte und Hautausschlägen medizinisch kontrolliert eingesetzt werden um diese zu lindern (Rehfuess 2002). UV-Strahlung ist photochemisch aktiv und kann Bakterien abtöten. Bei längerer Einwirkung tötet sie sogar alle lebenden Zellen (Gerthsen und Meschede 2006). Diese Eigenschaft macht man sich bei der Desinfektion des Wiener Wassers zu nutze. Außerdem wird UV-Strahlung beim Zahnarzt oder im Nagelstudio eingesetzt, um die verwendeten Materialien auszuhärten. Des Weiteren ist UV-Strahlung oftmals als „Schwarzlicht“ in Diskotheken eingesetzt. Sie erzeugt den Effekt, dass weiße Stoffe durch Fluoreszenz zu leuchten beginnen. Grund dafür ist nicht der Stoff an sich, sondern der nach dem Waschen in ihnen verbliebenen Weißmacher des Waschmittels. Dabei wird von den Weißmacherresten unsichtbare UV-Strahlung absorbiert, umgewandelt und im sichtbaren Bereich wieder emittiert.

2.5.6 Schutz vor UV-Strahlung und der Einfluss der Ozonschicht

UV-Strahlung ist also in geringen Dosen, wie wir sie täglich normalbekleidet draußen (im Sommer mehr, im Winter weniger) abbekommen, gut für uns, in zu hohen Dosen, wie sie etwa im Solarium oder in der prallen Sonne am Strand vorhanden ist, aber schädlich. Deshalb ist Schutz vor zu viel UV-Belastung unerlässlich. Ein großer Anteil der UV-Strahlung, die von der Sonne zur Erde kommt wird bereits in der Atmosphäre von der Ozonschicht absorbiert und daran gehindert zur Erdoberfläche durchzudringen. Hauptsächlich sind das die Anteile des UV-C Bereichs und 90 % der UV-B Strahlung (Rehfuess 2002). Aber auch hier gehen die Literaturwerte etwas auseinander. Während bei Gerthsen und Meschede (2006) alles unter 350nm absorbiert wird, gilt das bei (Niedrig und Eichler 2004) erst ab Wellenlängen unter 280nm beziehungsweise bei Mang und Krutmann (2003) ab 285nm (siehe Tabelle 1).

Nichtsdestotrotz ist es notwendig, sich vor den Teilen der UV-Strahlung, die nicht von der Ozonschicht abgefangen werden, zu schützen. Zu allererst sollte man direkte Sonneneinstrahlung meiden. Durch Tragen geeigneter Kleidung mit möglichst dicht gewebtem Stoff gelingt es auch ganz gut, sich vor übermäßiger UV-Belastung zu schützen. Auch Kopfbedeckung darf dabei nicht vergessen werden (Mang und Krutmann 2003; Elsner et al. 2007). Lichtschutzmittel mit geeignetem Lichtschutzfaktor bieten auch sehr guten Schutz. Diese meist cremeartigen Lichtschutzmittel funktionieren entweder mit chemischen Filtern,

welche die UV-Strahlung absorbieren oder mit physikalischen Filtern, welche die UV-Strahlung reflektieren und streuen (Mang und Krutmann 2003). Beim Baden und Schnorcheln sollte man nach Mang und Krutmann (2003) auch keinesfalls auf guten Sonnenschutz verzichten, da Wasser einen Großteil der UV-Strahlung in geringe Tiefen durchlässt. Die Augen kann man mit Sonnenbrillen schützen (UV Index). Nach ÖNORM 1836 müssen in Österreich alle am Markt erhältlichen Sonnenbrillen ausreichend UV-Schutz bieten. Eine Sonnenbrille ohne UV-Schutz wäre insofern fatal, da sich durch die Abdunkelung die Pupille weitert und somit umso mehr UV-Strahlung ins Auge gelangen würde.

2.5.7 Schülervorstellungen und Wissen zu UV-Strahlung

Neumann und Hopf (2011) untersuchen die Assoziationen von Schülerinnen und Schülern zum Thema Strahlung an Wiener Schulen. Dabei wählen sie 4. bis 6. Klassen aus, da diese noch nicht im Unterricht mit dem Thema Strahlung konfrontiert wurden. Das Schlagwort Strahlung wurde an die Tafel geschrieben und anschließend sollten die Schülerinnen und Schüler Zeichnungen dazu anfertigen mit allem möglichen was ihnen dazu einfiele. Über 50% der Schülerinnen und Schüler zeichnen die Sonne. Weitere auftretende Bilder waren jene von künstlichen Lichtquellen, Handys, Radioaktivität und Bildschirme. Diese werden mit dem Thema Strahlung in Verbindung gebracht, wobei hierbei die Häufigkeit schon bei jeweils unter 15% lag. Ohne direkt damit konfrontiert worden zu sein, kommen Schülerinnen und Schüler also nicht auf die Idee, verschiedene Strahlungsarten wie ultraviolette, infrarote Strahlung oder Röntgenstrahlung zu nennen. Je jünger die Schülerinnen und Schüler umso weniger wird überhaupt unsichtbare Strahlung in Betracht gezogen.

Rego und Peralta (2006) stellen fest, dass das Wissen von portugiesischen Schülerinnen und Schülern zum Thema Strahlung mangelhaft ist, auch wenn dies nicht bei allen Details wie zum Beispiel dem Unterschied zwischen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung überraschend ist. Immerhin identifizieren über 70% der 7 - 10 Jährigen und nahezu 90% der 10-12 jährigen ultraviolett als Strahlungsart. Genaue Unterschiede zwischen einzelnen Strahlungsarten sind jedoch schon wieder sehr wenig bekannt.

In einer Untersuchung in den USA zu UV-Strahlung an der 283 Schülerinnen und Schüler teilnahmen, kommt heraus, dass viele Schülerinnen und Schüler darüber Bescheid wissen, dass UV-Strahlung von der Sonne kommt (obwohl dies durch die Fragestellung fast vorgegeben war), fast alle denken jedoch, dass die Sonne die einzige UV-Strahlungsquelle sei. Um UV-

Strahlung zu beschreiben, verwenden viele Schülerinnen und Schüler Worte wie, Licht, helles Licht, starkes Licht, sehr violett, eine Farbe wie rotes, blaues oder violettes Licht oder schädliche Strahlen. Ungefähr 30% assoziieren UV-Strahlung auch mit Sonnenbrand und Hautkrebs. Lediglich 9,5% beschreiben UV-Strahlung als unsichtbar (Libarkin et al. 2011).

Auch Langer (2015) stellt in ihrer Diplomarbeit über Schülervorstellung zur UV-Strahlung fest, dass bei Schülerinnen und Schülern kaum andere Quellen für UV-Strahlung als die Sonne bekannt sind. Dafür ist vielen sehr wohl bewusst, dass es sich bei UV-Strahlung um unsichtbare Strahlung handelt. Dass UV-Strahlung in großen Dosen schädlich sein kann, ist vielen Schülerinnen und Schülern klar, obwohl der Zusammenhang mit Hautschäden und Hautkrebs nicht bei allen bekannt ist. Über für den Menschen gute und notwendige Effekte von UV-Strahlung wissen die Schülerinnen und Schüler kaum Bescheid. Noch eher ist geläufig, dass UV-Strahlung in manchen technischen Anwendungen nützlich ist. Zum Thema Sonnenschutz ist vielen Schülerinnen und Schülern Sonnencreme bekannt. Dass geeignete Kleidung sogar noch besser schützen kann, ist weniger verbreitet. Schülerinnen und Schüler vermuten, dass man im Schatten einen Sonnenbrand bekommen kann, bezweifeln dies jedoch, wenn man sich hinter einer Glasscheibe befindet. Was etwas bedenklich ist, ist, dass viele Schülerinnen und Schüler der Meinung sind, eine schlechte Sonnenbrille schütze immer noch besser als keine.

3 Methode

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise zur vorliegenden Forschungsarbeit geschildert. Es wurde eine Unterrichtsintervention entwickelt und ausprobiert. Beschrieben werden nun, was mit dieser Intervention erreicht werden soll, wie sich die Intervention aufbaut und wie die Intervention ausgetestet und untersucht wurde. In diesem Zusammenhang wird auch auf die angewendete Methode der qualitativen Inhaltsanalyse eingegangen.

3.1 Rahmenbedingungen und Zielformulierung

Im Rahmen eines Projektpraktikums an der Universität Wien beschäftigten sich zwei Studentinnen und zwei Studenten gezielt mit dem Thema UV-Strahlung. Es sollte eine Unterrichtssequenz für die vierte und achte Klasse Gymnasium erarbeitet werden, welche mit Cross-Age Peer Tutoring durchgeführt werden kann. Dabei sollten die Studentinnen und

Studenten die Rolle der Tutorinnen und Tutoren für die 8. Klassen übernehmen und in einem weiteren Schritt die 8. Klassen ihr erarbeitetes Wissen an Schülerinnen und Schüler in 4. Klassen weitergeben. Als Grundlage wurde angenommen, dass alle Teilnehmer bisher einen lehrplankonformen Physikunterricht erhalten haben. In einer intensiven Arbeitswoche wurden viele Themenbereiche, die zur UV-Strahlung zugeordnet werden können, recherchiert. Darunter waren die Unterteilung von UV-Strahlung in UV-A, UV-B und UV-C, Sichtbarkeit von UV-Strahlung, Gefahren von UV-Strahlung, der Zusammenhang mit der Ozonschicht, Schutz vor UV-Strahlung, Nutzen von UV-Strahlung sowie technische und medizinische Anwendungen, UV-Quellen, Besonderheiten von UV-Strahlung wie zum Beispiel Fluoreszenz und einige mehr. Mit all diesem Wissen wählten die Studentinnen und Studenten einige Punkte aus, die sie mit der Intervention genauer behandeln wollten. Dabei wurde nach eigenem Vorwissen und Interesse sowie auch nach vorhandenen Ideen und Materialien, wie die Teilgebiete behandelt werden könnten, entschieden. Schließlich wurden folgende Ziele für die Intervention formuliert:

- Die Schülerinnen und Schüler kennen das elektromagnetische Spektrum und können UV-Strahlung dort einordnen.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass UV-Strahlung unsichtbar aber mit Hilfsmitteln nachweisbar ist.
- Die Schülerinnen und Schüler können verschiedene Quellen für UV-Strahlung nennen.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen über Nutzen und Gefahren von UV-Strahlung Bescheid.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen, wie man sich gegen UV-Strahlung schützen kann/ welche Materialien bzw. Gegenstände undurchlässig für UV-Strahlung sind.

Die obigen Ziele wurden bei der Erstellung der Intervention, des Materials und der Fragebögen berücksichtigt. Der genaue Aufbau der Intervention und der Fragebögen wird in den folgenden Abschnitten genauer erläutert.

In diesem Projektpraktikum lag der Fokus nicht ausschließlich auf UV-Strahlung. Es befassten sich weitere Teams von Studierenden mit Infrarot-, Mikrowellen-, und Röntgenstrahlung. Zu diesen Strahlungsarten wurden ebenfalls Interventionen entwickelt. Da alle vier Interventionen zu den vier Strahlungsarten auf die gleichen Grundlagen aufbauen, wurde beschlossen, dass vor den einzelnen Interventionen eine allgemeine Einführung zum Thema Strahlung erfolgen soll.

Dieser allgemeine Strahlungsteil wurde von Spezialisten und Spezialistinnen teamübergreifend zusammengestellt. Kernpunkte des allgemeinen Teils waren, dass sich alle Strahlungsarten im elektromagnetischen Spektrum befinden und über die Wellenlänge charakterisiert werden. Es wurde gesagt, dass Strahlung überall ist und jeder Körper Strahlung abgibt. Zusätzlich wurde in einer kurzen Beschreibung aller vier behandelten Strahlungsarten bereits hier erwähnt, dass sie alle unsichtbar sind.

Da in der Einführung zur Strahlung bereits das erste Ziel – die Einordnung von UV-Strahlung ins elektromagnetische Spektrum – erwähnt wurde, findet sich dieser Punkt weder in der Intervention noch in den Fragebögen zur UV-Strahlung noch einmal gesondert.

3.2 Aufbau der Intervention

Die Intervention besteht aus vier relativ abgeschlossenen Teilen. Im ersten Teil der Intervention werden UV-Strahlungsquellen behandelt. Im zweiten Teil soll anhand eines kleinen Experimentes demonstriert werden, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Teil drei der Intervention beschäftigt sich mit Wirkungen von UV-Strahlung auf den Körper sowie technische Anwendungsgebiete. Im vierten und letzten Teil wird wieder mit kleinen Versuchen geklärt, welche Materialien UV-Strahlung absorbieren oder filtern, wie man sich also vor übermäßiger UV-Strahlung im Alltag schützen kann.

Für die Tutees wurde zur Intervention ein Arbeitsheft entwickelt, in dem sie ihre Erkenntnisse festhalten können. Dazu wurde weiters ein Leitfaden für die Tutorinnen und Tutoren erstellt, mit dessen Hilfe sie leichter durch die Intervention führen können. Beide Unterlagen sind im Anhang B dieser Arbeit zum Verwenden für den Unterricht abgedruckt.

3.2.1 UV-Quellen

Hier geht es um die bekanntesten und die im Alltag am häufigsten vorkommenden UV-Strahlungsquellen. Die Schülerinnen und Schüler sollen herausfinden, welche Objekte und Phänomene UV-Strahlung aussenden oder bei welchen Prozessen UV-Strahlung entsteht. Dies geschieht mit Hilfe eines spielerischen Zuganges. Auf insgesamt 18 Kärtchen sind Motive und Gegenstände abgebildet. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Karten in zwei Gruppen trennen. Zum einen die UV-Quellen und zum anderen die „Nicht UV-Quellen“. Vom Tutor oder der Tutorin erfahren sie dann die Anzahl der richtig zugeordneten Karten. Anschließend dürfen sie die Kärtchen noch einmal umordnen und wieder den Tutor oder die Tutorin fragen,

wie viele Kärtchen denn nun richtig lägen. Dieser Prozess wiederholt sich so lange, bis alle Karten am richtigen Stapel liegen und somit die UV-Quellen gefunden sind.

UV-Quellen:

- Sonne
- Solarium
- Sterne
- Blitze
- Lichtbogen beim Schweißvorgang
- Polarlichter

Eine weitere UV-Quelle wäre eine UV-Taschenlampe. Da es aber etwas schwierig ist, auf einem Kärtchen den Unterschied zwischen einer UV-Taschenlampe und einer normalen Taschenlampe deutlich zu machen, wurde hier im ersten Teil der Intervention die UV-Taschenlampe weggelassen. Sie wird ohnehin in den weiteren Teilen verwendet, und es kann darauf hingewiesen werden, dass dies natürlich auch eine UV-Quelle sei. Sowohl die UV-Quellen als auch die „Nicht-UV-Quellen“ sind in Abbildung 2 dargestellt.

Bei den „Nicht UV-Quellen“ wurde darauf geachtet, dass möglichst viele Gegenstände dabei sind, bei denen die Schülerinnen und Schüler vermuten könnten, dass diese UV-Strahlungsquellen seien. Ziel ist es falsche Intuitionen anzusprechen wie zum Beispiel das strahlende Lächeln auf dem Kärtchen mit den Zähnen, und die Schülerinnen und Schüler dadurch zum Denken anzuregen.

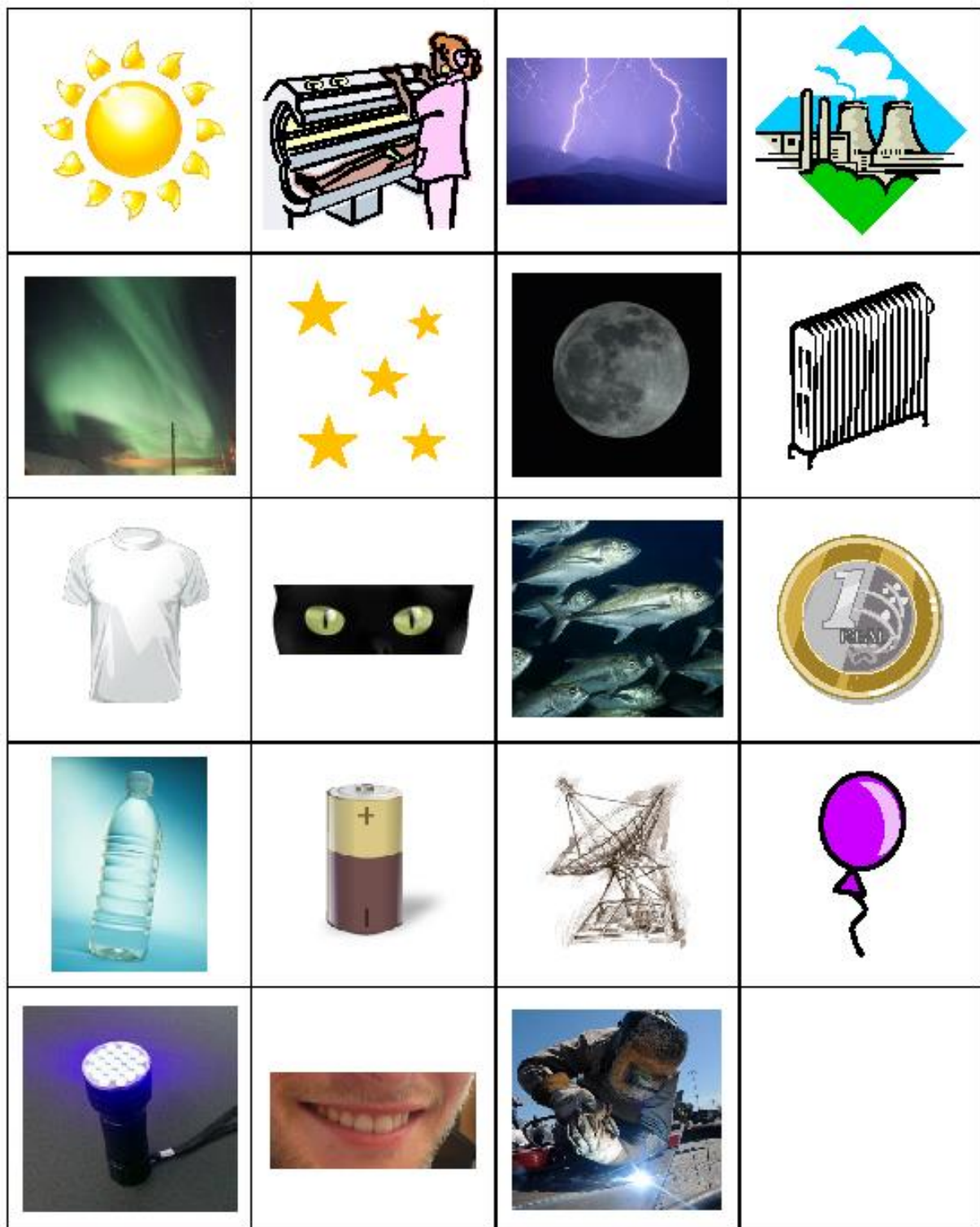


Abbildung 2: Kärtchen von UV-Quellen und nicht UV-Quellen

Nicht UV-Strahlungsquellen mit möglichen Gründen und Gedanken, warum Schülerinnen und Schüler doch glauben könnten, es handle sich um eine UV-Strahlungsquelle:

- Mond: Er reflektiert nur das Licht der Sonne, ist daher aber keine eigene UV-Quelle.
- Zähne: Oft hört man die Redewendung „ein strahlendes Lächeln“ und außerdem fluoreszieren Zähne unter UV-Strahlung.
- Weißes T-Shirt: Fluoresziert auch unter UV-Strahlung.
- Katzenaugen: Schülerinnen und Schüler glauben, dass sie im Dunkeln schillern und leuchten können (Libarkin et al. 2011).
- Fische: Ähnlicher Gedanke wie bei den Katzenaugen, manche Fische haben grelle Neon Farben und schillernde Schuppen.
- Heizkörper: Starke Verknüpfung mit Infrarotstrahlung
- Antenne: Empfängt Strahlen zum Beispiel zum Fernsehen oder Radio hören.
- Violetter Luftballon: Könnte wegen der Farbe verdächtigt werden UV-Strahlung auszusenden.
- Kraftwerk: Starke Verknüpfung mit Radioaktivität und Atomstrahlung.
- Münze: Kann zum Beispiel Sonnenlicht manchmal sehr gut reflektieren.
- Batterie: Über den Zusammenhang mit elektrischem Strom und Elektromagnetismus könnte vielleicht auch ein Zusammenhang mit UV-Strahlung vermutet werden.
- Wasser: Auch hier spielen die Reflexion von Licht und die manchmal schillernde Oberfläche von größeren Wasserflächen eine Rolle.

3.2.2 UV-Strahlung ist unsichtbar

Im zweiten Teil der Intervention geht es darum, den Schülerinnen und Schülern erkenntlich zu machen, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Da es nicht trivial ist, etwas Unsichtbares zu erkennen, gehört dieser Teil erfahrungsgemäß zu den schwierigsten der Intervention. Deshalb muss man sehr bedacht vorgehen. In der geplanten Intervention werden dazu eine normale UV-filternde Brille, keine Sonnenbrille, und die UV-Taschenlampe benötigt. Beim Umgang mit der UV-Taschenlampe sollten die Schülerinnen und Schüler unbedingt darauf hingewiesen werden, dass sie sich nicht direkt in die Augen leuchten dürfen. Auch die UV-Perlen¹ können hier zum

¹ UV-Perlen sind spezielle Perlen, die in der Intervention verwendet werden, die sich unter UV-Bestrahlung bunt einfärben. Es wird somit qualitativ gezeigt, ob UV-Strahlung auf die auftrifft oder nicht. Unter natürlichem Sonnenlicht verfärben sich die Perlen relativ rasch. Beziehbar sind solche Perlen zum Beispiel übers Internet.

Einsatz kommen. Sie dienen hier aber lediglich zum Nachweisen, dass die Brille tatsächlich keine UV-Strahlung durch lässt. Am besten demonstriert man das allerdings nach dem eigentlichen Versuch zur Unsichtbarkeit von UV-Strahlung.

Bevor das Experiment gestartet wird, werden die Schülerinnen und Schüler in Kenntnis gesetzt, wie der Ablauf des Experimentes ist und was dabei ihre Aufgaben sind. Zuerst wird mit der UV-Taschenlampe auf eine möglichst helle Oberfläche geleuchtet. Dieser Vorgang wird ein zweites Mal durchgeführt, mit dem Unterschied, dass diesmal durch die Brille auf dieselbe helle Oberfläche geleuchtet wird. Im Arbeitsheft befindet sich eine Seite, auf der die Schülerinnen und Schüler nach der POE Methode – wie von Korner (2013) für CAPT empfohlen – zuerst niederschreiben sollen, was sie in beiden Fällen (mit und ohne Brille) erwarten, bevor sie tatsächlich sehen, was passiert. Dann wird der Versuch durchgeführt, wobei die Tutees nun unter ihren Vermutungen ihre Beobachtungen hinschreiben. Sie sollten keinen sichtbaren Unterschied feststellen. Ohne Brille ist blaues Licht zu erkennen und auch durch die Brille sieht man blaues Licht. Da die Brille aber keine UV-Strahlung durchlässt, kann also dieses sichtbare blaue Licht keine UV-Strahlung sein. Da nichts zu erkennen ist, was von der Brille gefiltert wird, soll geschlussfolgert werden, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Wurde dies erkannt, so sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Feststellung im Arbeitsheft festhalten.

Falls einige der Schülerinnen und Schüler bezweifeln, dass die Brille tatsächlich UV-Strahlung filtert, schließlich ist ja im Versuch kein sichtbarer Unterschied zu erkennen, kann nun mit Hilfe der Perlen der Beweis angetreten werden, dass die Brille tatsächlich keine UV-Strahlung durchlässt. Unter direkter Bestrahlung mit der UV-Taschenlampe verfärben sich die Perlen, durch die Brille hindurch aber nicht. Die Brille filtert also tatsächlich etwas aus dem Licht der Taschenlampe heraus und das ist die UV-Strahlung. Würde man sofort die Perlen zum Versuch dazu nehmen, würde die Verfärbung der Perlen sehr von dem eigentlich nicht sichtbaren Unterschied, ob UV-Strahlung vorhanden ist oder nicht, ablenken. Die Schülerinnen und Schüler würden als Erkenntnis angeben, dass sich die Perlen mit Brille nicht verfärben. Es ist dann sehr schwierig die Schülerinnen und Schüler zur eigentlich gewollten Feststellung zu bringen, dass UV-Strahlung unsichtbar ist, man also nichts sieht.

3.2.3 Wirkungen und Anwendungen von UV-Strahlung

Dieser Teil der Intervention behandelt verschiedene Wirkungen und Anwendungen von UV-Strahlung. Eine gewisse Dosis an UV-Strahlung wird vom Körper benötigt, um Endorphine

ausschütten zu können, welche gegen Depressionen wirken. Außerdem produziert der Körper Vitamin D unter UV-Einfluss. Das passiert jedoch schon ab sehr geringen Mengen an UV-Strahlung die auf uns einwirkt. Es genügt also, normal bekleidet draußen zu sein, damit dieses Vitamin in ausreichender Menge vom Körper produziert wird. Zu viel UV-Strahlung kann auf der anderen Seite zu Sonnenbrand und Hautkrankheiten wie zum Beispiel Hautkrebs führen. Eine technische Anwendung, über die Schülerinnen und Schüler in diesem Teil in Kenntnis gesetzt werden, ist die Desinfektion von Wasser mit UV-Strahlung, die auch in Wien verwendet wird (<https://www.wien.gv.at/wienwasser/qualitaet/befund-hochquelle.html> [Zugriff: 12.12.2015]).

Die Aufgabe der Schüler und Schülerinnen ist es, einen kurzen Text zu lesen. Dann werden sie aufgefordert, mit zwei verschiedenen Farben zu kennzeichnen, welche Auswirkungen beziehungsweise Anwendungen sie als positiv oder negativ empfinden. Anschließend kommt ein Vorschlag von einem erfundenen Wissenschaftler, der eine Methode entwickelt hat, wie man die Erde permanent vor UV-Strahlung abschirmen könnte. Nun sollen die Schülerinnen und Schüler ihr eben erarbeitetes Wissen aus dem gelesenen Text nutzen und argumentieren, ob sie für oder gegen die Anwendung dieser Methode des Wissenschaftlers sind. Hier ist Spielraum zur Diskussion, da man natürlich gewisse Vorteile sehen kann, wenn die Welt permanent von UV-Strahlung abgeschirmt wäre. Andererseits benötigen wir sie ja auch. Es muss also abgewogen und schließlich möglichst gut und ausführlich begründet werden, warum man sich für oder gegen den Vorschlag ausspricht. Auf den Arbeitsblättern ist Platz für die schriftliche Begründung vorgesehen.

Da in diesem Teil nicht nur neues Wissen für die Schülerinnen und Schüler zur Verfügung gestellt wird, sondern auch zeitnaher Transfer dieses Wissens induziert wird, sollte ausreichend Zeit für Diskussion und Begründung der Entscheidung vorhanden sein. Die Schülerinnen und Schüler sind dadurch besonders gefordert eigenständig nachzudenken. Im Grunde gibt es hier kein eindeutiges Richtig oder Falsch. Umso mehr sollen die Schülerinnen und Schüler bestärkt werden, ihre Meinung zu äußern.

3.2.4 Schutz vor UV-Strahlung

Im vierten und letzten Teil der Intervention zur UV-Strahlung geht es darum, wie man sich vor UV-Strahlung erfolgreich schützen kann. Dazu ist eine Liste von Dingen gegeben. Zuerst sollen die Tutees nach der bereits bekannten POE Methode wieder eine Vermutung äußern, was vor

UV-Strahlung schützt und was sie denken, dass UV-Strahlung durchlässt. Dazu sind am Handout Spalten abgedruckt, in denen die Schülerinnen und Schüler lediglich ankreuzen müssen, welche Erwartung sie haben. Anschließend sollen die Vermutungen im Experiment überprüft werden. Mit den UV-Perlen als Detektoren für UV-Strahlung und der UV-Taschenlampe ausgerüstet werden die verschiedenen Gegenstände auf UV-Schutz untersucht. Hier werden nun die einzelnen Versuche kurz beschrieben.

Wasser:

Dazu füllt man Wasser in ein Glas oder einen Becher und taucht die Perlen unter. Man müsste vorher zeigen, dass der Behälter UV-Strahlen durchlässt oder man bestrahlt die Perlen eindeutig nur von oben durch das Wasser, sodass kein ergebnisverfälschendes Material im Weg ist. Die Perlen sollten sich verfärben. Es kann darauf hingewiesen werden, dass man im Sommer, beim Urlaub am Meer oder im Freibad, auch dann einen Sonnenbrand bekommen kann, wenn man beim Baden ganz unter Wasser ist.

Stoff:

Dazu war ein kleines Stück Jeansstoff in der Versuchsbox, welches über die Perlen gelegt wird. Nach Bestrahlung mit der UV-Taschenlampe, stellt man fest, Jeansstoff schützt. Wieder kann man die Verbindung zum Sommerurlaub bringen und hinweisen, dass ein T-Shirt die Sonnenbrandgefahr stark verringert. Allerdings ist Stoff nicht gleich Stoff. Sehr dünne oder grobmaschig produzierte Kleidungsstücke lassen natürlich dementsprechend UV-Strahlung durch.

Ins Haus gehen:

Ein kleines, aus einer Teepackung gebasteltes Haus kann über die Perlen gestellt werden und bestrahlt werden. Es schützt tatsächlich. Natürlich ist das nur der Beweis, dass Karton vor UV-Strahlung schützt, jedoch kann man jede Wand verwenden und wirklich zeigen, dass man im Haus vor UV-Strahlung geschützt ist.

Sonnenbrille 1&2:

In der Box befinden sich 2 Sonnenbrillen. Eine schützt vor UV-Strahlung, die andere nicht. Mit freiem Auge ist das aber nicht erkennbar. Je nach Verfügbarkeit von Sonnenbrillen, kann man billige Plastik Sonnenbrillen, die man am Straßenrand um 5 € kaufen kann und auch teurere Markensonnenbrillen verwenden. Da es gesetzlich vorgeschrieben ist, dass

Sonnenbrillen UV-Schutz bieten, ist es mittlerweile schwierig, nicht UV-filternde Sonnenbrillengläser zu bekommen. Am einfachsten ist es, beim Optiker nachzufragen, ob solche speziellen Brillen oder Gläser noch irgendwo aufzutreiben sind. Hier kann man erwähnen, dass es wegen der sich bei Dunkelheit weitenden Pupille umso wichtiger ist, dass Sonnenbrillen vor UV-Strahlung schützen. Bei Lese- oder Fernbrillen ohne Tönung ist es nicht zwingend notwendig, manche haben diesen Schutz aber trotzdem (wie bei der Brille aus Teil 2 der Intervention verlangt).

Sonnencreme:

Um zu zeigen, dass Sonnencreme wirkt, wird ein kleines Plastiksackerl eingecremt. Die Perlen werden hinein gegeben und das ganze Säckchen wird bestrahlt. Dieser Versuch ist etwas schwierig, da Sonnencreme von der Haut aufgenommen wird und von Plastik nicht. Deshalb besser nicht mit Sonnencreme sparen und ein eventuell nicht ganz zufriedenstellendes Ergebnis richtig stellen. Zuvor müsste man wieder zeigen, dass das Sackerl selbst die UV-Strahlen durchlässt.

Diese Liste an Gegenständen kann je nach Zeit und Interesse der Schülerinnen und Schüler ergänzt werden. Dazu sind in der Tabelle am Arbeitsblatt extra Zeilen vorhanden. Alle Ergebnisse sollen nun in die Spalte für danach eingetragen werden. Die Schülerinnen und Schüler können so sofort erkennen, wo sie richtig getippt haben und wo sie sich geirrt haben.

3.3 Beteiligte Schülerinnen und Schüler

Die Intervention zur UV-Strahlung wurde gemeinsam mit Interventionen zu Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung und Röntgenstrahlung an vier verschiedenen Gymnasien in Wien durchgeführt. Es nahmen 119 Schüler und Schülerinnen am Strahlungsprojekt teil. Davon waren aber jedoch nur folgende am Teilprojekt UV-Strahlung beteiligt.

- BRG 1 Lise Meitner (2 Schülerinnen / 2 Schüler)
- AHS Friesgasse (9 Schülerinnen / 1 Schüler)
- BRG Parhamerplatz (9 Schülerinnen / 1 Schüler)
- BRG Linzer Straße (2 Schülerinnen / 3 Schüler)

Insgesamt beschäftigten sich also 22 Schülerinnen und 7 Schüler mit der Intervention zur UV-Strahlung, aber nur 20 Schülerinnen und 6 Schüler waren zu allen Terminen anwesend. Nur deren Ergebnisse bei den Tests wurden für die Auswertung herangezogen.

Zusätzlich zu den Schülerinnen und Schülern, die die UV-Intervention mitmachten, gab es eine Kontrollgruppe, die sich nicht gezielt mit UV-Strahlung auseinander setzte. Die Kontrollgruppe bestand aus zufällig bestimmten Schülerinnen und Schülern der 8. Klassen, die jedoch die Intervention einer anderen Strahlungsart durchführen durften. Durch ein ausgeklügeltes System, wurden zu gleichen Teilen Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus den Gruppen Infrarot, Röntgen und Mikrowellen zur Kontrollgruppe für UV-Strahlung eingeteilt. Dementsprechend funktionierten auch die UV-Schülerinnen und Schüler als Teile der Kontrollgruppen der anderen Strahlungsarten. Dazu wurden sie per Zufall zu jeweils gleichen Teilen zu den Kontrollgruppen der anderen drei Strahlungsarten zugeteilt. Die Kontrollgruppe zur UV-Strahlung, bestehend aus Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Interventionen zu Röntgenstrahlung, Mikrowellen und Infrarotstrahlung, beantworteten dieselben Fragen im Prä- und Posttest. Dadurch kann ein Vergleich der Ergebnisse von der UV-intervenierten Gruppe und der nicht UV-intervenierten Gruppe angestellt werden.

3.4 Durchführung der Intervention

An den Schulen waren entsprechend der Anzahl der 8. Klassen auch ein oder zwei 4. Klassen beteiligt. Grundsätzlich war der Ablauf an allen vier Schulen ident. In zwei Doppelstunden wurde das gesamte geplante Programm durchgeführt.

Die erste Doppeleinheit diente dazu, die 8. Klassen in vier gleich große Gruppen zu teilen. Eine wurde dem Thema UV-Strahlung zugeteilt. Bevor die Interventionen durchgeführt wurden, fanden der Prätest und anschließend eine allgemeine Einführung zum Thema Strahlung statt. Danach fand der erste Teil des Cross-Age Peer Tutorings statt.

Der zweite Teil des Cross-Age Peer Tutoring fand an den Schulen ungefähr 2 bis 4 Wochen nach dem ersten Termin statt. Diesmal sollten die Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse ihr Wissen an Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse weitergeben. Vor der UV-Intervention wurden die Tutoren von den Studierenden im Mentoring darauf vorbereitet, wie sie in der nächsten Stunde mit den Tutees arbeiten sollten. Bei dieser Gelegenheit wurden auch die Knackpunkte noch einmal durchbesprochen. Während der Intervention beobachteten die Studierenden die Schülerinnen und Schüler und unterbrachen sie nicht. Im Anschluss an das Tutoring wurden die Zwischeninterviews geführt.

Sowohl im ersten, als auch im zweiten Teil des Tutorings wurde mit Diktaphonen aufgenommen, was in den Interventionen gesagt wurde, um eventuell auch später noch genauere Details rekonstruieren zu können.

Zirka ein Monat nach dem zweiten Termin wurden die Schülerinnen und Schüler der 8. Klassen gebeten den Posttest zu beantworten.

3.4.1 Rahmenbedingungen zu CAPT und deren Umsetzung für diese Arbeit

Thema des Projektes

Das Thema des Projektes war klar abgegrenzt. Im Allgemeinen ging es um das Thema elektromagnetische Strahlung. Im Detail wurde die UV-Strahlung behandelt. Im Physiklehrplan für die 7. Und 8. Klasse AHS Oberstufe sind dazu folgende Punkte konkret zu finden unter die man dieses Thema einordnen kann:

- „die bisher entwickelten methodischen und fachlichen Kompetenzen vertiefen und darüber hinaus Einblicke in die Theorieentwicklung und das Weltbild der modernen Physik gewinnen.“
- „verstärkt Querverbindungen mit anderen Bereichen knüpfen können“
- „den Einfluss der aktuellen Physik auf Gesellschaft und Arbeitswelt verstehen“
- „Licht als Überträger von Energie begreifen und über den Mechanismus der Absorption und Emission die Grundzüge der modernen Atomphysik (Spektren, Energieniveaus, Modell der Atomhülle, Heisenberg'sche Unschärferelation, Beugung und Interferenz von Quanten, statistische Deutung) verstehen“
- „mit Hilfe der Elektrodynamik Grundphänomene elektrischer und magnetischer Felder (Feldquellen, Induktionsprinzip, elektromagnetische Wellen, Licht, Polarisation, Beugung) erklären können und ihre Bedeutung in einfachen technischen Anwendungen verstehen sowie sicherheitsbewusstes Handeln mit elektrischen Anlagen entwickeln“
- „Einblicke in den Strahlungshaushalt der Erde gewinnen und Grundlagen der konventionellen und alternativen Energiebereitstellung erarbeiten“
- Einsichten in kernphysikalische Grundlagen (Aufbau und Stabilität der Kerne, ionisierende Strahlung, Energiequelle der Sonne, medizinische und technische

Anwendungen) gewinnen und die Problematik des Umgangs mit Quellen ionisierender Strahlung verstehen“

https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf [Zugriff: 12.12.2015]

Außerdem ist ein allgemeines Ziel von Physikunterricht, dass Schülerinnen und Schüler Vorgänge und Phänomene in der Natur „verstehend erleben“. Sie sollen also nicht nur darüber Bescheid wissen, sondern die physikalischen Themen vielmehr verstehen, hinterfragen und erklären.

Teilnehmerinnen, Teilnehmer und deren Rollen

Die zentrale Rolle in diesem Aufbau spielen die Schülerinnen und Schüler der 8. Klassen, da sie sowohl die Rolle des Tutees erleben dürfen und schließlich auch aktiv die Aufgaben der Tutorinnen und Tutoren übernehmen sollen. Im ersten Schritt dienen die Studentinnen und Studenten, die auch die Intervention entwickelt haben als Tutoren. Für den zweiten Schritt sind Schülerinnen und Schüler aus 4. Klassen die Tutees.

Wer arbeitet zusammen

Bei der Einteilung der Arbeitsgruppen wurde verstärkt darauf geachtet, dass gleichgeschlechtliche Teams entstehen. Durch die unterschiedliche Anzahl von Burschen und Mädchen in den 8. und 4. Klassen war dies jedoch nicht immer optimal möglich. Auch auf den sozialen Hintergrund konnte nicht gezielter eingegangen werden, da die Schülerinnen und Schüler fremd waren. Da alle teilnehmenden Schülerinnen und Schüler aus jeweils einer oder zwei Klassen desselben Wiener Gymnasiums stammen, wird angenommen, dass sie alle weitestgehend einen ähnlichen sozioökonomischen Hintergrund besitzen.

Zahlenverhältnis Tutor zu Tutees

Das empfohlene 1:1 Verhältnis konnte leider nicht an allen Schulen umgesetzt werden. Zum einen waren oft mehr Schülerinnen und Schüler aus den 4. Klassen als aus den 8. Klassen und die Studentinnen und Studenten waren ohnehin nur vier Personen. Außerdem waren die Materialien zum Durchführen der Versuche nur in vierfacher Ausführung vorhanden, weshalb wiederum größere Gruppen notwendig waren. Auch platzbedingt war es an manchen Schulen notwendig, eher in Gruppen zusammen zu arbeiten. Am ehesten konnte in den Schulen wie das

BRG Lise Meitner und das BRG Linzer Straße, wo nur jeweils eine 4. und 8. Klasse am Projekt beteiligt waren, das optimale 1:1 Verhältnis eingehalten werden.

Dauer

Die Dauer der Intervention war auch klar geregelt. Es war immer eine Doppeleinheit zur Verfügung. Da aber Organisation, Erklärung, Tests und Interviews auch in dieser Zeit untergebracht werden mussten, war für die eigentliche Intervention zur UV-Strahlung zirka eine 50 minütige Schulstunde eingeplant.

Material

Das Material zu den Versuchen wurde im Rahmen der Entwicklung der Intervention erstellt und war zum Zeitpunkt der Durchführung in vierfacher Ausführung vorhanden. Alle benötigten Utensilien waren in je einer Schuhschachtel zusammen gepackt. Der Inhalt der „UV-Boxen“ wurde den Schülerinnen und Schülern der 8. Klassen im ersten Teil genau erklärt und ihnen für den zweiten Abschnitt übergeben. Sie konnten frei damit hantieren und hatten uneingeschränkten Zugang zu allen Materialien.

Mentoring

Im Rahmen der zweiten Doppeleinheit war eine zirka 20 bis 30 minütige Mentoringphase eingeplant. Die Studentinnen und Studenten konnten noch einmal wiederholen, welche Momente besondere Achtsamkeit benötigen und einige wichtige Punkte wie Teil zwei der Intervention – die Unsichtbarkeit von UV-Strahlung – hervorheben. Es war noch Gelegenheit Fragen zu stellen und Unklarheiten auszuräumen. Zusätzlich wurde den Schülerinnen und Schülern der 8. Klasse Mut gemacht, und es wurde ihnen gesagt, dass sie Geduld haben sollen, falls ihre Tutees nicht sofort auf die richtigen Ideen und Antworten kommen. Mit gezielten Fragen und Hinweisen können sie den Tutees Tipps geben. Auf die richtige Lösung sollen die Tutees, auch wenn es mehr Zeit benötigt, dennoch von selber kommen. Sie sollte nicht von den Tutoren und Tutorinnen vorgegeben werden.

Wirksamkeit

Um die Wirksamkeit zu überprüfen, wurden vor und nach der Intervention ein Test mit den Schülerinnen und Schülern der 8. Klassen durchgeführt. Außerdem wurde in Interviews abgefragt, wie gut die Materialien und die Unterlagen hinsichtlich Verständlichkeit und Nützlichkeit für die Schülerinnen und Schüler waren und ob sie für das Erreichen der Ziele der Intervention sinnvoll waren.

3.5 Gestaltung der Fragebögen

Nachdem der grobe Ablauf der Intervention ungefähr klar war, wurden auch die Fragen entworfen, wie das Wissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer vorher und nachher überprüft werden sollte.

3.5.1 Der Prätest

Insgesamt besteht der Test zur UV-Strahlung aus 6 Fragen, die teilweise offen und teilweise mit Multiple Choice Elementen gestellt sind.

1.) Was trifft auf UV-Strahlung zu?

- ☐ UV-Strahlung ist immer sichtbar
- ☐ UV-Strahlung ist nur bei Dunkelheit sichtbar
- ☐ UV-Strahlung ist nie sichtbar

Diese Frage zielt ganz klar auf die Sichtbarkeit von UV-Strahlung ab. Es soll herausgefunden werden, ob die Schülerinnen und Schüler begriffen haben, dass man UV Strahlung nicht sehen kann, auch wenn sie mit gewissen Methoden nachweisbar ist.

2.) Was glaubst du – welche Farbe hat UV?

- ☐ Blau
- ☐ Violett
- ☐ Rot
- ☐ Neongelb
- ☐ keine

Hier geht es nochmal darum, ob die Schülerinnen und Schüler verstanden haben, dass UV-Strahlung unsichtbar ist, oder ob sie sich vielleicht doch vom Wort „ultraviolett“ oder von der Farbe des aus Diskotheken bekannten Schwarzlichts verwirren lassen. Außerdem wurde auch in der Intervention eine UV-Lampe verwendet, die neben der UV-Strahlung auch sichtbares blaues Licht ausstrahlt. Es soll getestet werden, ob die Schülerinnen und Schüler UV-Strahlung nicht mit sichtbarem Licht vermischen.

3.) *Welche Effekte von UV-Strahlung kennst du?*

An dieser Stelle soll das Wissen der Schülerinnen und Schüler sowohl zu Gefahren, die von UV-Strahlung ausgehen, wie zum Beispiel Krankheiten, aber auch nützliche Anwendungen von UV-Strahlung wie die Desinfizierung von Wasser oder Materialaushärtung überprüft werden. Diese Fragestellung lässt sowohl negative als auch positive Aspekte als Antwort zu. Daher kann diese Frage auch als Stimmungsbarometer gesehen werden, wie die Schülerinnen und Schüler UV-Strahlung gegenüber eingestellt sind.

4.) *Welche Gegenstände/ Materialien sind undurchlässig für UV-Strahlung?*

Mit dieser Frage wird untersucht, ob die Schülerinnen und Schüler verstanden haben, wie sie sich vor UV-Strahlung schützen können und allgemein wo UV-Strahlung durchkommt und wo nicht. Es wird wieder sehr offen gefragt, sodass über Häuserwände und Kleidung auch Materialien wie Holz genannt werden können, aber auch die Gläser einer Sonnenbrille oder Sonnencreme würden als Antwort passen. Ein besonderes Ziel wäre hier, dass die Schülerinnen und Schüler wissen, dass Wasser für UV-Strahlung durchlässig ist, dass sie deshalb auch im Meer oder im Pool nicht vor Sonnenbrand geschützt sind.

5.) *Wo glaubst du kann UV-Strahlung entstehen?*

Wünschenswert wäre, wenn die Schülerinnen und Schüler wissen, in welchen Situationen sie UV-Strahlung ausgesetzt sind und woher diese kommt. Sie sollen verschiedene UV-Strahlungsquellen benennen können.

6.) Angenommen es gäbe eine Creme, die deinen Körper für immer total gegen UV-Strahlung abschirmt. Würdest du diese Creme anwenden?

☐ Ja

☐ Nein

Warum? Warum nicht?

Diese Frage des Tests soll die Schülerinnen und Schüler noch einmal zum Nachdenken bringen. Sie müssen entscheiden, ob ein permanenter UV-Schutz Einfluss auf ihre Gesundheit und auf ihr Leben hätte. Sie sollen sich entweder dafür oder dagegen entscheiden und ihre Entscheidung entsprechend schriftlich begründen.

3.5.2 Der Posttest

Vom Aufbau her waren die ersten sechs Fragen von Prä- und Posttest exakt gleich. Es wurde allerdings beim Posttest eine siebte Frage zum Konzept von Farbe und Unsichtbarkeit hinzugefügt. Diese Frage stellte sich während der Auswertung des Prätests:

7.) Was bedeutet für dich unsichtbar?

Für sehr viele Schülerinnen und Schüler war es im Prätest kein Widerspruch, dass Dinge unsichtbar sein können, aber dennoch eine Farbe haben. Durch diese Frage sollte genauer hinterfragt werden, was Schüler und Schülerinnen unter Unsichtbarkeit verstehen.

3.5.3 Auswertung der Tests

Die ersten beiden Fragen wurden rein quantitativ ausgewertet, um so eine Änderung vom Konzept der Schülerinnen und Schüler zu UV-Strahlung und deren Unsichtbarkeit sowie deren Farbe darstellen zu können. Bei den offenen Fragen wurden die Antworten durchgesehen und nach der Qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (2008) in Kategorien zusammengefasst, um schließlich auch wieder quantitative Aussagen über die Änderung der Meinung und des Wissens von den Schülerinnen und Schülern zur UV-Strahlung treffen zu können.

Qualitative Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung

Qualitative Auswertungsmethoden stehen in keiner Weise als Konkurrenz zu quantitativen Methoden. Da sie meist nur bei geringeren Stichproben als sie bei quantitativen Auswertungen möglich sind, gemacht werden, sind sie als Ergänzung und Zusatzinformationen zu sehen, die keineswegs ersetzend betrachtet werden sollen. Es können jedoch oftmals spezifischere

Aussagen zu manchen Inhalten getroffen werden als es bei rein quantitativen Auswertungsmethoden möglich ist.

Die Grundlagen der qualitativen Inhaltsanalyse sind, dass genau bekannt ist, woher das untersuchte Material stammt und dass sich die Analytiker darüber klar sind, wie ihr Vorverständnis zu den Themen aussieht (Mayring 2008). Zusätzlich sollte beim Analysieren stets versucht werden, auf mehreren Ebenen zu interpretieren und zu verstehen und möglichst den Sinn so zu erfassen wie er vom Urheber des untersuchten Materials intendiert ist. Die untersuchten Texte waren die Antworten der Schülerinnen und Schüler in den Tests. Die Herkunft ist dementsprechend bekannt. Die Analyse führten die Studierenden durch, welche auch diese Intervention gestaltet haben. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Analytiker genau über die behandelten Inhalte Bescheid wissen und in welchem Rahmen sie erwähnt wurden, was die Interpretation mancher Antworten vereinfachte. Dennoch können manche Antworten in falsche Richtungen interpretiert worden sein. Die Studierenden waren zumindest stets bemüht, die schriftlichen Angaben der Schülerinnen und Schüler weitestgehend in deren Sinn zu deuten.

Induktive Kategorienbildung bedeutet, dass man sich das Material durchsieht und anschließend verallgemeinert und ähnliche Antworten zusammen gibt, bis sich so Kategorien bilden, die sich direkt aus dem Material ergeben (Mayring 2008). Diese Kategorien waren in dieser Arbeit zum Teil sehr vorhersehbar, da die Studierenden bereits wussten, was sie in den Interventionen durchgenommen haben. Andererseits entstanden dennoch manchmal Kategorien, die nicht ganz vorhersehbar waren. Die Analytiker waren allgemein und besonders bei scheinbar erwarteten Antworten bemüht, diese möglichst unvoreingenommen zu bewerten. Nachdem die Antworten der Schülerinnen und Schüler zu den Kategorien zusammen gefasst waren, wurde in weiteren Schritten die Zuordnung der Antworten zu den Kategorien von anderen Studierenden überprüft und validiert. Auch innerhalb der Grounded Theory gibt es diesen Prozess der Kategorienbildung. Er wird als offene Kodierung bezeichnet (Mayring 2008).

Mayring (2008) nennt in seinem Werk auch die Möglichkeit, Ergebnisse einer qualitativen Inhaltsanalyse anschließend quantitativ weiter zu verarbeiten. Genau dies wurde in dieser Arbeit auch durchgeführt.

3.6 Gestaltung der Zwischeninterviews

Nach der 2. Intervention wurden die Tutoren und Tutorinnen (8.Klassen) von den Studierenden um ein kurzes Interview gebeten. Ziel dieses Interviews war es, sowohl Schwierigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten zur Intervention zu finden, aber auch fest zu stellen, welche Fakten zum Thema UV-Strahlung für die Schülerinnen und Schüler besonders beeindruckend sind, welches Wissen sie weiter erzählen würden und was ihnen besonders gefallen hat. Als drittes Ziel der Interviews wurde aber auch wieder das Verständnis des Konzepts zu Farbe und Unsichtbarkeit von Schülerinnen und Schüler gesetzt und in einer eigenen Frage berücksichtigt.

Nicht jedem Schüler und jeder Schülerin wurden alle Fragen gestellt, sondern je nach Gefühl des Interviewers sowie nach den Inhalten des Gesprächs wurde spontan entschieden, welche Frage als nächstes kommt.

Die Leitfragen des Interviews:

- Was würdest du einer Freundin oder einem Freund über UV Strahlung erzählen?
- Welche Erkenntnis hat deine Tutees am meisten begeistert?
 - Warum?
- Wie hat sich deine Meinung zu UV Strahlung verändert?
- Was hat bei der Zusammenarbeit mit den Schülerinnen und Schülern der 4. Klassen gut funktioniert?
 - Was nicht?
- Wie ist es dir mit den Tutor-Unterlagen ergangen? Was hättest du noch gebraucht?
Was war zu viel?

4 Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung

In diesem Abschnitt wird nun dargelegt, aus welchem Grund diese Untersuchung durchgeführt wurde. Zusätzlich wird ein Einblick darüber gegeben, wie die Interventionen an den Schulen abgelaufen sind. Diese Einblicke, die Ergebnisse der Tests und die Interviews bilden die Grundlage für die abschließenden Folgerungen. Diese sind im Punkt Ergebnisse und Interpretation ausführlich dokumentiert.

4.1 Motivation – warum diese Forschungsfrage

Cross-Age Peer Tutoring ist in vielerlei Hinsicht gut erforscht und erprobt. Vor allem aber im Bereich der Mathematik stellten Robinson et al. (2005) eine gute Wirksamkeit dieser Methode fest. Deshalb beschäftigte sich Korner (2015) gezielt mit der Untersuchung von Cross-Age Peer Tutoring in Physik und untersuchte dessen Wirkung zu den Themen Elektrizitätslehre und Optik. Auch sie stellt lernförderliche Ergebnisse fest. Anknüpfend an das Themengebiet der Optik ergibt sich die erste Frage, die zur zentralen Rolle dieser Arbeit wurde.

- 1.) Kann Cross-Age Peer Tutoring auch in anderen Bereichen der Physik angewendet werden, im Speziellen hier im Bereich von einer nicht sichtbaren Strahlung – der UV-Strahlung?

Konkreter stellten sich dann noch diese weiteren Fragen, die im Rahmen dieser Arbeit behandelt wurden.

- 2.) Können den Schülerinnen und Schülern mit CAPT einige Fakten und Aspekte zum Thema UV-Strahlung näher gebracht werden?

Augenmerk wurde dabei vor allem auf gesundheitliche Aspekte und Schutz vor UV-Strahlung gelegt, sowie die allgemeine Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber der UV-Strahlung. Laut Langer (2015) ist den Schülerinnen und Schülern bewusst, dass zu viel UV-Strahlung schädlich ist. Positive Wirkungen von UV-Strahlungen auf den Menschen sind jedoch eher unbekannt.

- 3.) Ist es daher möglich dieses negative Bild von der UV-Strahlung bei den Schülern und Schülerinnen etwas zu relativieren?
- 4.) Kann man die Schülerinnen und Schüler etwas auf ihre alltägliche Konfrontation mit UV-Strahlung sensibilisieren?

4.2 Die Schülerinnen- und Schülergruppen

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Schülerinnen und Schüler besuchten zum Zeitpunkt der Intervention alle eine 8. Klasse an einer Wiener AHS. Insgesamt wurde die UV-Intervention an vier Gymnasien in insgesamt sechs 8. Klassen durchgeführt. Die Klassen wurden jeweils in 4 Gruppen eingeteilt und jeweils eine Gruppe beschäftigte sich mit einer Strahlungsart (Infrarot,

Mikrowellen, Röntgen und Ultraviolett). Durch die zufällige Zusammensetzung der Klassen und die zufällige Zuteilung zu den Strahlungsarten ergab sich eine eindeutige Überzahl an Schülerinnen in der UV-Gruppe.

Nun werden einige Beobachtungen zu den Abläufen während der Interventionen an den Schulen geschildert. Da meist mehrere Kleingruppen zeitgleich die Intervention durchmachten, konnten nicht alle Schülerinnen und Schüler im Detail beobachtet werden. Zum einen geben diese Beschreibungen der Schultermine einen kleinen Einblick in das Geschehen während der Interventionen, und zum anderen kann durch manche Aussagen oder das Vorgehen der Schülerinnen und Schüler auf Schwierigkeiten in den Teilen der Intervention sowie auf Verbesserungsmöglichkeiten geschlossen werden.

BRG 1 Lise Meitner:

Termin 1:

Der Schüler beschäftigte sich bereits im Rahmen seiner vorwissenschaftlichen Arbeit, die er für die Matura verfassen musste, mit UV-Strahlung. Er hatte daher schon einiges an Vorwissen und wusste sämtliche Fakten zur UV-Strahlung bereits vor der Intervention. Bei einer Aufzählung der Eigenschaften von UV-Strahlung fehlte lediglich die Unsichtbarkeit, was aber nach einem kleinen Hinweis sofort ergänzt wurde, da der Schüler diese Eigenschaft von UV-Strahlung als selbstverständlich angenommen hat. Er war außerdem in der Lage, die geforderten Aufgaben in der Intervention problemlos und prompt zu erledigen. Seine Formulierungen zu den gestellten Fragen waren kurz, knapp und korrekt. Er zeigte auch sehr großes Interesse an den anderen Interventionen zu den anderen Strahlungsarten.

Eine Schülerin, die von einer anderen Studierenden betreut wurde, war etwas schwieriger davon zu überzeugen, dass UV-Strahlung unsichtbar sei und beharrte fest darauf, dass UV-Strahlung blau sei.

Termin 2:

Vom Ablauf her waren bei diesem Termin eine Vielzahl der Rahmenbedingungen für ein gutes CAPT erfüllt. Es konnte ein 1:1 Verhältnis zwischen Tutor oder Tutorin und Tutee erreicht werden und es war ausreichend Platz, dass niemand beim Arbeiten gestört wurde.

Am schwierigsten war der Versuch zur Unsichtbarkeit der UV-Strahlung, da die Tutees erst mit einigen Hinweisen zur gewünschten Antwort hingeführt werden konnten.

AHS Friesgasse:

Termin 1:

Aufgrund der großen Anzahl an zu betreuenden Schülerinnen und Schüler wurden hier nochmals Kleingruppen gebildet. In einer Gruppe waren drei Mädchen, von denen eine gleich behauptete, sie habe keine Ahnung von Physik. Auch die anderen beiden stimmten ihr zu und aus diesem Grund wollten sie eher die Fakten präsentiert bekommen, anstatt sie selbst heraus zu finden. Nachdem mit der Intervention begonnen wurde und das Material präsentiert wurde, arbeiteten die drei sehr fleißig und interessiert an den Aufgabenstellungen. Auch hier war die Unsichtbarkeit von UV-Strahlung für die Schülerinnen und Schüler etwas schwieriger festzustellen.

Termin 2:

Drei Schülerinnen und Schüler der 8. Klassen führten die Intervention mit insgesamt vier Schülerinnen und Schülern aus der 4. Klasse durch. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass ein Schüler der 8. Klasse beim ersten Termin nicht anwesend war, aber dennoch mitmachen wollte. Er erhielt alle Unterlagen und nahm am Mentoring teil, in dem nochmal die wichtigsten Punkte der Intervention besprochen wurden. Leider übernahm genau dieser Schüler im Anschluss die Führung der Gruppe, obwohl er die einzelnen Teile der Intervention gar nicht genau kannte. Er war oft etwas ungeduldig, setzte die Schülerinnen und Schüler der 4. Klassen manchmal unter Druck und verriet die Lösungen zu den Aufgaben relativ schnell, ohne die Tutees selber nachdenken zu lassen.

Einer der Tutees saß während der gesamten Intervention etwas abseits von den restlichen Tutees, arbeitete kaum mit und war sehr unmotiviert, wenn er aufgefordert wurde mitzumachen. Dieser behauptete auch nach der Intervention, dass er gar nichts Neues gelernt habe.

BRG Parhamerplatz:

Termin 1:

Auch hier waren drei Mädchen in einer Kleingruppe zusammen. Zwei davon waren sehr bemüht in der Durchführung der Aufgaben, die dritte stand der neuen Situation etwas kritisch gegenüber. Letztere wollte auch trotz POE-Aufbaus der Aufgaben, bei dem die Vermutungen der Schülerinnen erwünscht sind, auch wenn sie nicht richtig sein müssen, ihren Arbeitszettel nicht ausfüllen, bevor nicht vom Tutor die Bestätigung der Korrektheit kam. Bei den Quellen gingen die drei sehr strukturiert vor, sie hatten jedoch die Fische und die Katze in Verdacht UV-Strahlung auszusenden. Auch der Mond wurde als UV-Quelle eingestuft. Wiederum war der Teil, in dem die Unsichtbarkeit festgestellt werden sollte der Schwierigste. Die Schülerinnen stellten zwar fest, dass nichts passiert, aber konnten nicht weiter schließen, dass gerade weil nichts zu passieren scheint, UV-Strahlung unsichtbar sein muss.

Termin 2:

Bei Teil 2 der Intervention waren wieder genau die 3 Schülerinnen in einem Team, wobei sich die etwas schwierigere Schülerin diesmal komplett heraus nahm und die beiden Klassenkolleginnen mit den Tutees arbeiten ließ. Diese beiden waren sehr bemüht und konzentriert und versuchten, das beim ersten Termin gelernte Wissen wiederzugeben und zu vermitteln. Hier war zwar ein 1:1 Verhältnis gegeben, es wurde jedoch 3:3 beziehungsweise 2:3 zusammengearbeitet. Dies wurde von den beobachtenden Studierenden zugelassen, da es in diesem Fall gar kein Problem war und sehr gut und fokussiert zusammen am Thema UV-Strahlung gearbeitet wurde.

BRG Linzer Straße:

Termin 1:

Auch hier verfasste einer der Schüler seine vorwissenschaftliche Arbeit zum Thema UV-Strahlung. Dieser hatte in seinen Recherchen gelesen, dass sich violettes Licht und UV-Strahlung zu 5% überschneiden und vermutete deshalb bei den Quellen, dass der violette Luftballon UV-Strahlung aussendet. Je nach Literatur sind die Übergänge zwischen den einzelnen Bereichen der UV-Strahlung und des sichtbaren Lichtes ja tatsächlich unterschiedlich exakt definiert (siehe Kapitel zur UV-Strahlung). Dennoch wurden die Aufgabenstellungen sehr konzentriert bearbeitet und gut gelöst.

Termin 2:

Der VWA-Schüler übernahm einen Schüler der 4. Klasse und die anderen beiden Schüler der 8. Klasse arbeiteten zusammen mit zwei Schülern aus der 4. Auch hier funktionierte die Zusammenarbeit sehr reibungslos und zielgerichtet. Die beiden waren vor allem bei der Unsichtbarkeit sehr geduldig und führten ihre Tutees mit sachten Hinweisen zur gesuchten Eigenschaft hin. Der VWA-Schüler übergab den Teil mit der Unsichtbarkeit zuerst relativ rasch, ohne seinem Tutee diesen Fakt zu präsentieren, holte dies aber am Ende der Intervention nach.

4.3 Ergebnisse und Interpretation

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Interpretationen zu den von den Schülerinnen und Schülern gegebenen Antworten bei Prä- und Posttest präsentiert. Dabei werden sowohl die UV-Gruppe als auch die Kontrollgruppe einzeln betrachtet und anschließend miteinander verglichen. Unterschiede des Wissens der Schüler und Schülerinnen vor und nach der Intervention wird herausgearbeitet und auch dokumentiert. Maßgeblich für diese Arbeit sind natürlich hauptsächlich die Ergebnisse der UV-Gruppe. Die Ergebnisse der Kontrollgruppe dienen lediglich als Referenzwerte.

Bei der UV-Gruppe werden die Tests Prä- und Posttest genannt. Bei der Kontrollgruppe, die die Intervention zur UV-Strahlung nicht durchmachte, wird vom ersten und zweiten Test gesprochen, da eine Bezeichnung als Prä- oder Posttest nicht zutreffend wäre. Die jeweiligen Tests waren aber für UV-Gruppe und Kontrollgruppe komplett ident.

4.3.1 Sichtbarkeit von UV-Strahlung

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

22 von 26 Schülerinnen und Schüler kreuzen bei dieser Frage richtig an. Sie sind der Meinung, dass UV-Strahlung nie sichtbar ist. Weitere vier vermuten, dass UV-Strahlung bei Dunkelheit sichtbar wäre. Keiner der Schülerinnen und Schüler vermutet, dass UV-Strahlung immer sichtbar sei. Prozentuell gesehen kreuzen bereits vor der Intervention 85% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer korrekt.

Kontrollgruppe:

Bei der Kontrollgruppe ist das Ergebnis zu Frage 1 relativ ähnlich zur intervenierten Gruppe. 20 von 25 Schülerinnen und Schüler liegen mit ihrer Antwort richtig, dass UV-Strahlung nie sichtbar sei. Fünf weitere kreuzen an, dass man UV-Strahlung bei Dunkelheit sehen könne und niemand behauptet, dass sie sowieso sichtbar sei. Eine Schülerin wurde aus der Wertung ausgenommen, da sie zur Frage dazu schrieb, dass UV-Strahlung manchmal sichtbar wäre. Eine klare Zuordnung zu immer, bei Dunkelheit oder nie sichtbar war nicht eindeutig möglich. Es gaben also demnach bei der Kontrollgruppe 80% bereits vor der Intervention die richtige Antwort.

Es lässt sich also vor der Intervention kein wesentlicher Unterschied zwischen Kontrollgruppe und UV-Gruppe erkennen.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

Beim Posttest kreuzen 24 von 26 Schülerinnen und Schüler an, dass UV-Strahlung nie sichtbar ist. Lediglich jeweils eine Schülerin oder ein Schüler kreuzen an, dass UV- Strahlung immer oder nur bei Dunkelheit sichtbar sei. Insgesamt beantworten also 92% der Schülerinnen und Schüler die Frage nach der Sichtbarkeit korrekt.

Kontrollgruppe:

Bei der Kontrollgruppe werden beim zweiten Test 23 Kreuze an der richtigen Position gemacht und auch jeweils ein Kreuz bei den beiden anderen Antwortmöglichkeiten. Auch hier liegen also 92% der Schülerinnen und Schüler richtig.

Auch nach der Intervention lässt sich bei dieser Frage kein gravierender Unterschied erkennen.

Interpretation:

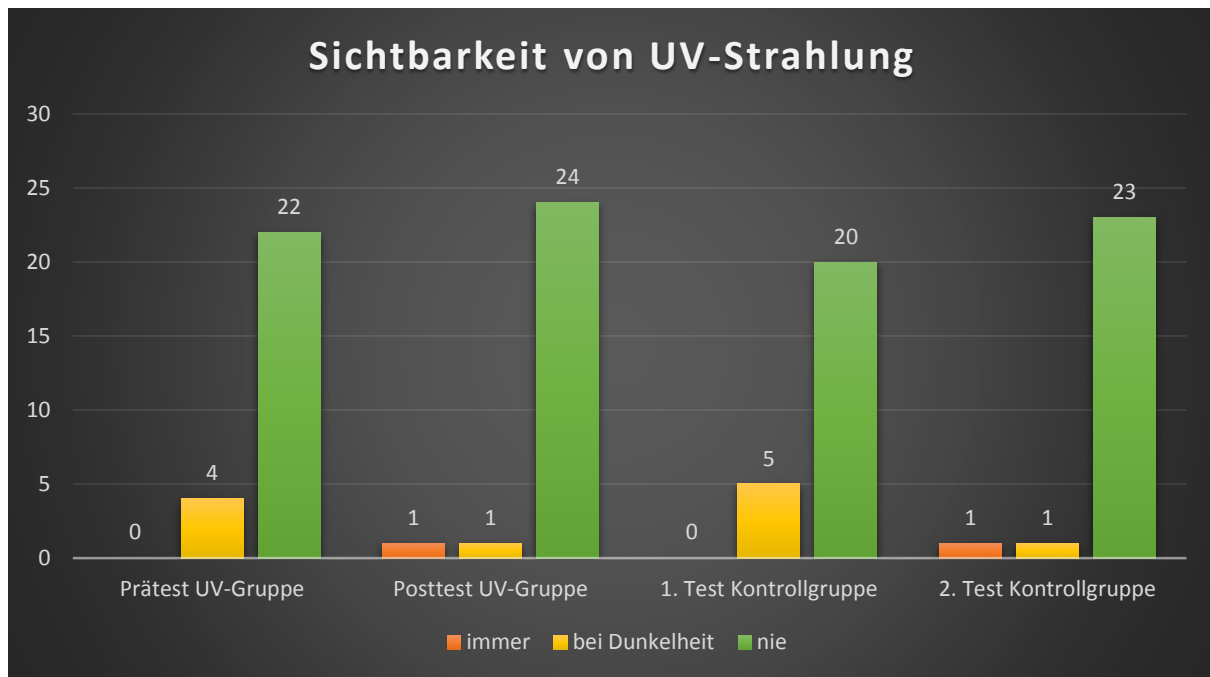


Abbildung 3: Antworten der Schülerinnen und Schüler auf die Frage zur Sichtbarkeit von UV-Strahlung

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, wissen bereits vor der Intervention sehr viele der Schülerinnen und Schüler, dass UV-Strahlung nicht sichtbar ist. 21 von den 22, die im Prätest richtig geantwortet haben, tun dies auch im Posttest. Zusätzlich geben drei weitere Schülerinnen und Schüler, die zuvor glaubten, dass UV-Strahlung bei Dunkelheit sichtbar sei, beim Posttest die richtige Antwort. Nach der Intervention wissen also 24 Schülerinnen und Schüler, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Das ist ein Anstieg an richtigen Antworten von 85% auf 92%. Bei der Kontrollgruppe ist die Situation relativ ähnlich zu der, der UV-Gruppe. Auch hier wird die Anzahl an richtigen Antworten etwas verbessert. Es kann also eine leichte Verbesserung des Wissens der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden. In Zusammenhang mit der nächsten Frage wird die Verbesserung noch klarer sichtbar.

Dass auch die Kontrollgruppe bei dieser Frage eine ähnlich gute Verbesserung bei den Ergebnissen im zweiten Test hat, lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass in der allgemeinen Einführung zu den Strahlungsarten deutlich erwähnt wurde, dass sowohl Röntgenstrahlung als auch UV-Strahlung, Infrarotstrahlung und Mikrowellen unsichtbar sind. Zusätzlich beschäftigte sich jeder Schüler und jede Schülerin mit einer der anderen drei

Strahlungsarten intensiver. Auch in den anderen Interventionen wurden Fakten präsentiert und Versuche durchgeführt. Es ist gut möglich dass so von einer Strahlungsart auf andere Strahlungsarten geschlossen wurde.

4.3.2 Farbe von UV-Strahlung

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

Bei der Frage zur Farbe von UV-Strahlung vermuten neun von 26 Schülerinnen und Schüler, dass UV-Strahlung keine Farbe hat. Vier antworten mit blau und 13 tippen auf eine violette Farbe von UV-Strahlung. Es sind hier nur 35% der Schülerinnen und Schüler, die mit ihrer Antwort richtig liegen.

Kontrollgruppe:

Bei der Kontrollgruppe mussten wieder einige Schülerinnen und Schüler aus der Wertung ausgenommen werden. Eine Schülerin kreuzte sowohl violett als auch keine an, eine andere Schülerin kreuzte zwar violett an, ergänzte jedoch, dass wir dieses violett nicht sehen würden. Diese Bemerkung zeigt bereits einen gewissen Widerspruch auf, nämlich, dass unsichtbare Dinge laut Schülerinnen und Schülern dennoch eine Farbe haben können. Dieser Kommentar der Schülerin war einer der Auslöser, weshalb beim Posttest die zusätzliche Frage zum Konzept von Unsichtbarkeit gestellt wurde. Eine weitere Schülerin kreuzte sowohl blau, als auch violett an und wieder eine andere ergänzte die Farbe zu ultraviolett.

Unter den eindeutig zuordenbaren Antworten geben vier von 22 Schülern und Schülerinnen an, dass UV-Strahlung keine Farbe hat, einer tippt auf blau und 17 glauben, dass UV-Strahlung violett sei. Hier liegen also 17% der Schülerinnen und Schüler richtig.

Auch hier ist vor der Intervention nur ein relativ geringer Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen auszumachen. Nur wenige der Schülerinnen und Schüler beantworten diese Frage korrekt.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

Nach der UV-Intervention kreuzen 23 von 26 Schülerinnen und Schülern an, dass UV Strahlung keine Farbe hat, zwei denken, sie sei violett und ein Schüler oder eine Schülerin gibt an, dass sie blau sei. Es sind nun 88% der Befragten, die auf diese Frage richtig antworten.

Kontrollgruppe:

Die Kontrollgruppe weist ein anderes Antwortverhalten auf als die UV-Gruppe. 10 Schülerinnen und Schüler geben an, dass UV-Strahlung keine Farbe hat und 12 behaupten, sie sei violett. Hier liegen also nur 45% richtig.

Nun lässt sich nach der Intervention bereits ein sehr klarer Wissensvorsprung der UV-Gruppe erkennen. Während ein Großteil der UV-Gruppe korrekt antwortet, liegen bei der Kontrollgruppe noch immer mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler daneben.

Interpretation:

In Abbildung 4 ist das Antwortverhalten der getesteten Schülerinnen und Schüler zur Frage nach der Farbe von UV-Strahlung dargestellt. Der Einfachheit halber werden die Antwortmöglichkeiten rot und neongelb in den Diagrammen nicht dargestellt, da diese von den Schülerinnen und Schülern ohnehin nicht genutzt wurden.

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, vermuten vor der Intervention 17 von 26 Schülerinnen und Schüler, dass UV-Strahlung blau oder violett sei. Nach der Intervention kann diese Zahl auf drei gesenkt werden. Es steigt also die Anzahl an richtigen Antworten von 35% auf 88%. Das ist ein Anstieg auf mehr als das Doppelte. Verglichen mit der Kontrollgruppe gibt es zwar auch bei dieser einen Anstieg an richtigen Antworten, jedoch nicht so eindeutig wie bei der UV-intervenierten Gruppe. Zusätzlich liegt die Kontrollgruppe auch beim zweiten Test lediglich bei 45% richtigen Antworten. Dies lässt den Schluss zu, dass die meisten Schülerinnen und Schüler, die sich mit der UV-Intervention auseinander gesetzt haben, beim Thema Unsichtbarkeit und Farbe sehr eindeutig profitieren. Bei der Farbe ist der Effekt also stärker ersichtlich als bei der Unsichtbarkeit.

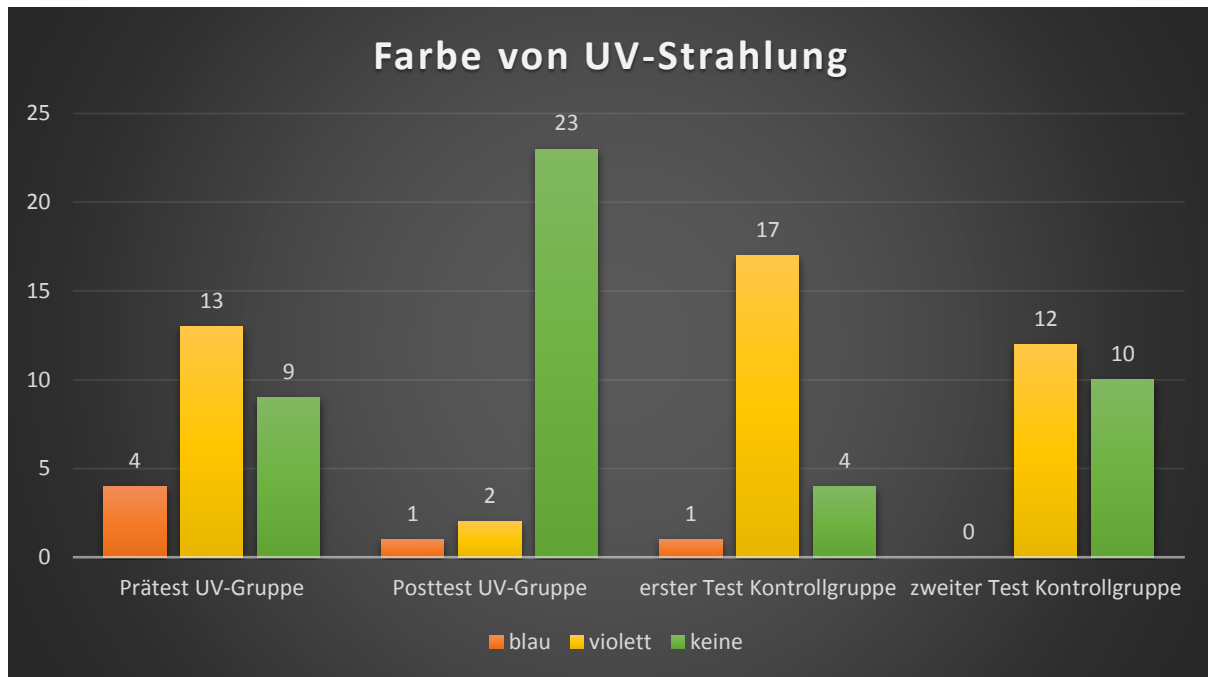


Abbildung 4: Antworten der Schülerinnen und Schüler auf die Frage nach der Farbe von UV-Strahlung

Farbe trotz Unsichtbarkeit

Setzt man die Antworten der Schülerinnen und Schüler von den Fragen zur Sichtbarkeit und Farbe von UV-Strahlung in Relation so stellt man fest, dass vor der Intervention sowohl in der UV-Gruppe als auch in der Kontrollgruppe jeweils 12 von den Befragten zwar ankreuzen, dass UV-Strahlung nicht sichtbar sei, ihr jedoch gleichzeitig die Farbe violett zuteilten, jeweils ein Schüler oder eine Schülerin aus den beiden Gruppen meint UV-Strahlung sei unsichtbar und blau. Auf Grund dieses Ergebnisses wurde im Posttest die zusätzliche Frage ergänzt, was Unsichtbarkeit bedeute.

Nach der Intervention zeigt sich, dass bei der UV-Gruppe nun nur jeweils ein Schüler oder eine Schülerin behauptet, dass UV-Strahlung blau oder violett sei, obwohl sie nicht sichtbar ist. Bei der Kontrollgruppe kreuzen noch insgesamt elf Schülerinnen und Schüler an, dass UV-Strahlung zwar unsichtbar ist, aber dennoch eine violette Farbe hat.

Für die Gegenüberstellung der Fragen zu Sichtbarkeit und Farbe wurden nur jene Schülerinnen und Schüler herangezogen, die laut ihren Angaben bei den Tests wissen, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Es wird nun Augenmerk darauf gelegt, welche Farbe sie der Strahlung zuordnen.

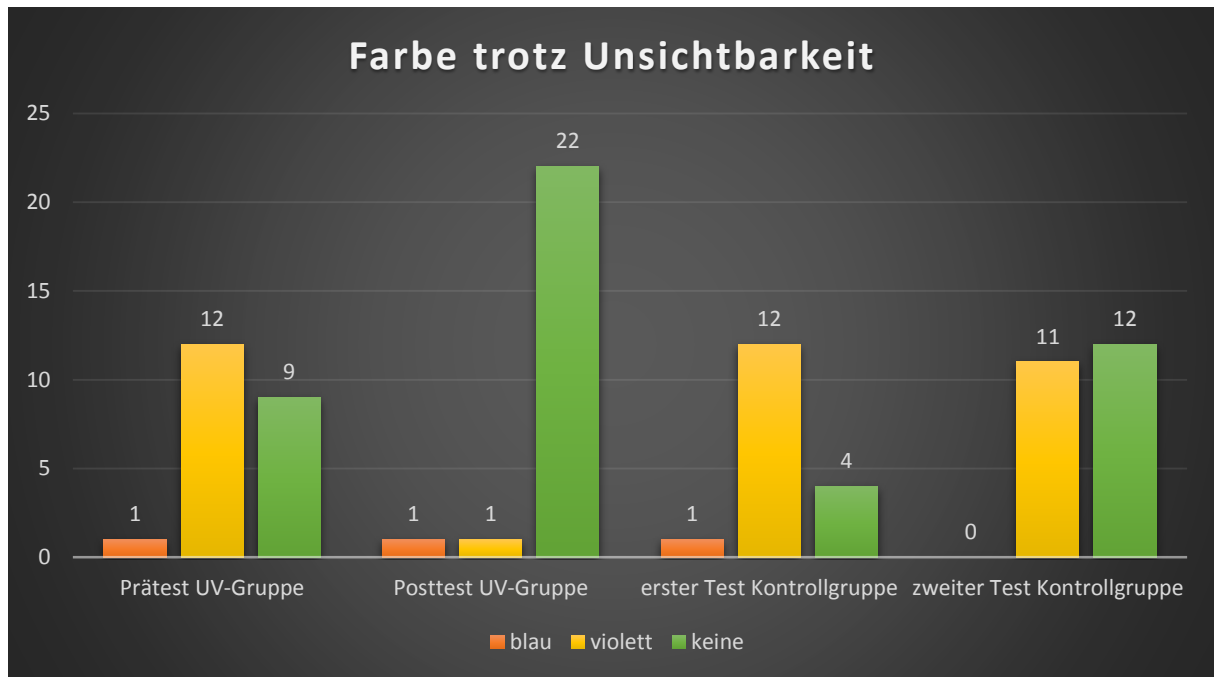


Abbildung 5: Schülerangaben zur Farbe von UV-Strahlung unter der Voraussetzung, dass sie wissen, dass UV-Strahlung unsichtbar ist.

Bevor die Intervention durchgeführt wurde, vermuten 13 von 22 der Schülerinnen und Schüler aus der UV-Gruppe, die bereits angegeben haben, dass UV-Strahlung unsichtbar ist, dass sie dennoch blau oder violett sei. Auch in der Kontrollgruppe ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die Farbe trotz Unsichtbarkeit angeben ähnlich. In Abbildung 5 sind die genauen Zahlen übersichtlich abzulesen. Nach der Intervention ist der Prozentsatz der Schülerinnen, für die Farbe mit Unsichtbarkeit vereinbar ist, auf unter 10% gesunken. Lediglich zwei der Schülerinnen und Schüler vermuten, dass UV-Strahlung unsichtbar und blau oder violett ist. In der Kontrollgruppe ist auch beim zweiten Test Farbe und Unsichtbarkeit für knapp die Hälfte der Schüler und Schülerinnen kein Widerspruch. Auch hier zeigt sich in der UV-Gruppe ein klarer Trend hin zu der Antwortkombination aus unsichtbarer und farbloser UV-Strahlung, welcher in der Kontrollgruppe nicht zu erkennen ist. Dass die Schülerinnen und Schüler beim Posttest zu diesem Antwortmuster tendieren, könnte an den Zwischeninterviews liegen, in denen sie gefragt wurden, was sie unter unsichtbar verstehen und ob sie Dinge kennen, die zwar unsichtbar sind aber dennoch eine Farbe haben. Bei letzterer Frage waren die meisten Schüler eher stutzig und wussten kein Beispiel. Ob dieser Effekt der Unvereinbarkeit von Unsichtbarkeit mit Farbe, nun ein wünschenswerter ist, müsste noch genauer hinterfragt werden. Ein paar Erhebungen wurden dazu bereits während der Forschungsperiode

durchgeführt. Da der Fokus dieser Arbeit aber auf der Wirksamkeit von CAPT bei UV-Strahlung liegt, wurden die Ergebnisse dazu nicht genauer ausgewertet.

4.3.4 Effekte von UV-Strahlung

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

Bei dieser offenen Frage wurden die Antworten der Schülerinnen und Schüler durchgesehen und im Sinn der qualitativen Inhaltsanalyse in Kategorien eingeteilt. Anschließend wurde gezählt, wie häufig eine Antwort zur jeweiligen Kategorie verzeichnet wurde. Sehr oft mit 16 Nennungen sind Einflüsse auf die Haut auf den Fragebögen notiert worden. Darunter fallen Schlagworte wie Hautalterung, Hautkrankheit oder Hautkrebs. Sonnenbrand wird zwölfmal hingeschrieben. Der Effekt der Hautbräunung ist bei sieben Schülerinnen und Schülern bekannt. Auch Fluoreszenz, dass UV-Strahlung gewisse Dinge zum Leuchten bringen kann, wird noch viermal erwähnt. Ein bis zwei Nennungen gibt es zu den Kategorien: schädlich fürs Auge, Vitamin D, Wärme, Ionisierung, photochemischer Effekt, Materialaushärtung und Pflanzenwachstum. Zwei der Schülerinnen und Schüler können gar keine Effekte von UV-Strahlung nennen.

Kontrollgruppe:

Ähnlich wie oben wird auch bei der Kontrollgruppe Hautalterung und Hautkrankheiten (14-mal) und Sonnenbrand (13-mal) am häufigsten genannt. Am dritthäufigsten mit fünf Nennungen sind sowohl die Bräunung als auch die Fluoreszenz. Wärme wird auf vier Fragebögen verzeichnet. Die restlichen Kategorien wieder mit jeweils ein bis zwei Anführungen sind: schädlich fürs Auge, Vitamin D, photochemischer Effekt, Materialaushärtung, Desinfektion und Reinigung von Gegenständen im Labor und Pflanzenwachstum. Auch bei der Kontrollgruppe haben zwei Schülerinnen oder Schüler gar nichts zu den Effekten hingeschrieben.

Auffällig bei beiden Gruppen ist, dass vorwiegend Effekte, die zu Hautschäden wie Hautkrebs oder Sonnenbrand führen, bekannt sind. Die Einstellung gegenüber UV-Strahlung ist relativ negativ belastet. Es wird kaum Positives über UV-Strahlung von den Schülerinnen und Schülern niedergeschrieben.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

Bei der Befragung zu den Effekten von UV-Strahlung nach der Intervention, ist die Kategorie Sonnenbrand, die insgesamt 16 Schülerinnen und Schüler niederschreiben, die Meistgenannte. Von jeweils 14 werden Antworten gegeben, die in die Kategorien Hautalterung/Hautkrankheit und Vitamin D fallen. Bräunung wird sechsmal und Desinfektion, Reinigung im Labor und Glückshormone/gegen Depression werden viermal erwähnt. Ein- bis dreimal werden außerdem noch Antworten gegeben, die unter die Kategorien schädlich fürs Auge, Fluoreszenz/Dinge leuchten, Materialaushärtung, Radikalherstellung, Solarzellen, liefert Energie, gut für die Haut/gegen Hautkrankheiten und Knochenaufbau fallen. Niemand von den getesteten Schülerinnen und Schülern kann gar keine Antwort auf diese Frage geben.

Kontrollgruppe:

Topantwort bei der Kontrollgruppe ist zum Thema Hautalterung und Hautkrankheiten. Zehn Schülerinnen und Schüler erwähnen diese Kategorie in ihren Antworten. Achtmal wird etwas zum Thema Bräunung und sechsmal wurde der Sonnenbrand niedergeschrieben. Alle anderen Kategorien wie Vitamin D, Wärme, Fluoreszenz/Dinge leuchten, Ionisierung, Desinfektion/Reinigung im Labor, Pflanzenwachstum, allgemein schädlich, Treibhauseffekt, durchdringt bestimmte Stoffe und Nachtsichtgerät werden je ein- bis dreimal erwähnt. Zwei von den Schülerinnen und Schülern geben keine Antwort.

Interpretation:

Die Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse in Kategorien eingeteilt und diese Kategorien wurden wiederum in positive Effekte, negative Effekte, technische Effekte und neutrale Effekte unterteilt. Zu den positiven Effekten gehören zum Beispiel die Vitamin D Erzeugung oder die Endorphin Ausschüttung, zu den Negativen zählen unter anderem Sonnenbrand und Krankheiten. Technische Effekte wären Materialaushärtung oder Desinfektion und zu den neutralen Effekten zählen etwa Hautbräunung oder Fluoreszenz. In Tabelle 3 ist dargestellt, wie häufig die Schülerinnen und Schüler positive, negative, neutrale sowie technische Effekte von UV-Strahlung aufgeschrieben haben.

Kategorien	UV-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Prätest	Posttest	Test 1	Test 2
Negative Effekte	30	31	29	20
Positive Effekte	3	22	4	4
Technische Effekte	2	7	3	2
Neutrale Effekte	15	9	15	13
Summe der Nennungen	50	69	51	39

Tabelle 3: Anzahl der genannten negativen, positiven, technischen und neutralen Effekte von UV-Strahlung

Vor der Intervention kennen die Schülerinnen und Schüler überwiegend negative Effekte. Nach der Intervention wissen viele Schülerinnen und Schüler vor allem zusätzlich den positiven Effekt der Vitamin D Bildung des Körpers, welche UV-Strahlung benötigt. Wertet man die positiven und technischen Einträge mit +1, die Neutralen mit +0 und die Negativen mit -1, so erhält man bei der UV-Gruppe nach dem Prätest eine Stimmungsbilanz von -25, was auf eine eher negative Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber UV-Strahlung hindeutet. Berechnet man den gleichen Wert nach dem Posttest – es wurden 31 negative Effekte, 22 positive, 9 neutrale und 7 technische Effekte genannt – so liegt die Stimmungsbilanz bei -2, was auf eine weit neutralere Einstellung gegenüber UV-Strahlung schließen lässt. Diese Senkung des Wertes liegt hauptsächlich an der verstärkten Aufzählung von positiven Effekten. Bei der Kontrollgruppe ergibt sich aus den Ergebnissen des ersten Tests eine Stimmungsbilanz von -22. Beim zweiten Test erhält man den Wert -14. Auch bei der Kontrollgruppe wird die Einstellung gegenüber der UV-Strahlung etwas relativiert jedoch bei weitem nicht so stark. Im Unterschied zur UV-Gruppe basiert diese Hebung des Wertes aber nicht darauf, dass mehr positive Effekte genannt werden, sondern daran, dass beim zweiten Test von vornherein weniger negative Aspekte erwähnt werden. Ein weiterer Erfolg der Intervention ist, dass im Posttest niemand von den Schülern und Schülerinnen diese Frage gar nicht beantworten kann. Außerdem kann man hervorheben, dass bei der UV-Gruppe die Anzahl der genannten Effekte im Posttest um insgesamt 19 Nennungen mehr ist. Die Schülerinnen und Schüler können also eindeutig nach der Intervention mehr Effekte als vorher hinschreiben. Bei der Kontrollgruppe geht die Anzahl an bekannten Effekten bei ungefähr gleicher Ausgangslage sogar um zwölf Nennungen zurück. Dies spricht ohne Zweifel dafür, dass die Schülerinnen und Schüler der UV-Gruppe von der Intervention profitieren.

4.3.5 UV-undurchlässige Materialien

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

Auch hier wurden die Antworten der Schülerinnen und Schüler in Kategorien eingeteilt und eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt. Sechs von 26 Befragten geben hier gar keine Antwort. Am öftesten werden Antworten zur Kategorie Glas oder Fensterglas gegeben. Insgesamt wird diese neunmal erwähnt. Mit je fünf Nennungen sind die Kategorien Metalle und Ozon/Erdatmosphäre am zweithäufigsten. Viermal werden Antworten zu den Kategorien dicke/dichte/feste Gegenstände und Materie und Sonnencreme hingeschrieben. Die weiteren Kategorien sind von ein bis drei Schülerinnen und Schülern notiert worden: Haut/Menschen/Lebewesen, nichttransparente Gegenstände, Sonnenbrillen, Beton, Stoffe, Kunststoffe. Einer oder eine der Befragten lässt diese Frage frei.

Kontrollgruppe:

Bei der Kontrollgruppe sind die Kategorien Glas oder Fensterglas und Stoff in den Antworten auf den Fragebögen achtmal und damit am häufigsten erwähnt. Die drei Kategorien Metalle, dicke/dichte/feste Gegenstände und Sonnencreme werden jeweils fünfmal angeführt und die restlichen Kategorien Ozon/Erdatmosphäre, Haut/Menschen/Lebewesen, nichttransparente Gegenstände, Sonnenbrillen, Beton, Papier, Brillen und Knochen werden je ein bis dreimal genannt. In der Kontrollgruppe antworten drei Schülerinnen und Schüler gar nicht auf diese Frage.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

21-mal wird beim Posttest angegeben, dass Häuser und Wände nicht durchlässig für UV-Strahlen sind. 19-mal werden von den Schülerinnen und Schülern Antworten gegeben, die unter die Kategorie Stoff fallen. Sonnencreme wird auch von insgesamt 13 der Befragten als UV-undurchlässig beschrieben, elf der Schüler und Schülerinnen geben Sonnenbrillen an und neun der Befragten nennen Gläser mit UV-Filter/spezielle Gläser. Dicke/dichte/feste sowie nichttransparente Gegenstände, (Fenster)Glas, Beton, Brillen, Polfilter, Wasser, UV-Filter, Keramik sind in den Antworten der Schülerinnen und Schüler jeweils ein- bis dreimal zu finden. Keiner der Schüler und Schülerinnen kann keine Antwort auf diese Frage geben.

Kontrollgruppe:

Die Topkategorie der Kontrollgruppe ist Stoff mit insgesamt acht Nennungen. Danach kommt Sonnencreme, die von sechs Schülerinnen und Schülern hingeschrieben wird. Fünfmal wird die Kategorie (Fenster)Glas genannt und viermal sind Metalle in den Antworten zu finden. Dicke/dichte/feste Gegenstände, Sonnenbrillen, Beton, Papier, Haus/Wand, Wasser und „so ziemlich alles“ werden ein- bis dreimal von den Schülerinnen und Schülern als Antwort gegeben. Vier der Befragten lassen die Frage unbeantwortet.

Interpretation:

Kategorien	UV-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Prätest	Posttest	Test 1	Test 2
Haus/Wand *	0	21	0	3
Stoff *	2	19	8	8
Sonnencreme *	4	13	5	6
Sonnenbrillen *	1	11	3	2
Gläser mit UV-Filter/spezielle Gläser *	0	9	0	0
Dicke/dichte/feste Gegenstände bzw. Materie	4	3	5	2
(Fenster) Glas	9	2	8	5
Beton	3	1	2	2
Nichttransparente Gegenstände	1	1	2	0
Brillen	0	1	1	0
Polfilter	0	1	0	0
Wasser	0	1	0	1
UV-Filter	0	1	0	0
Keramik	0	1	0	0
Metalle	5	0	5	4
Ozon/Erdatmosphäre	5	0	1	0
Gummi/Neopren/Plastik(Kunststoffe)	3	0	0	0
Haut/Menschen/Lebewesen	2	0	2	1
Nichts	1	0	0	0
Papier	0	0	1	2
Knochen	0	0	1	0
So ziemlich alles	0	0	0	2
Summe Nennungen	40	85	44	38
Keine Antwort	6	0	3	4

Tabelle 4: Kategorien zur Frage nach UV-undurchlässigen Materialien. Die mit * markierten Kategorien wurden auch so in der Intervention durchgenommen.

Vor der Intervention sind die Ergebnisse von UV-Gruppe und Kontrollgruppe wieder relativ ähnlich. Nach der Intervention ist bei dieser Frage besonders auffällig, dass von der UV-Gruppe sehr gezielt genau die Kategorien genannt werden, welche auch in der Intervention besprochen wurden. Diese Kategorien sind in Tabelle 4 mit einem * markiert. Auch in Teil vier der Intervention konnten die Schülerinnen und Schüler herausfinden, dass ein aus Karton gebasteltes Häuschen, ein Stofffleck, Sonnencreme und Sonnenbrillen verhindern, dass die UV-Strahlung auf die Perlen auftrifft. Die Gläser mit UV-Filter kommen vermutlich eher aus Teil zwei der Intervention, da in diesem Teil darauf hingewiesen wurde, dass nicht jede normale Brille UV-Strahlung filtern muss, sondern dass dafür besondere Gläser nötig sind. Interessant ist auch, dass die Schülerinnen und Schüler das aus Karton gebastelte Häuschen tatsächlich mit einem echten Haus und Wänden in Verbindung bringen. Papier und Karton hingegen, was ja eigentlich im Versuch bewiesen wurde, wird hingegen kaum genannt. Ein etwas weniger erfreulicher Effekt der bei dieser Frage sichtbar wird, ist, dass Materialien, die im Prätest korrekterweise als UV-undurchlässig aufgezählt wurden, aber nicht extra in der Intervention erwähnt wurden, im Posttest nicht mehr genannt werden. Es erfolgt also eine Fokussierung des Wissens auf Aspekte, die durch die Intervention vorgegeben wurden. Man kann dadurch eine eindeutige Wirksamkeit der Intervention ableiten, die jedoch auf Kosten manches Vorwissens geht. Schülerinnen und Schüler tendieren also dazu, nur Wissen hinzuschreiben, das mit Sicherheit stimmt. Nichtbestätigte Vermutungen werden eher verworfen. Erfreulich ist, dass sich die Anzahl der Nennungen von vor der Intervention, nachher verdoppelt hat. In der Kontrollgruppe geht die Anzahl der gegebenen Antworten im Posttest sogar etwas zurück. Auch zu bemerken ist, dass nach der Intervention auch bei dieser Frage keiner der Schülerinnen und Schüler aus der UV-Gruppe gar keine Antwort mehr geben kann.

4.3.6 UV-Quellen

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

Sehr auffallend war hier, dass insgesamt sieben von 26 Schülerinnen und Schülern zu dieser Frage gar keine Antwort geben können. Dafür erwähnen 18 weitere die Sonne. Grob gesagt, haben Schülerinnen und Schüler entweder keine Ahnung, woher UV-Strahlung kommt oder sie wissen, dass UV-Strahlung von der Sonne ausgesendet wird. Sieben Schüler und Schülerinnen schreiben auch künstliche UV-Lampen hin, wie sie zum Beispiel in Diskotheken oder beim Zahnarzt verwendet werden. Ein bis dreimal werden Kategorien wie Weltall/Universum,

Kernfusionen oder bestimmte Reaktionen in Sternen, Quellen für sichtbares Licht, Solarium und physikalische Experimente oder Vorgänge in Labors erwähnt.

Kontrollgruppe:

Hier kennen 19 Schülerinnen und Schüler die Sonne als UV-Quelle. Siebenmal werden die künstlichen UV-Lampen erwähnt, viermal das Solarium. Jeweils zweimal fielen Stichworte die zu den Kategorien Kernfusionen/Sterne, Quellen für sichtbares Licht und Physikalische Experimente/Labor erwähnt. Fünf Schülerinnen und Schüler lassen diese Frage frei.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

Nach der Sonne, mit insgesamt 21 Schülerinnen und Schülern, die sie als UV-Quelle aufschreiben, waren Sterne und das Solarium, die von jeweils zehn Schülerinnen und Schülern genannt werden, die bekanntesten Quellen von UV-Strahlung. Der Schweißprozess und Polarlichter werden jeweils siebenmal und UV-Lampen wie beim Zahnarzt oder in der Diskothek sechsmal erwähnt. Vier Schülerinnen und Schüler wissen auch, dass bei Blitzen UV-Strahlung ausgesendet wird. Weitere genannte Kategorien sind Atmosphäre, Bunsenbrenner und Desinfektion jeweils ein- oder zweimal. Zwei der Schülerinnen und Schüler notierten nichts zu dieser Frage.

Kontrollgruppe:

Auch bei der Kontrollgruppe ist 18 Schülerinnen und Schülern die Sonne als UV-Quelle bekannt. UV-Lampen und das Solarium werden jeweils viermal aufgeschrieben. Außerdem werden Weltall/Universum, Sterne, Quellen für sichtbares Licht und manche Tiere noch ein- bis dreimal erwähnt. Drei der Schülerinnen und Schüler wissen keine UV-Quelle.

Interpretation:

Die Sonne ist in beiden Gruppen sowohl vor als auch nach der Intervention die meist genannte UV-Quelle. Neben der Sonne sind vor der Intervention in beiden Gruppen hauptsächlich noch künstliche UV-Lampen bekannt, wie sie in der Disko, im Nagelstudio oder beim Zahnarzt verwendet werden.

Kategorien	UV-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Prätest	Posttest	Test 1	Test 2
Sonne *	18	21	19	18
Solarium *	3	10	4	4
Sterne *	0	10	0	2
Polarlicht *	0	7	0	0
Schweißprozess *	0	7	0	0
UV-Lampen (künstliche, Disko, Zahnarzt,...)	7	6	7	4
Blitze *	0	4	0	0
Atmosphäre	0	2	0	0
Desinfektion	0	1	0	0
Bunsenbrenner	0	1	0	0
Weltall, Universum	2	0	0	1
Quellen für sichtbares Licht	1	0	2	3
Physikalisches Experiment, Labor	1	0	2	0
Kernfusionen, Reaktionen in Sternen	1	0	2	0
Manche Tiere	0	0	0	1
Summe Nennungen	33	69	36	33
Keine Antwort	7	2	5	3

Tabelle 5: Genannte UV-Quellen der Schülerinnen und Schüler. Die mit * gekennzeichneten Einträge sind genau die Quellen die in der Intervention genannt werden.

Bei der Kontrollgruppe verändert sich das Ergebnis nach dem Posttest kaum. Die UV-Gruppe kann ihre Nennungen auch bei dieser Frage im Posttest mehr als verdoppeln. Sehr markant ist wieder, dass nach der Intervention neben der Sonne auch verstärkt Solarium, Sterne, Schweißprozess, Polarlichter und Blitze genannt werden, genau die UV-Quellen, die in Teil eins der Intervention herausgefunden werden. Auch die bereits vor der Intervention bekannten künstlichen UV-Quellen, werden beim Posttest in ungefähr gleichem Ausmaß erwähnt. Bei dieser Frage erkennt man deutlich, wie sehr die UV-Gruppe durch die Intervention profitiert und schließlich auch beim Posttest ihr Wissen zu Papier bringen kann. Auch die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die diese Frage gar nicht beantworten, konnte nach der Intervention auf zwei reduziert werden.

4.3.7 Komplette Abschirmung durch eine UV-Schutzcreme

Wissensstand vor der Intervention:

UV-Gruppe:

Sechs von den Schülerinnen und Schülern geben an, dass sie die Verwendung einer Creme für permanente UV-Abschirmung für nützlich erachten. Als Begründung geben fast alle an, dass man so weniger gefährdet ist, Hautkrebs oder Sonnenbrand zu bekommen, und dass UV-Strahlung schädlich sei. Ein Schüler erkennt jedoch trotz der Vorteile des geringeren Krankheitsrisikos den Nachteil, dass man dann künstliches Vitamin D benötigt.

19 Schüler und Schülerinnen sprechen sich gegen die Verwendung der Creme aus. Sechsmal wird dies schlicht und einfach mit der Notwendigkeit von UV-Strahlung begründet ohne nähere Gründe anzugeben. Fünf der Schülerinnen und Schüler sagen, dass sonst einige positive Effekte für die Gesundheit wegfallen würden und auch fünf Schülerinnen und Schüler möchten nicht auf den Bräunungseffekt verzichten. Viermal wird angegeben, dass UV-Strahlung schließlich natürlich sei und drei Schülerinnen und Schüler befürchten Nebenwirkungen der Creme. Weitere drei behaupten, dass ein permanenter Schutz schlicht und einfach nicht notwendig sei. Einmal wird auch erwähnt, dass der Körper die UV-Strahlung zur Vitamin D Bildung benötigt.

Kontrollgruppe:

Bei der Kontrollgruppe befürworteten vier Schülerinnen und Schüler die Verwendung einer permanenten UV-Schutzcreme. Als Gründe dafür nennen sie auch wieder die gesundheitsschädliche Wirkung der UV-Strahlung sowie die Bequemlichkeit, dass man ab dann aufs Eincremen verzichten könne.

21 der Schülerinnen und Schüler sprechen sich gegen die Verwendung der Creme aus. Sechsmal wird die Entscheidung durch die fehlenden positiven Effekte der UV-Strahlung auf die Gesundheit begründet und weitere sechsmal wird direkt Vitamin D erwähnt. Fünf Schülerinnen und Schüler lehnen die Creme wegen möglicher Nebenwirkungen ab. Vier verweisen auf die Notwendigkeit ohne nähere Gründe und weitere vier nennen den ausbleibenden Bräunungseffekt als Grund, die Creme nicht zu verwenden. Zwei erachten kompletten Schutz für nicht notwendig und einmal wird die heilende Wirkung bei Hautkrankheiten erwähnt.

Wissensstand nach der Intervention:

UV-Gruppe:

Im Posttest würden vier Schülerinnen und Schüler eine permanente UV-Schutzcreme verwenden. Alle vier geben an, dass so die gesundheitsschädlichen Wirkungen von UV-Strahlung vor allem Sonnenbrand und Hautkrebs vermieden werden können.

22 der Schülerinnen und Schüler lehnen die permanente UV-Schutzcreme ab. Insgesamt 13-mal wird als Grund die Notwendigkeit von UV-Strahlung für den Körper zur Vitamin D Produktion angegeben. sechsmal wird auf fehlende positive Effekte der UV-Strahlung auf den Körper verwiesen und weitere sechsmal wird die Notwendigkeit ohne spezielle Grundangabe erwähnt. Fünf der Schülerinnen und Schüler meinen, dass kompletter Schutz nicht notwendig ist und weitere zwei würden den Bräunungseffekt der Haut verursacht durch UV-Strahlung vermissen. Jeweils einmal wird auf die Natürlichkeit sowie darauf hingewiesen, dass UV-Strahlung schließlich nicht nur schädlich ist.

Kontrollgruppe:

Aus der Kontrollgruppe würden in der zweiten Befragung zwei der Schülerinnen und Schüler die Schutzcreme verwenden wobei einmal die Bequemlichkeit, dass man sich nicht mehr eincremen muss der Grund ist und einmal die gesundheitsschädliche Wirkung der UV-Strahlung auf den menschlichen Körper.

22 Schülerinnen und Schüler nehmen Abstand davon, die Creme aufzutragen. Neunmal ist die Antwort mit der Notwendigkeit von UV-Strahlung begründet, ohne näher darauf einzugehen. Fünf der Schülerinnen und Schüler weisen auf die Eigenproduktion von Vitamin D des Körpers hin und vier möchten weiterhin braun werden. Dass ein kompletter Schutz nicht notwendig ist, behaupten drei der Schülerinnen und Schüler und jeweils einmal werden die fehlenden positiven Effekte der UV-Strahlung sowie eventuelle Nebenwirkungen der Creme als Ablehnungsgrund angegeben. Drei Schüler und Schülerinnen begründen ihre Antwort, warum sie die Schutzcreme nicht verwenden würden, gar nicht.

Interpretation:

Bei dieser Frage sind die Ergebnisse sowohl bei der UV-Gruppe als auch bei der Kontrollgruppe vor und nach der Intervention sehr ähnlich. Bereits vor der Intervention wird die Anwendung

einer Hautcreme die permanenten Schutz vor UV-Strahlung bringen soll vom Großteil der Schülerinnen und Schüler abgelehnt. Es ändern zwar nach der Intervention einige Schülerinnen und Schüler ihre Meinung, dies geschieht aber in beide Richtungen, sodass kein eindeutiger Trend aus den Antworten herausgelesen werden kann.

5 Diskussion

In der Diskussion werden zum einen noch weitere Erkenntnisse zur Wirksamkeit der Intervention präsentiert, zum anderen wird auch Resümee gezogen und die Ergebnisse in Bezug zu den eigenen Erwartungen und den Erfahrungswerten aus der Literatur gesetzt. Abschließend wird berichtet, wie weitere Untersuchungen an diese Arbeit angeknüpft werden können.

5.1 Erkenntnisse aus den Interviews und den Beobachtungen

Aus den Interviews geht hervor, dass die Schülerinnen und Schüler den ganzen Aufbau der Intervention als sehr motivierend empfinden. Sie haben keine schwerwiegenden Probleme in der Zusammenarbeit mit ihren Tutees und auch das Material wird als brauchbar und sinnvoll bezeichnet. Es wird erwähnt, dass die Box mit allen notwendigen Materialien sehr toll sei, da einfach alles sehr kompakt drinnen ist und man nie lange suchen muss, bis man das benötigte Utensil für den Versuch gefunden hat. Die Befragten meinen, dass die Unterlagen für die Tutoren sehr hilfreich sind, wenn vor der Intervention Zeit vorhanden ist, sie durchzulesen. Um sie während der Intervention zu verwenden, sei zu viel Text drauf, um laufend mitzulesen. Da die Tutoren und Tutorinnen die Intervention aber ohnehin bereits selber durchgemacht haben und im Mentoring auch nochmal die wesentlichen Punkte angesprochen wurden, war es kein Problem für sie, die Tutees auch ohne Tutorenanleitung durch die Intervention zu führen. Die Arbeitsmappe für die Tutees wird als recht leicht eingestuft.

Sowohl in den Beobachtungen als auch in den Interviews wurde bemerkt, dass bei Teil eins der Intervention, bei den UV-Quellen, die Schülerinnen und Schüler häufig einfach geraten haben. Durch „Trial and Error“, in dem immer wieder genau ein Kärtchen verschoben und anschließend die Tutoren oder Tutorinnen gefragt wurden, wie viele Kärtchen schon richtig wären, kamen die Tutees zur richtigen Lösung, ohne eigenständig überlegen zu müssen. Im Endeffekt wurden auch so die richtigen UV-Quellen herausgefunden. Wünschenswerter wäre

aber, dass sich die Tutees wirklich überlegen, warum sie zum Beispiel Blitze oder ein weißes T-Shirt als UV-Quelle oder als Nicht-UV-Quelle deklarieren.

Der zweite Teil der Intervention, in dem es um die Unsichtbarkeit von UV-Strahlung geht, war sehr häufig recht schwierig. Oft mussten die Tutoren und Tutorinnen viel Geduld haben, bis sie ihre Tutees auf den richtigen Gedanken bringen konnten. Es ist in diesem Teil tatsächlich ein sehr exaktes Vorgehen nach Plan notwendig. Die UV-Perlen wurden in diesem Versuch eher als irreführend empfunden. Eine Erkenntnis zu gewinnen, die man eben genau nicht sieht, fällt den Schülern und Schülerinnen sehr schwer. Wenn die UV-Perlen im Versuch dazu genommen wurden, war der Unterschied, dass sich einmal die Perlen verfärben und einmal nicht, klar sichtbar und für die meisten abgehakt. Das eigentlich Wesentliche, die Unsichtbarkeit von UV-Strahlung, ging in diesem Fall eher unter, da der Verfärbungseffekt vorherrschend war.

Der ansprechendste Teil laut Aussagen der Schülerinnen und Schüler ist Teil vier, wo sie selber experimentieren dürfen und herausfinden sollen, welche Stoffe vor UV-Strahlung schützen und welche nicht. Hier ist Hands-on gefragt und jeder durfte mitmachen. Auch zusätzliche Ideen für Materialien, die noch untersucht werden können waren willkommen, sofern noch Zeit war. Schülerinnen und Schüler, die selber eine Brille tragen, wollten besonders oft wissen, ob ihre Brille UV-filternd ist oder nicht.

Auf die Frage, wie sich ihre Meinung zur UV-Strahlung geändert habe, waren einige Schüler und Schülerinnen dabei, die meinten, ihre Meinung habe sich gar nicht geändert. Es waren aber auch viele dabei, die sagten, dass sie zwar bereits wussten, dass UV-Strahlung schädlich ist und dass sie Sonnenbrand und Hautkrankheiten verursachen kann. Dass sie auch notwendig für die Vitamin D Bildung sei und gegen Depressionen helfe, war ihnen neu.

Ein weiteres etwas unerwartetes Ergebnis aus den Interviews ist, dass es für zirka die Hälfte der Schülerinnen und Schüler nicht unvereinbar ist, dass unsichtbare Objekte eine Farbe haben können. Bevor sie die Frage, ob unsichtbare Dinge eine Farbe haben können beantworten, zögern viele. Die Schülerinnen und Schüler begründen häufig damit, dass das Ding ja unsichtbar sei, man es deshalb nicht sehen und auch keine Farbe wahrnehmen kann, und es deshalb keine Farbe hat. Auch wird geschlossen, dass man Farben sehen kann und wenn der Gegenstand eine Farbe hätte, man ihn auch sehen würde. Andererseits wird auf sehr ähnliche Weise auch die andere Aussage begründet. Unsichtbare Sachen könnten sehr wohl eine Farbe

haben, man sieht es halt nicht welche. In dieser Richtung wird auch oft damit argumentiert, dass manche Tiere ganz andere Sachen wahrnehmen können als wir Menschen und deshalb es nicht unmöglich sei, dass Unsichtbares trotzdem Farbe habe. Auf die Frage nach einem konkreten Beispiel nach etwas, das Farbe hat und trotzdem unsichtbar sei, wird nur einmal mit: „Ja eben UV-Strahlung“ geantwortet. Sonst können die Schüler und Schülerinnen dafür kein Beispiel nennen.

Zu den Erkenntnissen aus den Beobachtungen muss jedoch erwähnt werden, dass diese nur auf wenigen Beobachtungen beruhen, da nicht alle Gruppen, die die Intervention durchführten, permanent beobachtet werden konnten. Außerdem sind die Beobachtungen etwas persönlich gefärbt, auch wenn der Beobachter zu jedem Zeitpunkt versuchte, möglichst neutral zu sein.

5.2 Kritik an der Intervention

Die größte Schwäche der Intervention liegt eindeutig im zweiten Teil. Hier soll erkannt werden, dass UV-Strahlung unsichtbar ist. Es ist jedoch sehr schwierig, etwas festzustellen, wenn man genau das, was man sehen sollte, gar nicht sehen kann. Bei dem Versuch wird einmal direkt mit der UV-Lampe auf eine weiße Oberfläche geleuchtet und einmal durch eine klare aber UV-Strahlung filternde Brille. Das Ergebnis ist zweimal dasselbe, nämlich blaues sichtbares Licht auf der weißen Oberfläche. Einmal mit UV-Anteil einmal ohne. Für die Schülerinnen und Schüler ist dies aber offensichtlich zweimal dasselbe, sozusagen ein Nullergebnis. Es gibt keinen sichtbaren Unterschied im Ergebnis zwischen dem Versuchsaufbau mit und ohne Brille. Auf einen unsichtbaren Unterschied zu schließen, fällt oft nicht einmal erfahreneren Physikern leicht. Dieser Teil müsste daher noch überarbeitet oder durch eine komplett andere Lösung ersetzt werden.

Ein weiterer Kritikpunkt ist, wie bereits im vorigen Punkt erwähnt wurde, das Raten bei den UV-Quellen in Teil 1. Dies könnte dadurch gelöst werden, dass nur eine begrenzte Anzahl an Versuchen möglich ist, bevor aufgelöst wird. Noch besser wäre, wenn der Tutor oder die Tutorin nicht auf das Ratespiel der Tutees einsteigt und mit gezielten Hinweisen oder Fragen die Überlegungen der Tutees vorantreibt und die Tutees so zur richtigen Lösung gelangen.

5.3 Zusammenfassend

Aus all diesen Ergebnissen und Erkenntnissen kann entnommen werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler während der Zeit der Intervention ihre Gedanken zum Thema UV-Strahlung gemacht haben und sie sich zum Teil auch eine Meinung gebildet haben.

Es ist bei der UV-Gruppe ein deutlicher Zuwachs im Wissen über UV-Strahlung gegenüber der Kontrollgruppe erkennbar.

Bei den Fragen zu Sichtbarkeit und Farbe, kann eine deutliche Tendenz erkannt werden. Schülerinnen und Schüler geben nach der Intervention vermehrt an, dass UV-Strahlung zum einen unsichtbar ist und keine Farbe habe. In den Zielformulierungen, die für die Intervention verfasst wurden, war genau dies eines der angestrebten Ziele, welches auch erreicht wurde.

Ein weiteres Ziel war, dass die Schülerinnen und Schüler über Quellen von UV-Strahlung Bescheid wissen. Dieses Wissen wurde in Frage 5 bei den Tests abgefragt. Auch hier konnten die Schülerinnen und Schüler der UV-Gruppe einen deutlichen Zugewinn an Wissen bei der Befragung nach dem Posttest erzielen. Auch dieses Ziel wurde erreicht.

Über Gefahren von UV-Strahlung wissen manche Schüler und Schülerinnen bereits vor der Intervention Bescheid. Nutzen und positive oder nützliche Effekte von UV-Strahlung sind vorher eher unbekannt. Genau bei diesen positiven Wirkungen kann nach der Intervention durch die Tests ein Mehrwissen der Schülerinnen und Schüler belegt werden. Das dazu formulierte Ziel forderte ein Bescheid wissen der Schülerinnen und Schüler sowohl über gute und wünschenswerte als auch über gefährliche Effekte der UV-Strahlung. Dieses Vorhaben kann als gelungen bezeichnet werden.

Außerdem wird in den Zielen gefordert, dass die Schülerinnen und Schüler auch darüber informiert werden, wie sie sich vor UV-Strahlung schützen können. Diese Informationen wurden in der Intervention durch eine Reihe von kleinen Experimenten gegeben. In den Tests konnten die Schülerinnen und Schüler nach der Intervention sehr viele Materialien und Methoden aufzählen, die wirksam gegen zu viel UV-Strahlung sind. Die Forderung in der Zielformulierung wurde damit erfüllt.

Es sind somit alle Ziele erreicht, die für diese Intervention aufgestellt wurden. Es kann auch festgehalten werden, dass die Schülerinnen und Schüler, die diese Intervention durchgeführt haben, in den behandelten Themengebieten zur UV-Strahlung deutlich profitierten. Ein sehr großer Vorteil, der mit Sicherheit auch zu diesem relativ guten Ergebnis geführt hat, ist, dass die Entwickler der Intervention gleichzeitig auch die Rolle der Tutorinnen und Tutoren für die Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse übernommen haben. Die Entwickler kannten die Intervention entsprechend gut und wussten, bei welchen Punkten erhöhte Achtsamkeit geboten und exaktes Vorgehen verlangt ist. Für Lehrkräfte oder Tutorinnen und Tutoren, die nur die Unterlagen und den Leitfaden bekommen, ist es von Vorteil, wenn sie ausreichend Zeit zum Kennenlernen des Materials haben.

5.4 Bezug zu vorangegangener Literatur und zu eigenen Erwartungen

Die Ergebnisse vorangegangener Forschung stimmen sehr gut mit den Ergebnissen dieser Arbeit überein. Sowohl zum Thema Cross-Age Peer Tutoring als auch zum Thema Conceptual Change finden sich auch in dieser Arbeit Ergebnisse, die man auch so erwartet hätte.

Wie Robinson et al. (2005) im Bereich Mathematik und Korner (2015) in anderen Bereichen der Physik bereits feststellten, bescheinigt auch das Ergebnis dieser Arbeit einen sehr guten Effekt der Methode Cross-Age Peer Tutoring, angewandt mit dem physikalischen Thema UV-Strahlung. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten gerne mit und die Arbeit mit jüngeren Schülern und Schülerinnen aus anderen Klassen gelingt auch sehr gut. Die Ergebnisse sind insofern wie aus der Literatur zu erwarten war.

Die Rahmenbedingungen, die von Korner (2013) gefordert werden, sind äußerst hilfreich und unterstützen ein Gelingen von Cross-Age Peer Tutoring immens. Hervorzuheben wäre hier vor allem ausreichend Platz und Material, sodass wenn möglich wirklich in einem 1:1 Verhältnis zwischen Tutees und Totoren und Tutorinnen gearbeitet werden kann.

Ob tatsächlich bei manchen Schülerinnen und Schülern ein Conceptual Change stattgefunden hat, ist eher schwierig zu belegen. In seiner *Knowledge in Pieces* Theroie geht diSessa (2006) von *p-prims* aus, also ganz kleinen Bausteinen, die alle zusammen gesetzt größere Theorien ergeben. Das eine oder andere *p-prim* könnte vor allem im Bereich der Durchlässigkeit von UV-Strahlung in richtige Bahnen gelenkt worden sein. Einer der Schüler gab in seinem Interview an, dass er immer geglaubt hatte, Wasser verstärke sogar die Wirkung von UV-

Strahlung. Nun wisse er aber, dass das Gegenteil der Fall ist. Wasser schwächt UV-Strahlung ab, aber lässt sie durch. Man ist im Wasser nicht vor UV-Strahlung geschützt. Dieser Prozess kann als Konzeptwechsel gesehen werden. CAPT und POE und der allgemeine Aufbau dieser Intervention machen Conceptual Change grundsätzlich möglich.

Abschließend kann man sagen, dass dementsprechend auch die eigenen Erwartungen und Hoffnungen erfüllt wurden. Die Ziele wurden, wie im vorigen Unterpunkt beschrieben alle erreicht. Die Ergebnisse decken sich auch mit den Erfahrungen aus der Literatur. Im Großen und Ganzen ein erfreuliches Ergebnis, auch wenn einige Teile in der Intervention noch verbessert und umgestaltet werden müssen.

5.5 Weiterblickend

An diese Arbeit können einige weitere Themen angeknüpft werden. Die Intervention, wie sie hier verwendet wurde, ist zwar sicher nicht schlecht, aber dennoch ausbaufähig und verbesserungswürdig. Vor allem Teil eins der Intervention, in dem häufig geraten wurde, oder in Teil zwei, bei dem es den Schülerinnen und Schülern generell schwer gefallen ist, die gewünschte Erkenntnis zu gewinnen, sollten noch verbessert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, diese Intervention auch so umzugestalten, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer guten Anleitung auch ohne Tutoren durch die Themengebiete der UV-Strahlung arbeiten. Die UV-Box dient dann als Standalone-Equipment und kann im Unterricht eingesetzt werden. Sarah Zloklikovits, eine Studienkollegin des Autors dieser Arbeit, hat auch bei dieser Intervention mitgewirkt. Sie beschäftigt sich derzeit im Rahmen ihrer Diplomarbeit damit, diese Intervention als Stationsbetrieb zu gestalten, der von den Schülern und Schülerinnen alleine bearbeitet werden kann. Weiters könnten auch noch zusätzliche interessante Aspekte der UV-Strahlung wie zum Beispiel, die Unterteilung in UVA, UVB, und UVC und deren genaue Wirkungen oder Fluoreszenz in die Intervention eingebaut werden.

Ein anderer Bereich, in dem weiter geforscht werden kann, ist das Konzept der Schülerinnen und Schüler über Unsichtbarkeit. Es wurden in dieser Arbeit bereits einige Informationen zu den Überlegungen dazu eingeholt, in denen sich auch ein Konflikt zwischen unsichtbar und durchsichtig ergibt. Glas kann durchsichtig sein. Glas kann sogar unsichtbar sein, sonst würde man zum Beispiel im Spiegelkabinett nicht manchmal unabsichtlich dagegen laufen. Dennoch neigt man eher dazu zu sagen: „Glas ist sichtbar.“ Ob Schülerinnen und Schüler das auch so sehen, oder wie sie genau darüber denken, wäre Anlass für weitere Arbeiten. Zusätzlich kann

dieses Konzept dann auch mit dem Thema Farbe ergänzt werden. Es müsste noch genauer hinterfragt werden, wie Schülerinnen und Schüler zu unsichtbaren Dingen stehen und ob diese eine Farbe haben können. Auch dies wurde in dieser Arbeit bereits angerissen aber noch nicht genauer evaluiert und erforscht.

Es tun sich viele Möglichkeiten auf, die genügend Anlass geben, die Physikdidaktik weiter voranzubringen. Für Physikunterricht sind genau solche Forschungen, in denen Schülervorstellungen immer genauer herausgefunden werden, sehr gewinnbringend.

6 Literaturverzeichnis

Aufschnaiter, Claudia von; Rogge, Christian (2015): Conceptual Change in Learning. In: Richard Gunstone (Hg.): Encyclopedia of Science Education: Springer Netherlands, S. 209-218. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_99.

Brose, Martin; Jossen, Hermann; Ott, Günter; Reidenbach, Hans-Dieter; Siekmann, Harald (2005): Leitfaden "Nichtionisierende Strahlung". Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen. Fachverband für Strahlenschutz e.V. Köln. Online verfügbar unter http://osiris22.pi-consult.de/userdata/l_20/p_84/library/data/fs-05-131-aknir_uv_strahlung.pdf, zuletzt geprüft am 29.11.2015.

Cinici, Ayhan; Demir, Yavuz (2013): Teaching through Cooperative POE Tasks: A Path to Conceptual Change. In: *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas* 86 (1), S. 1–10. DOI: 10.1080/00098655.2012.712557.

Cohen, Peter A.; Kulik, James A.; Kulik, Chen-Lin C. (1982): Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-Analysis of Findings. In: *American Educational Research Journal* 19 (2), S. 237–248. DOI: 10.2307/1162567.

diSessa, Andrea A. (2006): A History of Conceptual Change Research. Threads and Fault Lines. In: R. Keith Sawyer (Hg.): The Cambridge handbook of the learning sciences. Cambridge, New York: Cambridge University Press (Cambridge handbooks in psychology), S. 265–281.

diSessa, Andrea A. (2008): A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In: Stella Vosniadou (Hg.): International handbook of research on conceptual change. Second edition (Educational psychology handbook series), S. 35–60.

Duit, Reinders (1993): Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: *NiU-Physik* 4 (16).

Duit, Reinders; Treagust, David F. (2003): Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. In: *International Journal of Science Education* 25 (6), S. 671–688. DOI: 10.1080/09500690305016.

Elsner, Peter; Hölzle, Erhard; Diepgen, Thomas; Grether-Beck, S.; Hönigsmann, Herbert; Krutmann, Jean et al. (2007): Empfehlung: Täglicher Lichtschutz in der Prävention chronischer UV-Schäden der Haut. In: *JDDG* 5 (2), S. -. DOI: 10.1111/j.1610-0387.2007.06099_suppl.x.

Fogarty, Joan L.; Wang, Margaret C. (1982): An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. In: *The Elementary School Journal* 82 (5), S. 451–469. DOI: 10.2307/1001323.

Gerthsen, Christian; Meschede, Dieter (2006): Gerthsen Physik. Mit 94 Tabellen, 105 durchgerechneten Beispielen und 1074 Aufgaben mit vollständigen Lösungen und Visualisierungen der Relativitätstheorie auf CD-ROM. 23., überarb. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).

Giancoli, Douglas C.; Eibl, Oliver (2010): Physik. Lehr- und Übungsbuch. 3., erw. Aufl. München, Boston, Mass. [u.a.]: Pearson Studium (Physik).

Hänsel, Horst; Neumann, Werner (1993): Physik: Elektrizität, Optik, Raum und Zeit. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum, Akad. Verl.

Heran-Dörr, Eva (2012): Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.

Hestens, David; Wells, Malcolm; Swackhamer, Gregg (1992): Force Concept Inventory. In: *The Physics Teacher* (30), S. 141–158.

Hewson, Peter W.; Hennessey, M. Gertrude (1992): Making status explicit: A case study of conceptual change. In: Reinders Duit, Fred Goldberg und Hans Niedderer (Hg.): Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies : proceedings of an international

workshop held at the University of Bremen, March 4-8, 1991. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN, 131), S. 176–187.

Hopf, Martin (Hg.) (2009): Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis-Verl.

Jung, Walter (1986): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 34. Jahrgang (13), S. 2–6.

Köpke, Peter; Reuder, Joachim; Schween, Jan (2004): UV-Strahlung - gestern, heute und morgen. In: Markus Riederer, Dana Hager und Claudia Deigle (Hg.): Erhöhte UV-Strahlung. Folgen und Massnahmen ; Rundgespräch am 9. Februar 2004 in München. München: Dr. Friedrich Pfeil (Rundgespräche der Kommission für Ökologie, 27), S. 19–28.

Korner, Marianne (2013): Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht. Eine ungewöhnliche Unterrichtsmethode stellt sich vor. In: *Plus Lucis* (1-2), S. 11–15.

Korner, Marianne (2015): Cross-Age Peer Tutoring in Physik. Evaluation einer Unterrichtsmethode. Berlin: Logos Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 186).

Kuchling, Horst (2007): Taschenbuch der Physik. Mit zahlreichen Bildern und Tabellen. 19., aktualis. Aufl. München: Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl.

Langer, Sarah (2015): Schülervorstellungen zur UV-Strahlung. Universität Wien, Wien. Fakultät für Physik.

Libarkin, Julie C.; Asghar, Anila; Crockett, C.; Sadler, Philip (2011): Invisible Misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. In: *Astronomy Education Review* 10 (1), S. 010105–010105-12. DOI: 10.3847/AER2011022.

Lippit, Peggy (1976): Learning through Cross-Age Helping: Why and How. In: Vernon L. Allen (Hg.): Children as teachers. Theory and research on tutoring. New York: Academic Press (Educational psychology series), S. 157–168.

Mang, R.; Krutmann, J. (2003): Sonnenschutz im Urlaub. In: *Hautarzt* 54 (6), S. 498-505. DOI: 10.1007/s00105-003-0537-y.

Mascia, Mario; Tausch, Michael W.: Ein historisches Experiment 200 Jahre danach. Die Entdeckung der UV-Strahlen durch J. W. Ritter. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* (57 der Gesamtfolge), S. 17–21.

Mayring, Philipp (2008): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 10., neu ausgestattete Aufl. Weinheim, Basel: Beltz (Pädagogik).

Neumann, Susanne; Hopf, Martin (2011): Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Strahlung? In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, S. 157–176.

Niedderer, Hans; Schecker, Horst (1992): Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In: Reinders Duit, Fred Goldberg und Hans Niedderer (Hg.): *Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies : proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4-8, 1991*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN, 131), S. 74–98.

Niedrig, Heinz; Eichler, Hans-Joachim (2004): *Lehrbuch der Experimentalphysik. Optik Wellen und Teilchenoptik*. 10. Aufl. 8 Bände. Berlin, New York: de Gruyter (3).

Palmer, David (1995): The POE in the primary school: An evaluation. In: *Research in Science Education* 25 (3), S. 323–332. DOI: 10.1007/BF02357405.

Rego, Florbela; Peralta, Luis (2006): Portuguese students' knowledge of radiation physics. In: *Physics Education* 41 (3), S. 259–262. Online verfügbar unter <http://stacks.iop.org/0031-9120/41/i=3/a=009>.

Rehfuess, Eva (2002): *Global solar UV index. A practical guide*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Riemeier, Tanja (2007): Moderater Konstruktivismus. In: Dirk Krüger und Helmut Vogt (Hg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. 1st ed. Berlin, New York: Springer, S. 69–79.

Ritter, Johann Wilhelm (1968): Die Begründung der Elektrochemie und Entdeckung der ultravioletten Strahlen. Eine Auswahl aus den Schriften des romantischen Physikers. In: S. Balke, H. Gericke, W. Hartner, G. Kerstein, F. Klemm, A. Portmann et al. (Hg.): *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften: Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt am Main* 1968 (2).

Robinson, Debbie R.; Schofield, Janet Ward; Steers-Wentzell, Katrina L. (2005): Peer and Cross-Age Tutoring in Math: Outcomes and Their Design Implications. In: *Educ Psychol Rev* 17 (4), S. 327–362. DOI: 10.1007/s10648-005-8137-2.

Strike, Kenneth A.; Posner, George J. (1982): *Conceptual change and science teaching*.

Tipler, Paul Allen; Mosca, Gene (2009): *Physik. Für Wissenschaftler und Ingenieure*. 6. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.

Topping, Keith J. (1996): The Effectiveness of Peer Tutoring in Further and Higher Education: A Typology and Review of the Literature. In: *Higher Education* 32 (3), S. 321–345. DOI: 10.2307/3448075.

Topping, Keith J. (2005): Trends in Peer Learning. In: *Educational Psychology* 25 (6), S. 631–645. DOI: 10.1080/01443410500345172.

Vosniadou, Stella (2008): Conceptual Change in Learning and Instruction. In: Stella Vosniadou (Hg.): International handbook of research on conceptual change. Second edition (Educational psychology handbook series), S. 11–30.

White, Richard T.; Gunstone, Richard F. (1992): Probing understanding. London, New York: Falmer.

Wodzinski, Rita (2006): Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

7 Abbildungsnachweise

Abbildung 1 :

Url: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/15/Electromagnetic_spectrum_c.svg
[Zugriff: 01.12.2015]

Alle weiteren Abbildungen sind entweder selbst erstellt oder rechtfrei.

8 Anhang A

8.1 Abstract

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht, ob die Methode Cross-Age Peer Tutoring angewandt am Thema der UV-Strahlung auch zufriedenstellende Erfolge bei den Schülerinnen und Schülern bringt. Dabei nehmen die Schülerinnen und Schüler sowohl die Rolle der Tutees, als auch die Rolle der Tutoren oder Tutorinnen ein. Cross-Age Peer Tutoring wurde bereits in anderen Bereichen der Physik wie Optik und Elektrizitätslehre untersucht und zeigte dort vielversprechende Ergebnisse. Anhand einer selbst entwickelten Unterrichtsintervention, die Schwerpunkte auf Sichtbarkeit von UV-Strahlung, UV-Quellen, Wirkungen von UV-Strahlung und Schutz vor UV-Strahlung legt, wurden die Fortschritte von 26 Schülerinnen und Schülern der 12. Schulstufe aus sechs Klassen von vier Wiener Gymnasien untersucht. In der Intervention wurde intensiv mit der Predict-Observe-Explain Methode gearbeitet, da diese den Prozess eines Conceptual Change begünstigt. Conceptual Change bezeichnet den Prozess bei Schülerinnen und Schülern, in dem die sogenannten Schülervorstellungen, welche nicht immer den physikalischen Ansichten entsprechen müssen, in physikalisch korrekte Vorstellungen umgebaut oder weiter entwickelt werden sollen. Ausgewertet wurde das Mehrwissen der Schülerinnen und Schüler mit Hilfe eines Prä- und Posttestkonzepts. Sowohl vor als auch nach der Intervention wurden von den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern sechs Fragen zu den in der Intervention behandelten Themen beantwortet. Durch die Analyse der Antworten konnte bei den meisten Fragen eine Steigerung des Wissens der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden. Cross-Age Peer Tutoring hat also auch beim Thema UV-Strahlung positive Einflüsse auf die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler.

This diploma thesis analyses the combination of the method of Cross-Age Peer Tutoring with the physical topic of UV radiation. Cross-Age Peer Tutoring has already been proven successful related to other mathematical or physical topics. An intervention about the visibility, sources and effects of UV radiation and protection from it was developed for 18 year old students in order to investigate Cross-Age Peer Tutoring in combination with UV radiation. Due to the positive impact on physics instruction, the Predict-Observe-Explain method was used frequently during the intervention. This method is said to enhance the chance of a Conceptual Change. Conceptual Change is the process in which students' pre-concepts proceed to correct physical concepts. 26 students from 4 schools in Vienna had to undergo this intervention occupying the role of the tutees as well as in the role of the tutors. Within a pre- and post-test

setting the students had to answer six questions about UV radiation. The answers were analysed and thereby a positive impact on the students' knowledge about UV radiation could be observed. It can be said that Cross-Age Peer Tutoring applied on teaching the topic of UV radiation works out well and has an eligible effect on students' learning progress.

8.2 Lebenslauf

Konrad Schwarz

geboren am 30. August 1988 in Steyr

09/2003 – 06/2008	HTL-Steyr, Abteilung Mechatronik – Präzisionstechnik
24. Juni 2008	Abschluss der Reife- und Diplomprüfung mit Auszeichnung
08/2008 – 08/2009	Ableistung eines Zivilersatzdienstes in Cebu, Philippinen
Seit März 2010	Lehramtsstudium für Mathematik und Physik, Universität Wien
02/2013 – 07/2013	Auslandssemester an der Università degli Studi di Padova
03/2014 – 07/2015	Studienassistent und Projektmitarbeiter am Zentrum für LehrerInnenbildung der Universität Wien

9. Anhang B

9.1 Arbeitsmappe für Tutees

Name: _____ Klasse: _____

Arbeitsblätter zum Thema
UV-Strahlung



Hier ist etwas zu lesen!



Hier musst du etwas notieren!



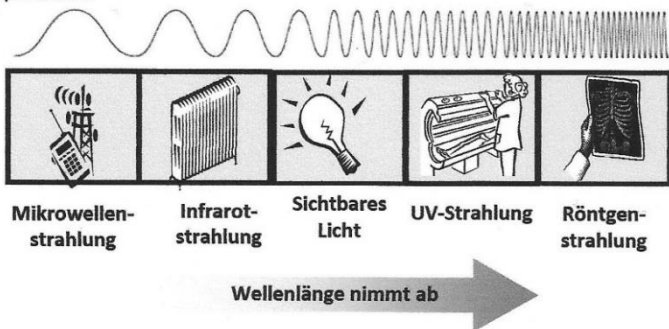
Hier arbeitet deine TutorIn mit dir!

UV-Strahlung (kurz für „Ultraviolette Strahlung“) schließt direkt an den violetten Bereich des sichtbaren Lichtes an und hat eine kürzere Wellenlänge (ca. 10 – 380 nm – das entspricht dem Tausendstel der Dicke eines Haares).



TutorIn
Erklärt

Abbildung des Spektrums:



Mikrowellenstrahlung Infrarotstrahlung Sichtbares Licht UV-Strahlung Röntgenstrahlung

Wellenlänge nimmt ab

1. UV-Quellen



Gibt dir Kärtchen aus und erklärt dir die Spielregeln

TutorIn

Halte die UV-Quellen aus dem Spiel fest!



2. Brillenexperiment



Leuchte mit der UV-Lampe
NIE direkt ins Auge!



Gibt dir Materialien und
Anleitungen!

TutorIn



Was glaubst du wird hinter einer UV-undurchlässigen Brille zu sehen sein, wenn man mit der UV-Lampe durch die Gläser leuchtet?

Was ist tatsächlich hinter der Brille zu sehen, wenn du mit der UV-Lampe durch die Gläser leuchtest?

Besprich das Experiment mit deinem Tutor/ deiner Tutorin und notiere kurz deine Erkenntnis aus dem Experiment mit der Brille und den Perlen!

3. Wirkungen der UV-Strahlung



Markiere im folgenden Text alle positiven und negative Wirkungen von UV-Strahlung mit zwei verschiedenen Farben!

UV-Strahlung ist notwendig, um Vitamin D zu bilden, welches vor allem für die Entwicklung und Festigkeit der Knochen wichtig ist. Des Weiteren wirkt sie gegen Depressionen, unter anderem durch eine vermehrte Produktion von "Glücksstoffen" (die sogenannten Endorphine). UV-Strahlung kann außerdem die Symptome einiger Hautkrankheiten wie Schuppenflechte und Neurodermitis mildern und wird deshalb auch in der Medizin eingesetzt.

Intensive UV-Strahlung schwächt das Abwehrsystem der Haut und begünstigt dadurch das Auftreten von Hautinfektionen und Tumoren. Sie kann in hohen Dosen zu Sonnenbrand, Sonnenallergie und vorzeitiger Hautalterung führen. Außerdem kann UV-Strahlung Bindehautentzündungen, Netzhautschäden und Linsentrübung verursachen.

Kurzwellige UV-Strahlung wird auch zur Desinfektion in biologischen und medizinischen Labors oder auch in Teichpumpen verwendet, da sie Viren und Bakterien sowie Kleinstlebewesen abtötet. Auch die Wiener Hochquellwasserleitung desinfiziert unser Trinkwasser mit Hilfe von UV-Strahlung.

Die rettende Idee?



Der Wissenschaftler Dr. Heronimus Bösfunkel unterbreitet der Regierung einen interessanten Vorschlag:

„Die Sonne mit ihrer bösen UV-Strahlung gefährdet uns alle – wir bauen ein riesiges, UV-undurchlässiges Schutzschild um die ganze Erde und retten uns so vor der gefährlichen Strahlung. Die Welt wird uns dafür feiern!“

Hältst Du seinen Plan für eine gute Idee? Begründe!

4. Schutz vor UV-Strahlung



Gibt dir Materialien und
Versuchsanleitung!



Schutzmaßnahme	Vermutung		Ergebnis	
	schützt	schützt nicht	schützt	schützt nicht
Wasser				
Ins Haus gehen				
Sonnenbrille 1				
Sonnenbrille 2				
Sonnencreme				
Jeansstoff				

Was macht den Unterschied zwischen den beiden Sonnenbrillen aus?

UV-Strahlung

0. UV-Strahlung

Besprich mit den Tutees die Legende mit den Symbolen sowie die einleitenden Worte und die Abbildung zum Spektrum auf dem Arbeitsblatt!

1. UV-Quellen

Ziel der Lektion: Die Tutees sollen verschiedene Quellen für UV-Strahlung kennen lernen.

Material:

- 18 Kärtchen
- Schilder mit „UV-Quellen“ und „keine UV-Quellen“

Das ist zu tun:

1. **Mische die Kärtchen durch!**
2. Teile den Tutees die (insgesamt 18) Kärtchen aus und lass sie diese in die Kategorien „UV-Quellen“ und „keine UV-Quellen“ einordnen.
3. Überprüfe, wie viele Kärtchen richtig eingeordnet wurden (sowohl Quellen als auch „Nichtquellen“) und nenne den Tutees diese Zahl! Die Tutees sollen dann selbst überlegen, welche Quellen sie falsch eingeteilt haben und es nochmal probieren. (Lass ihnen insgesamt 5-7 min dafür Zeit).

LÖSUNG: UV-Quellen sind Sonne, Solarium, Blitz, Polarlicht, Schweißgerät, Sterne

Keine UV-Quellen sind Luftballon, T-Shirt, Katzenaugen, Lächeln, Münze, Mond, Kraftwerk, Fische, Wasserflasche, Antenne, Heizkörper, Batterie

4. Lass die Tutees nun die Quellen für UV-Strahlung aus dem Spiel in ihr Arbeitsblatt eintragen.

2. Brillenexperiment

Ziel der Lektion:

Die Tutees sollen folgenden Satz selbstständig erarbeiten: UV-Strahlung ist unsichtbar, aber mithilfe von Detektoren nachweisbar.

Material:

- UV-Perlen
- UV-Lampe
- Brille

VORSICHT:

- Achte darauf, dass die Tutees sich mit der UV-Lampe NICHT direkt in die Augen leuchten!
- Halte die Lampe mind. 0.5 m von den Perlen entfernt!

Ablauf:

1. Zeige den Tutees die UV-Lampe und erkläre, dass diese UV-Strahlung aussendet. Zeige die UV-Perlen her und erkläre, dass sie sich unter UV-Bestrahlung verfärben. Lass es die Tutees ausprobieren! Nimm ihnen dann die Perlen wieder weg.
2. Erkläre, dass diese Brille keine UV-Strahlung durchlässt und stelle die Frage, was die Tutees vermuten hinter der Brille zu sehen, wenn sie mit der Lampe durch die Gläser leuchten (*ohne Perlen*). Diese Vermutung soll am Arbeitsblatt notiert werden!
3. Lass die Tutees ihre Vermutung überprüfen (*ohne Perlen*), ihre Beobachtung formulieren und im Arbeitsblatt notieren.
4. Lass die Tutees die Brille mit den UV-Perlen testen, ob sie tatsächlich die UV-Strahlung abhält.
5. Die Tutees finden folgende Schlussfolgerung: „Das blaue Licht hat mit der UV-Strahlung nichts zu tun.“ → Erkläre, dass UV-Strahlung unsichtbar ist und die Lampe nur aus

technischen Gründen blaues Licht zusätzlich ausstrahlt. Nachdem du das mit den Tutees besprochen hast, lass sie diese Erkenntnis wieder im Arbeitsblatt festhalten.

3. Wirkungen von UV-Strahlung

Ziel der Lektion:

Die Tutees sollen die Wirkungen von UV-Strahlen auf unser tägliches Leben in vielfältiger Weise erfahren.

Material:

- Infotext im Arbeitsblatt
- Stifte zum Unterstreichen

Ablauf:

1. Lass deine Tutees den Infotext am Arbeitsblatt durchlesen und stell den Auftrag, positive und negative Auswirkungen mit unterschiedlichen Farben im Text zu markieren!
2. Lass die Tutees arbeiten und unterstütz sie, sollten sie Fragen an euch haben!
3. Lass nun die Tutees die Aufgabenstellung zu „Die rettende Idee!“ lesen. Besprich ihre Vorschläge und lass sie ihre Begründungen im Arbeitsblatt notieren.

LÖSUNGSVORSCHLAG: Würde keine UV-Strahlung mehr auf die Erde treffen, wäre zwar das Risiko für Sonnenbrand und Hautkrebs geringer, allerdings hätte das Fehlen der UV-Strahlung auch negative Auswirkungen auf unsere Gesundheit (siehe Infotext). UV-Strahlung ist also ein notwendiger Teil unserer Umwelt!

4. Schutz vor UV-Strahlung

Ziel der Lektion: Die Tutees sollen durch Experimentieren feststellen, welche Materialien einen wirksamen UV-Schutz bieten und welche dafür nicht geeignet sind.

Material:

- UV-Perlen
- UV-Lampe
- Sonnenbrillen
(Sonnenbrille 1 mit, 2 ohne UV-Schutz)
- Häuschen
- Stoffe
- Wasser
- Sonnencreme

Ablauf:

1. Stelle den Tutees folgende Aufgabe: Sie sollen sich überlegen, bei welchen Materialien die UV-Strahlung durch geht und welche Materialien Schutz vor UV-Strahlung bieten. Lass sie ihre Vermutungen in die Vermutungsspalte am Arbeitsblatt eintragen.

2. Gib ihnen dann die Materialien und lass sie ihre Vermutungen auf die Probe stellen. Beleuchte auch immer gleichzeitig eine ungeschützte Perle als Kontrolle, um die Schutzwirkung beurteilen zu können!

Das musst du dem Tutee noch sagen:

„ins Haus gehen“: stelle das Häuschen über eine Perle

„Wasser“: fülle den Becher mit etwas Wasser, gebe Perle hinein und beleuchte den Becher von oben

„Sonnencreme“: gib eine Perle in ein Plastiksäckchen und schmiere dieses mit der Creme ein

3. Erwinnere nach ungefähr 4 bis 5 Minuten deine Tutees daran ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt festzuhalten.
4. Besprich mit den Tutees, welcher Unterschied zwischen den Sonnenbrillen bestehen könnte.

LÖSUNGSVORSCHLAG: Die eine Brille besitzt einen UV-Schutz, die andere nicht. Dunkles Glas alleine reicht nicht als Schutzmaßnahme aus.

ANMERKUNG: Alle Sonnenbrillen, die in Österreich verkauft werden, sollten Schutz vor UV-Strahlung bieten. Das ist sogar gesetzlich geregelt.

5. Wenn noch Zeit bleibt, kannst du deine Tutees abschließend fragen, ob sie noch weitere Ideen zum UV-Schutz haben. Ihr könnt auch noch weitere Versuche durchführen und in die Tabelle eintragen.

(Lass dazu die Tutees weitere Materialien und Gegenstände ausprobieren – z.B. ihr T-Shirt!)