







MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

"Vermittlung des Themas Strahlung durch Cross-Age Peer Tutoring"

verfasst von / submitted by

Theresa Scherer, BEd

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

Wien, 2024 / Vienna 2024

Studienkennzahl It. Studienblatt /

degree programme code as it appears on

the student record sheet:

UA 199 520 523 02

Studienrichtung It. Studienblatt /

degree programme as it appears on

the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund

Unterrichtsfach Mathematik Unterrichtsfach

Physik

Betreut von / Supervisor:

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mag. Dr. Marianne Korner

Inhaltsverzeichnis

Ab	ostract	3
1 -	– Einleitung	4
2 -	– Theoretisches Rahmenkonzept	6
	2.1 Cross-Age Peer Tutoring	6
	2.1.1 Allgemeines	6
	2.1.2 Tutor:innen und Tutees	6
	2.1.3 Zwei Phasen des CAPTs	8
	2.1.4 Lerngruppen bilden	10
	2.1.5 Beziehungsebene von Tutor und Tutee	10
	2.1.6 Effekte auf den Tutor	11
	2.1.7 Schwierigkeiten des CAPT	12
	2.1.8 Unterstützung und Motivation der Tutor:innen	13
	2.1.9 Umsetzung einer konstruktivistischen Lernumgebung	14
	2.2 Vorunterrichtliche Vorstellungen	16
	2.2.1 Definition	16
	2.2.2 Konzeptwechsel	17
	2.2.3 Konzeptwechsel fördern	17
	2.2.4 Vorunterrichtliche Vorstellungen zur Strahlung	19
	2.3 Alltagsbezug	23
	2.3.1 Geschlechtsspezifische Interessensgebiete	23
	2.3.2 Alltagsorientierung im Unterricht	23
	2.4 Motivation	26
	2.4.1 Was ist Motivation	26
	2.4.2 Einteilung der Motivation	27
	2.5 Forschungsfragen	29
3 -	- Empirischer Teil	31
	3.1 Forschungsdesign	31
	2.1.1 Wahl dar Unterrichtsmethode	21

	3.1.2 Hintergrundinformationen zur Schule	. 32
	3.1.3 Ablauf des CAPT	. 32
	3.2 Erstellen der Arbeitsmaterialien	. 35
	3.2.1 Key Ideas	. 35
	3.2.2 Grundlage des CAPTs	. 36
	3.2.3 Arbeitsblatt	. 36
	3.2.4 Handreichung der Tutor:innen	. 39
	3.2.5 Prä- und Posttest	. 39
	3.2.6 Fragebogen zur Motivation	. 41
4 -	- Ergebnisse	. 42
	4.1 Grundlagen der Auswertung	. 42
	4.2 Auswertung von Prä- und Posttest	. 45
	4.2.1 Auswertung nach Klassen	. 46
	4.2.2 Analyse einzelner Fragen	. 48
	4.3 Auswertung des Fragebogens zur Motivation	. 51
	4.3.1 Vergleich Tutees und Tutor:innen	. 51
	4.3.2 Vergleich Tutees und Kontrollgruppe	. 52
5	– Diskussion	. 54
	5.1 Wissenszuwachs	. 54
	5.2 Motivation	. 59
	5.3 Fazit	. 61
6	- Literaturverzeichnis	. 63
7 -	– Anhang	. 67
	7.1 Arbeitsblatt Tutoring	. 67
	7.2 Informationstext	. 72
	7.3 Handreichung Tutor:innen	. 73
	7.4 Planung Mentoring und Tutoring	. 79
	7.5 Prä- und Posttest	. 83
	7.6 Fragebogen Motivation	. 87
	7.7 Präsentation Mentoring	. 89
გ.	– Fidesstaatliche Erklärung	92

Abstract

Die vorliegende Arbeit untersucht die Unterrichtsmethode des Cross-Age Peer Tutorings (CAPT) hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf den Wissenstand und der Motivation der Schüler:innen im Unterrichtsfach Physik. Bei dieser Unterrichtsform unterstützen ältere Schüler:innen (Tutor:innen) jüngere Kinder (Tutees) im Lernprozess und erweitern dadurch ebenso ihre Kompetenzen (Topping, 1996).

Die Lernmethode wurde bereits in einigen Studien anhand verschiedener physikalischer Themen erprobt und hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit untersucht. Beispielweise plante und erprobte Korner (2014) eine CAPT-Intervention zu den Themen Elektrizitätslehre und Optik, sowie Pauer (2015) zum Thema Licht und Schatten. Beide konnte mit der gewählten Unterrichtsmethode signifikante Ergebnisse erzielen. Die vorliegende Arbeit erweitert die Erkenntnisse zum CAPT im physikalischen Kontext um den Themenbereich der elektromagnetischen Strahlung, wobei Tutor;innen der Sekundarstufe II und Tutees der SEK I eingesetzt werden. Die inhaltliche Grundlage für die CAPT-Intervention bildet empirisch getestetes Material von Zloklikovits (2022).

In der Untersuchung wird der Frage nachgegangen, ob sich die Unterrichtsmethode zum Thema elektromagnetischer Strahlung positiv auf den Wissenstand, sowie die Motivation der Schüler:innen auswirkt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich sowohl der Wissensstand der Tutees als auch jener der Tutor:innen durch die durchgeführte CAPT-Intervention signifikant erhöht. Der Lernzuwachs ist jedoch mit jenem der Kontrollgruppe vergleichbar. Ein positives Ergebnis zeigt sich außerdem in der Motivation der Jugendlichen. Im Vergleich zu den Schüler:innen der Kontrollgruppe weisen die Tutees eine signifikant höhere Motivation im Lernprozess auf. Auch die Tutor:innen stehen der Intervention motiviert gegenüber, ihre Motivation liegt jedoch etwas unter jener der Viertklässler:innen.

1 – Einleitung

Eine Lehrperson muss viele Fähigkeiten besitzen, um die Schüler:innen einer Klasse bei ihren individuellen vorunterrichtlichen Vorstellungen abzuholen, um ihnen darauf aufbauend neue Konzepte vermitteln zu können. Teilweisen sind zahlreiche unterschiedliche Erklärungen der Lehrperson dennoch nicht ausreichend, um das Verständnis aller Schüler:innen zu erlangen. In diesem Zusammenhang kann es hilfreich sein, ältere Schüler:innen (als Tutor:innen bezeichnet) zur Unterstützung einzusetzen. Diese können teilweise mit Leichtigkeit das Verständnis der Jüngeren erreichen. Möglicherweise hatten sie sogar vor Kurzem ähnliche Fehlvorstellungen und können an dieser Stelle mit ihrer Erklärung ansetzen. Die Kommunikation findet hierbei auf einer anderen Beziehungsebene statt als im regulären Unterricht zwischen Lehrperson und Schüler:innen. Außerdem können sich die Älteren teilweise aufgrund der zeitlichen Nähe zum eigenen Lernprozess in die jüngeren Schüler:innen hineinversetzen und die Lernschwierigkeiten besser nachvollziehen als eine erwachsene Person. Diese Methode des altersübergreifenden, gemeinschaftlichen Lernens macht sich das Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) zu Nutze. Im CAPT unterstützen ältere Schüler:innen (Tutor:innen) jüngere (Tutees) im Lernprozess (Cohen, 1986).

In mehreren Studien von beispielsweise Trost (1997), Galbraith und Winterbottom (2011) und Roscoe und Chi (2007) konnte bereits gezeigt werden, dass die Unterrichtsmethode des CAPTs positive Effekte auf Schüler:innen hat. Auch im naturwissenschaftlichen Unterricht liefert die Lernmethode erfreuliche Ergebnisse. Korner (2016) weitete das CAPT auf die Themen Elektrizitätslehre und Optik aus und konnte signifikante Ergebnisse im Wissenserwerb der Schüler:innen messen. Erfolge im Lernzuwachs mithilfe des CAPTs konnten auch Gröller (2020) und Himmer (2012) in den Bereichen Magnetismus und Gleichstromkreise erzielen. In der vorliegenden Arbeit wird die Unterrichtsmethode des CAPTs auf ein weiteres physikalisches Themengebiet, der elektromagnetischen Strahlung, ausgeweitet Wissenstand, sowie die Motivation der Schüler:innen untersucht. Die Tutees sind Viertklässler:innen, welche im Rahmen des CAPTs von Sechstklässler:innen (Tutor:innen) unterstützt werden.

Das Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, ob die Methode des CAPTs im gewählten Themenbereich lernwirksam ist und inwiefern sich die Unterrichtsform auf die Motivation der Schüler:innen auswirkt. Der Fokus liegt hierbei einerseits auf den Tutees, andererseits auf den Tutor:innen. Der Wissensstand der Schüler:innen wird vor und nach der CAPT-Intervention mithilfe eines Prä- und Posttests ermittelt. Außerdem füllen die Jugendlichen nach der Intervention einen Fragebogen zur Motivation aus, um diese mit der Kontrollgruppe derselben Jahrgangsstufe vergleichen zu können.

Im ersten Kapitel der Arbeit wird die Unterrichtsmethode des Cross-Age Peer Tutorings näher beschrieben. Außerdem wird auf die Beziehungsebene von Tutor und Tutee eingegangen, sowie Schwierigkeiten erläutert, welche im Zuge des CAPTs entstehen können. Außerdem werden Möglichkeiten zur Unterstützung der Motivation von Tutor:innen aufgezeigt. Anschließend werden im ersten Kapitel vorunterrichtliche Vorstellungen und der damit verbundene Konzeptwechsel thematisiert, wobei speziell auf das Thema elektromagnetische Strahlung Bezug genommen wird. Abgeschlossen wird das Kapitel mit der Bedeutsamkeit des Alltagsbezugs im Unterricht, der Definition und Einteilung der Motivation, sowie den Forschungsfragen der Arbeit.

Im empirischen Teil wird das Forschungsdesign erläutert und auf die Erstellung der Arbeitsmaterialien näher eingegangen. Die Ergebnisse werden im dritten Kapitel dargelegt und anschließend in der Diskussion interpretiert.

2 – Theoretisches Rahmenkonzept

2.1 Cross-Age Peer Tutoring

2.1.1 Allgemeines

Cross-Age Peer Tutoring bezeichnet eine Lernform, bei welcher jahrgangshöhere Schüler:innen jüngere Kinder im Lernprozess unterstützen. Die Form des gemeinschaftlichen Lernens ist jedoch keine neue Erfindung. Schon in der antiken römischen und griechischen Bildung gab es eine Art Peer Tutoring. Lernende, welche sich deutlich im Leistungsstand unterschieden, fanden sich in Paaren oder Gruppen zusammen. Die Jugendlichen höheren Wissensstands unterstützen die anderen bei Lernschwierigkeiten. Diese Unterstützung finden wir heute im typischen Nachhilfeunterricht (Topping 1996). Nach Rohr (2016) konnte auch in der Lehre des Philosophen Aristoteles eine Form des Peer-Tutorings gefunden werden. Ein Wiederaufleben der Lernmethode fand im 18. und 19. Jahrhundert in den Vereinigten Staaten statt. Einen wichtigen Beitrag leisteten hier die beiden Pädagogen Bell und Lancaster.

Heute finden wir altersübergreifendes Lernen nicht nur in der klassischen Nachhilfe, sondern auch in zahlreichen universitären Studiengängen durch Tutor:innen-Programme (Rohr 2016). Wie Pauer (2015) betont, werden ebenso in der Pädagogik nach Montessori Jugendliche aktiv zum Unterrichten von Jüngeren oder Gleichaltrigen eingesetzt. Dadurch wird das Ziel verfolgt, mehr Selbstständigkeit der Schüler:innen zu erlangen und ihr Wissen im jeweiligen Fachgebiet durch gezieltes Erklären und Hinterfragen zu vertiefen.

2.1.2 Tutor:innen und Tutees

Bei der Methode des Cross-Age Peer Tutorings (kurz: CAPT) gibt es zwei mögliche Rollen, die die Lernenden einnehmen: die der Tutor:innen oder die der Tutees. Die Tutor:innen verfügen bereits über das zu vermittelnde Wissen und haben die Aufgabe, die kognitiven Prozesse der Tutees zu leiten und sie in ihrem Lernprozess zu unterstützen. Das Ziel der Lernmethode ist es, für beide Parteien eine tiefere Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Unterrichtsthema zu ermöglichen (Topping 1996).

Untersuchungen von Roscoe und Chi (2007) haben gezeigt, dass sich (Cross-Age) Peer Tutoring positiv auf die schulischen Leistungen der Tutees, sowie auf diese der Tutor:innen auswirkt. Als Erklärung wird hier die wiederholte und dadurch intensivere Auseinandersetzung mit dem Lernstoff genannt. Vor allem Tutor:innen wiederholen den bereits gelernten Stoff durch das Erklären immer wieder, beantworten Fragen der Tutees und werden dadurch "gezwungen" ihr eigenes Wissen zu hinterfragen und überdenken. Mögliche Missverständnisse können dadurch aufgedeckt und korrigiert werden. Galbraith und Winterbottom (2011) stellen in ihren Untersuchungen fest, dass das Projekt für die Tutor:innen einen besonders großen Effekt hat, wenn sie im Tutoring an die eigenen Grenzen stoßen. Am Ende ihres Wissens angekommen müssen die Schüler:innen Erklärung aus dem vorhandenen Wissen konstruieren und neu tieferes Dadurch entsteht ein sortieren. und vernetztes Verständnis Themengebiets.

Laut den Autoren (ebd.) geben Tutor:innen in nachträglich durchgeführten Interviews an, dass es ihnen wichtig ist, Fragen der Tutees beantworten zu können. Kommen sie an ihre Grenzen des Wissens, könnten sie sich vor den jüngeren Schüler:innen möglicherweise blamieren. Unter anderem aus diesem Grund ist die Wichtigkeit des Mentorings zu betonen. Durch die Auffrischung des Inhalts soll eine Blamage so gut wie möglich verhindert werden. Auf die Vorteile des Mentorings wird jedoch später noch näher eingegangen. Natürlich ist es unvermeidbar, dass die Tutor:innen gewisse Fragen der Tutees nicht beantworten können, wobei das Eingreifen der Lehrperson gefragt ist.

Nach Galbraith und Winterbottom (2011) unterscheidet sich die Wissensaneignung der Tutor:innen im Zuge des CAPTs gegenüber dem Lernen für einen Test unter anderem darin, dass die Inhalte meist nicht auswendig gelernt werden. Um Wissen zu vermitteln, müssen die Basiskonzepte auf einer Ebene der bewussten Kompetenz verstanden werden und als Erklärungsmodelle herangezogen werden können, um sie in vereinfachter Weise den Tutees zu vermitteln bzw. sie in deren eigenem Lernprozess zu unterstützen. Bei den Tutor:innen findet somit durch die Tatsache, dass sie für die Wissensaneignung einer anderen Person verantwortlich sind, ein aktiver Lernprozess statt.

2.1.3 Zwei Phasen des CAPTs

Um die Tutor:innen auf die CAPT-Intervention vorzubereiten, sollte zuvor eine Art Einführung stattfinden. In dem sogenannten Mentoring erhalten die älteren Schüler:innen eine fachliche und inhaltliche Einschulung durch die Lehrperson. Meist werden hier auch bereits die Arbeitsunterlagen der CAPT-Intervention besprochen. Neben der Auffrischung des Wissens erhalten sie wichtige Basisinformationen zu sozial-kommunikativen Faktoren des CAPT. In diesem Zusammenhang werden die darauf Tutor:innen hingewiesen, möglichst als Coaches anstatt als Wissensvermittler:innen zu agieren. Sie sollen die Tutees im Arbeitsprozess unterstützen, jedoch die Jüngeren an eigenen kognitiven Prozessen nicht hindern (Korner 2013, Robinson 2005). Topping (1996) bestätigt in seiner Untersuchung die höhere Erfolgsquote beider Parteien, wenn die Tutor:innen zuvor ein Mentoring haben. Geschulte Tutor:innen vermeiden erhalten eher eine direkte Wissensvermittlung durch eine Art Vortrag, sondern unterstützen die Tutees in ihren kognitiven Prozessen.

Korner (2017) betont den Nutzen des Mentorings der Tutor:innen unter anderem darin, dass die Schüler:innen ihre individuellen Konzepte kennenlernen, hinterfragen und weiterentwickeln. Gemeinsam mit der Lehrperson werden Strategien entwickelt und Tipps gesammelt, um den Lernprozess mit den Tutees bestmöglich zu gestalten.

Nach dieser ersten Phase, folgt das eigentliche Tutoring mit den jüngeren Schüler:innen. Hier treffen die zwei Parteien erstmals aufeinander und lernen einander kennen. Je nach Umfang des zu vermittelnden Inhalts entspricht die Dauer des Tutorings meist einer Unterrichtseinheit (Korner, 2016). Wie bereits erwähnt, sind die Tutor:innen die Expert:innen im Lernprozess und die Lehrperson greift nur dann ein, wenn die Situation für die Tutor:innen nicht händelbar ist bzw. Probleme auftreten.

Die Tutor:innen sollen im Tutoring die Rolle der Expert:innen einnehmen. Bezüglich der Selbstwirksamkeit und Motivation ist es förderlich, wenn die Tutor:innen die Rahmenbedingungen der Intervention so gut wie möglich selbstständig gestalten können. Die gesamte Vorbereitung der Tutor:innen findet im Mentoring statt. Reusser (2001) schreibt zukünftigen Lehrpersonen zwar weiterhin die Rolle zu, Zugänge zu Wissen zu ermöglich, dennoch sieht er einen klaren Wandel.

Zu erwarten ist, dass in einer Schule mit erweitertem Lernbegriff Lehrerinnen und Lehrer über ein breites Repertoire an Methoden und didaktischen Inszenierungsmustern verfügen werden. Zugleich werden sie sich weniger als primäre Stoffdarstellerinnen und Lektionengeber, dafür vermehrt als Gestalter und Gestalterinnen von Lernumgebungen – und darin als kognitive Verhaltensmodelle, Lerngerüste, Coachs und Lernhelferinnen, als Fachpersonen für das Lernen – verstehen. (Reusser, 2001, S. 130)

Um bestmöglich auf das Tutoring vorbereitet zu sein empfiehlt Berger (2017) typische Situationen durch Rollenspiele oder Fallbeispiele mit den Tutor:innen zu behandeln. Gemeinsam werden Lösungsstrategien gefunden und unterschiedliche Hilfetechniken geübt. Das Training soll zur Förderung der Selbstständigkeit der jüngeren Schüler:innen beitragen, indem unterschiedliche Stufen der Autonomieunterstützung diskutiert werden (siehe Abbildung 1).

Berger (2017) hält drei Grundregeln für ein Autonomie förderndes Verhalten der Tutor:innen fest. Erstens soll nur geholfen werden, wenn tatsächlich Hilfe gebraucht wird. Zweitens sollen die Tutor:innen bis drei zählen bevor sie helfen, um vorschnelles Handeln zu vermeiden. Somit haben die Tutees die Chance, ihre Fehler selbst zu erkennen. Beim Erfüllen der dritten Regel leiten die Tutor:innen mit anregenden Fragestellungen an, sodass die Tutees möglich viel selbst machen bzw. denken.

Die Tutor:innen nehmen im Peer-Tutoring zwar die Expert:innenrolle an, jedoch kann können auch sie ihre Wissensgrenzen kommen. Bei offenen Fragen kann beispielsweise gemeinsam im Internet recherchiert werden, wodurch der Lernprozess sogar angeregt werden kann.

Gespräch während des Tutorings zwischen Tutee und Tutor					
Alleine machen	Vormachen - Nachmachen	Hilfe zu Selbsthilfe			
"Ich weiß nicht, wie das geht." "Dann mach" ich es für dich." (Steckt Kabel hinein) "So, fertig"	"Ich weiß nicht, wie das geht." "Ich zeig es dir!" (Steckt Kabel hinein) "So, fertig" (Zieht Kabel heraus) "Versuch es nun selbst!"	"Ich weiß nicht, wie das geht." "Was genau verstehst du nicht?" "Wie man die Lampe anschließt." "Ich gebe dir eine Hilfe: Wo passen die Kabel hinein?"			

Abbildung 1: Unterschiedliche Hilfetechniken im Rollenspiel (inhaltlich übernommen von Berger 2017, S. 236)

2.1.4 Lerngruppen bilden

In der Definition des Cross-Age Peer Tutoring ist die Gruppengröße nicht näher beschrieben. Nach Fogarty und Wang (1982) wird jedoch der größte Lerneffekt bei einer Eins-zu-eins-Betreuung zwischen Tutor und Tutee erzielt. Bilden die Tutees eine Kleingruppe, welcher jeweils ein Tutor zugeteilt ist, nehmen meist nicht alle Tutees der Gruppe eine aktive Rolle ein. Auch die Tutor:innen werden bei einer Eins-zu-eins-Betreuung angeregt, aktiv zu sein, um den Lernprozess voranzutreiben. Ist jeder Person nur ein Tutee bzw. ein Tutor zugeteilt, können sie sich nur auf eine Person konzentrieren, wodurch der Prozess vereinfacht wird.

Topping fanden und Whiteley (1993)heraus. dass auch die Geschlechterzusammensetzung von Tutor und Tutee einen Einfluss auf den Lernprozess der jüngeren Schüler:innen haben kann. Mehrere Untersuchungen haben ergeben, dass zwar bei geschlechtergemischten Paaren auch ein Lernerfolg der Tutees erzielt wird, ein größerer Fortschritt konnte aber bei geschlechtergleichen Gruppen festgestellt werden. Wird jedoch der Wissenszuwachs der Tutor:innen je nach Geschlechterzusammensetzung untersucht, so erzielen weibliche Tutor:innen in Kombination mit männlichen Tutees einen größeren Erfolg, als wenn die weibliche Tutees unterstützen.

2.1.5 Beziehungsebene von Tutor und Tutee

Einen weiteren Aspekt des Peer Tutorings ist die veränderte Beziehung zwischen der Tutor-Tutee Interaktion, im Gegensatz zum gewohnten Lehrperson-Schüler:innen-Setting. Da sich das Alter der Tutor:innen und Tutees nur um etwa zwei Jahre unterscheidet, können die Gruppen auf andere Art und Weise miteinander kommunizieren. Durch dieselbe Peer-Sprache werden Erklärungen für die Tutees besser verständlich. Ebenso fällt es den Tutor:innen im Gegensatz zur Lehrperson oftmals leichter, Lernschwierigkeiten nachzuvollziehen. Durch die zeitliche Nähe zum eigenen Lernprozess in diesem Themengebiet und möglicherweise sogar ähnlichen Fehlvorstellungen, können sich Tutor:innen besser mit den Tutees identifizieren und an deren Wissensstand anknüpfen (Cohen, 1986).

Werden Peer Tutoring und CAPT hinsichtlich des unterschiedlichen Wissensniveaus der Schüler:innen verglichen, birgt laut Pauer (2015) ersteres die Gefahr des Entstehens von Selbstwertproblemen. Lernen Gleichaltrige miteinander und erkennen

einen deutlichen Unterschied in ihrem Wissensstand, so kann es zu einem Schamgefühl und vermindertem Selbstwertgefühl kommen, wenn man Dinge im Gegensatz zu den anderen Teilnehmer:innen nicht beantworten kann. Beim CAPT gibt es diese Gefahr eher nicht, da die meisten damit zurechtkommen, sich von Älteren Erklärungen anzuhören und neue Dinge lernen. Fisher (2019) hebt in diesem Kontext hervor, dass Tutor:innen ihr höheres Niveau in dem Themengebiet nicht gezielt einsetzen sollten, um die Tutees zu verunsichern und möglicherweise herabzuwürdigen. Diesbezüglich hilft eine Einschätzung der Tutor:innen durch die Lehrperson, sodass der Aspekt gegebenenfalls im Mentoring thematisiert wird.

2.1.6 Effekte auf den Tutor

Die Methode des CAPT ermöglicht den Tutor:innen, neue Fähigkeiten zu entwickeln. Schüler:innen die an einem Thema wenig Interesse zeigen bzw. dem eigenen Lernprozess oftmals negativ gegenüber stehen, blühen bei der Zusammenarbeit mit den Tutees regelrecht auf. Die Tutor:innen schlüpfen während der Intervention in eine Vorbildrolle und hinterfragen dadurch auch ihr eigenes Verhalten. In der Tutor:innenrolle legen die älteren Schüler:innen daher seltener unangemessenes Verhalten an den Tag als im regulären Unterricht. Auch die Verantwortungsübernahme für das Lernverhalten anderer Schüler:innen, wirkt sich positiv auf das Verhalten der Tutor:innen aus (Trost, 1997).

Ein positives Selbstwertgefühl (self-esteem) entsteht laut Trost (1997) vor allem durch die Entwicklung von Kompetenz. Für die meisten Schüler:innen ist es daher viel wirksamer selbst zu erkennen, dass sie eine Herausforderung gemeistert und gute Leistungen erbracht haben, als durch positives Feedback der Lehrperson. Diese Basis kann durch CAPT leicht geschaffen werden. Die Tutor:innen haben bei der Lernform die Möglichkeit neue Fähigkeiten, wie das Erklären von Lerninhalten, zu erlernen und erhalten direktes Feedback von den Jüngeren.

Galbraith und Winterbottom (2011) nennen das Beantworten von Fragen der Tutees als wichtigen Faktor in der Beziehungsebene. Durch korrektes Antworten nehmen die älteren Schüler:innen ihre Rolle als Expert:innen unmittelbar wahr. Sie erkennen einen direkten Einfluss auf ihre Umgebung, was wiederum ihre intrinsische Motivation steigert.

Lehrpersonen seien CAPT-Interventionen gegenüber oftmals negativ eingestellt, da ihnen kein positiver Nutzen für die Tutor:innen bekannt ist. Durch diese Tatsache und den hohen Zeitfaktor, sähen sie sich verpflichtet, ein Belohnungssystem für die Tutor:innen zu entwickeln. Dieses kann laut Korner (2014) jedoch als hinfällig betrachtet werden, da die Tutor:innen auch ohne zusätzliche Maßnahmen auf einer fachlichen Ebene von der Intervention profitieren. Positive Effekte würden sich außerdem unabhängig von der kognitiven Leistungsfähigkeit der Tutor:innen ergeben. Somit können alle Schüler:innen als Tutor:innen tätig sein, ohne zuvor aufwändige Diagnoseverfahren durchzuführen. Korner (2017) empfiehlt dennoch ein Mentoring, um die Tutor:innen vorzubereiten und mit vorunterrichtlichen Vorstellungen, sowie Diagnosekompetenzen vertraut zu machen.

Cohen et al. (1982) erkannten beim Vergleich mehrerer Untersuchungen zum Peer Tutoring, mit dem Fokus auf den Wissenszuwachs der Tutor:innen, bei 33 von 38 Studien einen positiven Effekt im Vergleich zur Kontrollgruppe, welche konventionellen Unterricht erhielt. Die Tutor:innen entwickelten nicht nur eine positive Einstellung zum Unterrichtsfach, sie wiesen auch ein verbessertes konzeptuelles Verständnis auf. Auch Roscoe und Chi (2007) weisen auf die Chance der Tutor:innen hin, neue Erkenntnisse zu sammeln und ihr Wissen zu hinterfragen und erweitern. Durch das Erklären ergeben sich für die Tutor:innen zusätzliche Möglichkeiten der Wissensbildung, welche im regulären Unterricht selten auftreten. Reflexive Kompetenzen werden gefördert, indem die Qualität, sowie die Inhalte des eigenen Wissens in Frage gestellt werden.

2.1.7 Schwierigkeiten des CAPT

Ein Problem, das sich in der CAPT-Intervention ergeben könnte, ist die zu geringe Unterstützung der Tutees durch die Tutor:innen. Roscoe und Chi (2007) weisen bei der Lernform auf das Problem hin, dass die älteren Schüler:innen möglicherweise nur ihr eigenes Wissen vermitteln, als gemeinsam mit den Tutees einen aktiven Lernprozess zu initiieren. Wird jedoch lediglich Wissen durch eine Art Vortrag weitergegeben, gehen die in dieser Lernform besonders wichtigen Aushandlungs- und Reflexionsprozesse verloren.

Eine weitere Schwierigkeit, welche Roscoe und Chi (ebd.) nennen, ist die geringe Einschätzungsfähigkeit für falsche Konzepte. Sind ihnen Inhalte nicht hundertprozentig klar, vertuschen sie diese Tatsache oftmals und bieten den Tutees

eine "*Illusion des Wissens*" (ebd., S. 344). Sie überschätzen damit ihr eigenes Wissen und geben die falschen Informationen an die Tutees weiter. Diese Problematik sollte bereits im Mentoring aufgegriffen werden, um Strategien und Handlungsmuster zu entwickeln, auf welche in so einem Fall zurückgegriffen werden kann.

Nach Berger (2017) sind Tutor:innen meist in der Lage, fachlich korrekte Aussagen zu treffen, sowie falsche Ansichten der Tutees zu erkennen und diese richtig zu stellen. Jedoch fehlen im Vergleich zur Lehrperson meist didaktische Fähigkeiten, wie das Anknüpfen an Vorwissen und altersgerechtes erklären. Dadurch könnten die kognitiven Aktivitäten der Tutees und damit auch das Potential des CAPTs nicht ausgeschöpft werden. Die Arbeit von Berger zielt deshalb darauf ab, ein Coaching für die älteren Schüler:innen zu entwickeln, sodass sie die Tutees in ihrer Wissenskonstruktion bestmöglich unterstützen können. Durch die Entwicklung eines Trainings zur Förderung der Autonomie der Tutees sollen die Tutor:innen lernen, das Maß ihrer Hilfestellungen je nach Bedarf zu variieren. Ziel ist es, das selbstständige Lernen der Tutees zu unterstützen.

Demnach fördern erfahrene Tutor:innen durch kognitives Scaffolding (z. B. durch inhaltsfreie Nachfragen wie "And what else?") das aktive Arbeiten der Tutees in höherem Maße als weniger erfahrene Tutor:innen. Entsprechend des Konzepts des Scaffolding passt der Tutor das Ausmaß an Unterstützung dem Fortschritt der Tutees idealerweise laufend an, sodass ein optimales Ausmaß an Autonomie gewährleistet ist. (Berger 2017, S. 226)

Durch Anwendung der Fähigkeiten, welche in dem Training erlernt wurden, kann das Vorwissen der Tutees während des Tutorings besser deutlich gemacht werden. Außerdem wird altersgerechtes Erklären vorweg geübt.

2.1.8 Unterstützung und Motivation der Tutor:innen

Wie in der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan (1993) beschrieben ist, sind die Bedürfnisse nach Autonomie- und Kompetenzerleben besonders bedeutsam für die intrinsische Motivation. Das CAPT ermöglicht den Tutor:innen in einem vorgegebenem Rahmen selbstbestimmtes Handeln und kann dadurch zu intrinsischer Motivation beitragen. Werden die älteren Schüler:innen vor der Intervention mit speziellen Tutor-Techniken vertraut gemacht, so kann dadurch ihre Kompetenz und Motivation verbessert werden. Berger (2017) hat ein Training für

Tutor:innen entwickelt, welches "autonomieunterstützende Fertigkeiten" vermitteln soll. Er setzte in seiner Untersuchung videobasiertes Modeling mit erfolgreichen Tutor:innen ein, um die intrinsische Motivation zu unterstützen. Da Videos im regulären Unterricht selten eingesetzt werden, sind die Schüler:innen diesbezüglich meist positiv eingestellt. Mithilfe der Kurzfilme werden den Tutor:innen Techniken vorgestellt, welche in der CAPT-Intervention hilfreich sein können. Werden in den Videos Jugendliche ähnlichen Alters verwendet, welche die Techniken erfolgreich anwenden, so wird die Wichtigkeit ihrer Aufgabe besonders deutlich. Dies kann sich positiv auf die eigene Erfolgserwartung auswirken.

Galbraith und Winterbottom (2011) konnten bestätigen, dass CAPT den Tutor:innen ermöglichen kann, ihre sozialen und kommunikativen Fähigkeiten weiterzuentwickeln. Um entsprechende Effekte zu erzielen, empfehlen sie die Durchführung eines speziellen Trainings der Tutor:innen, um ihre pädagogischen Fähigkeiten zu verbessern. Bei diesem lernen sie unter anderem, wie Inhalte verständlich und altersgerecht vermittelt werden und wie sie auf die individuellen Bedürfnisse der Tutees eingehen. Die Autoren betonen außerdem, bei der Gestaltung der CAPT-Intervention den Tutor:innen unterschiedliche Materialien zur Information, sowie Übungsblätter oder Leitfäden bereitzustellen. Die älteren Schüler:innen haben damit die Möglichkeit, das Tutoring selbstbestimmt und autonom zu gestalten und sich individuell darauf vorzubereiten. Diese Arbeitsweise kann wiederrum die Motivation steigern. Die erfolgreiche Durchführung eines Trainings ist unter anderem auch an den Antworten der Tutor:innen zu erkennen. Ungeschulte Schüler:innen würden eher zu Ein-Wort-Antworten tendieren oder übernehmen sogar die gesamte Erklärung für die Tutees. Geschulte Tutor:innen hingegen leiten die Tutees zur passenden Antwort, wobei diesen die Chance gegeben wird, einen eigenen Denkprozess auszuführen. Das Training gibt den Tutor:innen außerdem Techniken mit, um die Aufmerksamkeit der Tutees aufrecht zu erhalten, wie mit Frustrationen umgegangen wird und wie der Lernprozess den gewünschten Zielen angepasst wird.

2.1.9 Umsetzung einer konstruktivistischen Lernumgebung

Die Methode des Cross-Age Peer Tutorings soll als konstruktivistische Lernumgebung gestaltet werden. Im Folgenden wird dieser Ansatz näher erläutert und der Zusammenhang zum CAPT verdeutlicht.

Nach konstruktivistischen Ansätzen basiert der Wissenserwerbs auf der Grundlage von bereits gemachten Erfahrungen und Vorstellungen. Lernen findet nach diesen Theorien dann statt, wenn ein Konzeptwechsel zwischen den vorunterrichtlichen Vorstellungen und dem zu erwerbenden Wissen erfolgt. Hierbei wird immer ein Gegensatz zwischen den beiden angenommen wird.

Widodo und Duit (2004) sammeln im Kategoriensystem KONU (Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht) fünf Eigenschaften, welche konstruktivistische Lernumgebungen beinhalten:

- (1) Die Lernumgebung ermöglicht die aktive Konstruktion von Wissen, indem ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen herausgefunden und indem sie mit lebensnahen Problemen konfrontiert werden.
- (2) Die Lernumgebung bietet den Schüler:innen authentische und persönlich relevante Einblicke in das Thema.
- (3) Die Lernumgebung stellt eine Gelegenheit dar, mit anderen Schüler:innen und der Lehrperson sozial zu interagieren.
- (4) Die Lernumgebung ermöglicht bzw. unterstützt die Schüler:innen darin, Verantwortung für den eigenen Lernprozess zu übernehmen.
- (5) Die Lernumgebung unterstützt die konstruktivistische Annahme, dass eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Wissen stattfindet. (ebd., S. 237ff)

Die Methode des CAPTs bietet den Schüler:innen eine konstruktive Lernumgebung (Korner, 2014). Die Intervention basiert auf dem Vorwissen der Schüler:innen und berücksichtigt die typischen vorunterrichtlichen Vorstellungen zu dem Thema. Den Jugendlichen werden lebensnahe und für sie relevante Problemstellungen und Inhalte geboten, sowie die Möglichkeit gegeben, über weitere Anwendungsmöglichkeiten zu diskutieren.

Auch die von Widodo und Duit (2004) bedeutsame soziale Interaktion ist Bestandteil des CAPT. Die Tutor:innen und Tutees tauschen Ideen aus und Arbeiten in Kleingruppen zusammen. Dadurch wird in diesem Zusammenhang ein individuelles und selbstbestimmtes Lernen ermöglicht. Die Tutees sollen außerdem von den Tutor:innen dazu ermutigt werden, ihre Ideen zu reflektieren.

2.2 Vorunterrichtliche Vorstellungen

2.2.1 Definition

Schüler:innen werden nicht erst im Physikunterricht in der Schule mit physikalischen Konzepten konfrontiert, sondern sind tagtäglich mit ihnen in Berührung. Schon im Kindergarten wird experimentiert, gebastelt und gestaunt. Gegen das frühzeitige physikalischen Phänomenen Bekanntmachen mit ist grundsätzlich nichts einzuwenden, jedoch legen diese Erfahrungen teilweise den Grundstein für Fehlvorstellungen. Bei jeder neuen Erfahrung suchen die Kinder teils selbstständig, teils durch die Hilfe anderer, Erklärungen für physikalische Phänomene. Eigene Vorstellungen und Meinungen werden gebildet, welche im weiteren Lernprozess Hürden darstellen können. Das große Problem ist hier, dass die individuellen Konzepte der Kinder im Alltag funktionieren. Werden die Schüler:innen im Physikunterricht darauf hingewiesen, dass sie sich eine falsche Erklärung angeeignet haben, ist es teilweise sehr schwer, die Kinder von anderen Ansichten zu überzeugen. Selbst wenn die korrekte Erklärung verstanden wird, wird die erstgelernte Vorstellung oftmals nicht komplett "überschrieben". Beide Erklärungsweisen existieren parallel und werden je nach Kontext verwendet. Es entsteht eine Art Mischvorstellung, wobei zwar oftmals das neue Konzept zur Anwendung kommt, im Hintergrund aber zeitgleich die Fehlvorstellung von Beginn mitwirkt. (Kircher et al. 2013)

Die vorunterrichtlichen Vorstellungen sind jedoch oftmals nicht auf die Schulzeit beschränkt. Sie werden teils auch im Erwachsenenalter weiterverwendet, da es sich schwierig erwiesen hat, diese wissenschaftlich nicht anschlussfähigen als auf Vorstellungen abzulegen und korrekte Konzepte zurückzugreifen. Vorunterrichtliche Vorstellungen werden deshalb oftmals auch als Alltagsvorstellungen oder Präkonzepte bezeichnet. Kircher et al. (2013) sind der Meinung, dass sich diese inadäquaten Vorstellungen in den Köpfen der Menschen halten, da sie oft einsichtiger und besser anzuwenden sind als die tatsächlichen physikalischen Erklärungen. Aus individuell gemachten Erfahrungen können Erklärungen konstruiert werden, welche durch inadäquaten wissenschaftlichen Hintergrund falsch abgespeichert wurden.

Zeigt ein Experiment nicht das Ergebnis, welches von den Schüler:innen laut ihren Vorstellungen erwartet wird, kann es laut Duit (1993) vorkommen, dass das Ergebnis des Experiment teilweise inhaltlich verschönert wird, um mit den vorunterrichtlichen

Vorstellungen vereinbar zu sein. In den Köpfen der Kinder ist es oft einfacher, eine Begründung für das Misslingen des Experiments zu finden, als ihre Denkweise in Frage zu stellen.

2.2.2 Konzeptwechsel

Schon Piaget sah Lernen als Wechselspiel von Assimilation und Akkommodation an (Hoy 2008). Nach Kircher et al. (2013) versucht der Lernende bei der Assimilation seine neuen Erfahrungen auf bereits vorhandene kognitive Strukturen anzupassen. Ist dies nicht möglich, so müssen neue Denkmuster konstruiert oder vorhandenen Schemata verändert werden. Hier spricht er von Akkommodation. Eine Lehrperson sollte sich am aktuellen Wissensstand ihrer Schüler:innen orientieren, um den Unterricht an die vorunterrichtlichen Vorstellungen anzupassen. Dies hat sich jedoch besonders in den Naturwissenschaften als Schwierigkeit herausgestellt.

Physikalische vorunterrichtliche Vorstellungen sind oft hartnäckig, lassen sich aber natürlich dennoch auflösen. Für einen sogenannten Konzeptwechsel ist jedoch eine tiefe Auseinandersetzung mit den Fehlvorstellungen wichtig. Nach Wiesner (2011) sollte sich die Lehrperson bereits bei der Unterrichtsplanung mit bekannten vorunterrichtlichen Vorstellungen beschäftigen, um diese im Lernprozess bestmöglich aufzulösen bzw. bestenfalls an der Entstehung zu hindern.

Der Begriff des Konzeptwechsels wird von Kircher und Schneider (2002) als Austausch der individuellen Alltagsvorstellung durch die erlernte physikalische Erklärung definiert. Ist der Unterschied der beiden Ansichten sehr gering, so fällt den Schüler:innen die Akzeptanz der neuen Sichtweise meist recht leicht. Sind starke Differenzen in den beiden Ansichten vorhanden, ist ein Begriffswechsel in der Regel aufwändig und kann zu Schwierigkeiten im Lernprozess führen (Wiesner 2011). Nach Duit (1993) gelingt ein Überschreiben der primären Vorstellungen sogar nur in den seltensten Fällen.

2.2.3 Konzeptwechsel fördern

Kircher und Schneider (2002) und Posner et al. (1982) haben Bedingungen für einen Konzeptwechsel entwickelt, welche das Annehmen der neuen Erklärung erleichtern soll. In dem klassischen Conceptual Change Ansatz gehen sie davon aus, dass die Kinder inadäquate Vorstellungen haben, welche im Laufe der Schulzeit durch wissenschaftlich anschlussfähige Vorstellungen ausgetaucht werden sollen. Ihrer Ansicht nach sollten passende Lernumgebungen geschaffen werden, sodass

Schüler:innen die Chance bekommen, die Notwendigkeit eines Konzeptwechsels zur erkennen. Ebenso müssen die Kinder der Veränderung positiv gegenüberstehen. Als erste Bedingung für einen Konzeptwechsel nennen Kircher, Schneider und Posner et al. (ebd.) die Unzufriedenheit mit den bestehenden Vorstellungen. Passen neue Erfahrungen mit den vorunterrichtlichen Vorstellungen nicht mehr zusammen, so sind die Lernenden einer anderen Erklärung gegenüber meist positiver eingestellt. Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die logische Nachvollziehbarkeit der neuen Erklärung. Ist die neue Denkweise verständlich, so nehmen die Kinder diese eher an als eine Erklärung, die für sie inhaltlich nicht plausibel ist. Ebenso muss sie einleuchtend sein, um gegen die inkorrekten vorunterrichtlichen Vorstellungen anzukommen. Der Konzeptwechsel wird außerdem angeregt, wenn die neue Sichtweise auf bisher ungelöste Fragestellungen angewendet werden kann. Posner et al. (ebd.) betonen, dass die vier genannten Bedingungen für einen Konzeptwechsel nicht nur vorhanden sein sollten, sondern auch von den Schüler:innen in ihrem individuellen Lernprozess wahrgenommen werden müssen.

Auch Wiesner (2011) betont die Schwierigkeit eines Konzeptwechsels, wenn eine andere Vorstellung für die Lernenden nicht relevant ist. In diesem Prozess wird der Aufwand des Umdenkens mit der individuellen Bedeutung auf die Waagschale gelegt. Ebenso werden die vorunterrichtlichen Vorstellungen durch einen Wechsel des Konzepts in Frage gestellt, was wiederrum negative Gefühle auslösen kann.

Kircher und Schneider (2002) betonen, dass sich der Konzeptwechsel in naturwissenschaftlichen Themen besonders schwierig erweist, da er auf mehreren Ebenen stattfinden muss. Hier wirken Vorstellungen aus dem Alltag mit Vorstellungen über das Leben und die Physik zusammen, weshalb ein rein inhaltlicher Konzeptwechsel ungenügend ist.

Nach Duit (1993) wirkt sich ein vertrauensvolles Unterrichtsklima positiv auf einen Konzeptwechsel aus. Es sollte keine Wertung der Lehrperson gegenüber der Fehlvorstellungen stattfinden. Viel eher ist die Rolle der Lehrperson eine Art "Entwicklungshelfer", welcher Lernende beim Entwickeln von korrekten physikalischen Vorstellungen unterstützt und nicht als Bewertungsinstanz agiert. Duit (ebd.) nennt auch die Wahl der Unterrichtsmethode als möglichen Einflussfaktor für einen Konzeptwechsel. Bei offenen Lernmethoden mit aktivem Austausch zwischen den

Schüler:innen können gemeinsam korrekte Vorstellungen entwickelt bzw. die Fehlvorstellungen hinterfragt werden.

Laut Kircher et al. (2013) ist zwar vielen Lehrpersonen die bedeutende Rolle von vorunterrichtlichen Vorstellungen bekannt und viele Unterrichtsplanungen knüpfen an das Vorwissen der Kinder an, jedoch ist das für einen Konzeptwechsel meist nicht ausreichend. Lernen die Kinder ein neues Konzept kennen, so kann es passieren, dass ihr vorherrschendes Konzept für kurze Zeit verdrängt wird, allerdings meist nicht anhaltend. Im Laufe der Zeit und je nach Problemstellung greifen sie wieder auf ihr Präkonzept zurück. Kircher et al. (ebd.) empfehlen daher, dass im Unterricht eine intensive und regelmäßige Auseinandersetzung mit den Vorstellungen der Schüler:innen stattfindet. Sie empfehlen auch, dass die Kinder die Gelegenheit bekommen ihre Konzepte regelmäßig in Worte zu fassen, auch wenn dies schwerfallen kann.

2.2.4 Vorunterrichtliche Vorstellungen zur Strahlung

Zum Thema elektromagnetischer Strahlung ist die didaktische Forschung erst am Beginn. Dennoch wurden in Studien bereits einige vorunterrichtliche Vorstellungen untersucht, welche im Folgenden vorgestellt werden. Neumann und Hopf (2012) erhoben Vorstellungen von Schüler:innen der 9.Schulstufe zu elektromagnetischer Strahlung und legten den Fokus in die Assoziationen mit dem Begriff der Strahlung. Langer (2015) untersuchte vorunterrichtliche Vorstellungen von Maturant:innen zur UV-Strahlung mittels Leitfadeninterviews. In der Arbeit werden tief verankerte Vorstellungen zur Sichtbarkeit von und Schäden durch UV-Strahlung deutlich. Auch Libarkin et al (2011) untersuchte vorunterrichtliche Vorstellungen zum Thema UV- und Infrarotstrahlung. Mithilfe eines Fragebogens wurden Schüler:innen von der 6. bis zur 12. Schulstufe, sowie Lehrpersonen befragt, um Fehlvorstellungen zu sammeln. Zusätzlich dienten acht Wissenschaftler:innen bei der Beantwortung des Fragebogens als Expert:innen. Die Studie ergab unter anderem, dass sich die Fehlvorstellungen in der Unterstufe und Oberstufe kaum unterscheiden. Ebenso weisen erfahrene Lehrpersonen konzeptuelle Schwierigkeiten in diesem Themengebiet auf.

Elektromagnetische Strahlung:

Neumann und Hopf (2012) haben herausgefunden, dass Strahlung aus Sicht vieler Schüler:innen nicht als natürlich angesehen wird. Teils wird Licht gar nicht als

Strahlung angesehen. Außerdem denken viele, von elektrischen Geräten würde (schädliche) Strahlung ausgehen, welche ebenso zu Umweltproblemen führen kann. Sind die Schüler:innen davon überzeugt, Strahlung würde nur von technischen Geräten abgegeben werden, ist es schwer verständlich, dass alles Strahlung aussendet. Neumann (2014) sieht den Fokus des Lehrplans auf radioaktive Strahlung als mögliche Erklärung dieser Fehlvorstellung. Schüler:innen würden Strahlung in diesem Kontext immer als schädlich einstufen und Verallgemeinern diese Eigenschaft auf alle Strahlungsarten. Grund könnte hier auch die mediale Berichterstattung sein, welche die Auswirkungen von Unfällen in Kernkraftwerken thematisiert, sowie den Zusammenhang zwischen der Entstehung von Tumoren und der Strahlung technischer Geräte.

Nach Libarkin et al. (2011) sind sowohl einige Schüler:innen, als auch Lehrerinnen davon überzeugt, ohne elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich Objekte sehen zu können. Würde laut ihnen beispielsweise UV-Strahlung auf ein Blatt Papier gerichtet werden und wäre keine sichtbare Strahlung vorhanden, so könne man das Objekt dennoch sehen.

UV-Strahlung:

Eine typische Fehlvorstellung bezüglich UV-Strahlung ist die Denkweise, dass die Sonne ausschließlich Licht aus dem ultravioletten Spektrum aussenden würde. Im Zuge dessen tritt häufig die Fehlvorstellung auf, dass UV-Strahlung sichtbar sei. Sie sei sehr hell oder violett und kann als schädliche Strahlung eingeordnet werden Neumann (2014). Suping (2004) erkannte in der Wirkung von UV-Strahlung auf die menschliche Haut eine deutliche Fehlvorstellung. Die Probanden wussten zwar, dass sie ihre Haut durch Kleidung und Kopfbedeckungen schützen können, sahen jedoch das Schwitzen der Haut als Grund für einen Sonnenbrand an.

Röntgenstrahlung:

Die Röntgenstrahlung ist hinsichtlich typischer Fehlvorstellung minimal erforscht. Eine Studie von Kalita und Zollman (2007) ergab, dass zahlreiche Schüler:innen denken, ein Röntgenraum würde nach dem Betrieb der darin befindlichen Geräte Strahlung abgeben. Den Ursprung der Fehlkonzepte zu diesem Themen sehen sie in der Erfahrung, im Unterricht du auch in den Medien. Viele Teilnehmer:innen der Untersuchung stuften Röntgenstrahlung als gefährlich ein. Bei der Einordnung ins

elektromagnetische Spektrum würden sie der Strahlungsart eher längere, als kurze Wellenlängen zuordnen. Hier kann die Assoziation "länger – größer – stärker" (ebd., S. 195) als mögliche Schlussfolgerung gefunden werden. Der Zusammenhang von Strahlung und Wellenlänge wird bei den Jugendlichen deutlich öfter genannt, als die Verknüpfung mit der Frequenz. Werden die Schüler:innen mit dem Hinweis auf die Frequenz konfrontiert, ändern sie ihre Meinung und ordnen Röntgenstrahlung eine hohe Frequenz zu, was wiederrum in eine kleine Wellenlänge resultiert.

Die Schüler:innen der Umfrage sind außerdem davon überzeugt, Röntgenbilder können mit schattenähnlichen Phänomenen erklärt werden. Sie erklären die Entstehung eines Röntgenbilds, indem Strahlung durch die Haut aber nicht durch Knochen dringt und davon eine Art Foto gemacht wird. Röntgenstrahlung könne aus ihrer Sicht Fotos von Knochen machen.

Mikrowellen:

Zur Strahlungsart der Mikrowellen kann keine Studie zu passenden vorunterrichtlichen Vorstellungen gefunden werden. Obwohl Mikrowellen im Alltag eine bedeutende Rolle spielen, wurden Fehlvorstellungen dazu noch nicht behandelt. Sesen und Ince (2010) fanden in ihrer Studie jedoch heraus, dass es in diesem Themengebiet im Internet zahlreiche falsche Informationen gibt. Auf vielen Webseiten wird behauptet, ionisierende Strahlung, also elektromagnetische Strahlung, welche Elektronen aus Atomen oder Molekülen entfernen kann, sei unnatürlich und immer schädlich (BMUV, 2020). Außerdem wird behauptet, Strahlung von Mobilgeräten, Radio, Fernseher oder anderen elektronischen Geräten sei ionisierend. Ebenso wird in diesem Zusammenhang die eben genannte Strahlung mit Röntgenstrahlung gleichgesetzt. Da dem Thema abgesehen von den Falschinformationen im Internet auch im geltenden österreichischen Lehrplan der Sekundarstufe 1 (BUK, 2017) und somit vermutlich auch im Physikunterricht wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird, kann mit einer Vielzahl an Fehlvorstellungen gerechnet werden.

Infrarotstrahlung:

Ähnlich wie bei der Röntgenstrahlung, finden sich wenige Studien zu vorunterrichtlichen Vorstellungen der Infrarotstrahlung. Libarkin (2011) fand heraus, dass der Begriff der Infrarotstrahlung bei den Probanden teilweise völlig unbekannt ist. Auch Lehrpersonen wiesen bei dieser Frage eher eine Wissenslücke als

tiefergehendes Verständnis auf. Hingegen konnten Neumann und Hopf (2012) ein weiterentwickeltes Verständnis etwas von IR-Strahlung belegen. Ihre Teilnehmer:innen hatten ein eher klares Verständnis der Strahlungsart und konnten Anwendungsbeispiele finden. Die IR-Strahlung wurde kaum mit dem Elektromagnetischen Spektrum in Verbindung gebracht, jedoch sprachen einige von der Unsichtbarkeit der IR-Strahlung für das menschliche Auge. Plotz (2017) hingegen weist darauf hin, dass Schüler:innen mit der IR-Strahlung oftmals eine rote Färbung verbinden.

Die Gefahren durch Infrarotstrahlung schätzen die Schüler:innen aufgrund der geringen Dosis bei der Anwendung (z.B. bei Wärmelampen oder Fernbedienungen) als minimal ein. Dennoch hat IR-Strahlung ihrer Meinung nach eine schädigende Wirkung (Neumann und Hopf, 2012).

2.3 Alltagsbezug

2.3.1 Geschlechtsspezifische Interessensgebiete

In der internationalen Studie "*The Relevance of Science Education (ROSE*)" mit 262 Schüler:innen der 10. Klasse beschäftigte sich Holstermann (2007) mit dem Interesse von Schüler:innen an naturwissenschaftlichen Themen. Im Zuge dessen konnten 13 Interessensfaktoren bestimmt werden, wobei sich acht davon als geschlechtsspezifisch herausgestellt haben.

Jungen zeigen laut den Forschungsergebnissen ein besonderes Interesse an Technik und gefährlichen Anwendungen, Mädchen hingegen an Körperfunktionen, Naturphänomenen und Krankheiten. Ältere Studien betonen hingegen das Interesse der jungen Männer an humanbiologischen Themen. Die Ergebnisse von Holstermann (ebd.) verdeutlichen diesbezüglich, dass es hier auf die jeweilige Ausrichtung ankommt. Beispielsweise sind Jungen eher an Schädigungen des Körpers interessiert als am eigenen Körperbewusstsein, was mit einem lebenspraktischen Nutzen in Zusammenhang gebracht werden kann. Ebenso ist erkennbar, dass das Interesse an Technik bei Jungen ausgeprägter ist. Maschinen, Fahrzeuge und Elektronik wird von Mädchen als eher uninteressant eingestuft, beim anderen Geschlecht hingegen sind diese Anwendungen besonders beliebt. Themen der Umwelt, wie beispielsweise Tiere, finden die Jugendlichen gleichermaßen interessant. Bei der Landwirtschaft und Pflanzen sind sie sich ebenfalls einig, da dies von beiden Geschlechtern als eher uninteressant eingestuft wird.

2.3.2 Alltagsorientierung im Unterricht

Um das Interesse der Jugendlichen im Unterricht anzusprechen, empfiehlt Holstermann (ebd.) die Aufgabengestaltungen an die Interessensgebiete anzupassen. Als inhaltliche Dimension bietet sich der Alltag der Schüler:innen an, Gesundheit, Umwelt und Technologie. Grundsätzlich kann der Bezug auf Alltagsthemen im Unterricht auf zwei Arten durchgeführt werden. Die erste Methode, welche vermutlich in den meisten Schulstunden zur Anwendung kommt und auch im Lehrplan vorgesehen ist, geht vom behandelten Wissensgebiet aus und nimmt Bezug auf bekannte Phänomene des Alltags. Dieses fachlich orientierte Lernen legt in der Schule besonderen Wert auf Alltagsgegenstände und Schülerexperimente mit eingebetteten Alltagsbezügen.

Die zweite Methode besteht darin, aus authentischen Kontexten zu lernen. Der Physikunterricht wird hier nicht vom fachlichen Ausgangspunkt geplant, sondern entwickelt sich aus konkreten Problemstellungen aus dem Alltag der Kinder. Die Physik wird hier als Mittel zur Beantwortung der Fragestellung verwendet. Bei dieser Form der Wissensvermittlung findet oftmals fächerübergreifender Unterricht statt, um die Komplexität des Problems erfassen zu können (Mikelsis 2006).

Muckenfuß (2004) schlägt sogenannte sinnstiftende Kontexte vor, um die Lebenswelt der Schüler:innen leichter mit den darauf basierenden physikalischen Phänomenen zu verbinden. Die Kontexte stellen Themen dar, welche für die Schüler:innen eine große Bedeutung haben und somit deren Probleme oder Interessen aufgreifen. Das Einbetten von physikalischen Themen in Kontexte soll dabei helfen, einen wissenschaftlichen Bereich besser zu verstehen.

Beispielsweise kann das Thema Thermodynamik in den sinnstiftenden Kontext der Wetterkunde eingebettet werden. Die Kinder erarbeiten verschiede Perspektiven zum Wetter, wobei oftmals auch fächerübergreifende Aspekte einfließen.

Behandelt man das Wetter [...] als multiperspektivisches Thema, kommt es gerade darauf an, auch biologische, chemische, klima- wirtschafts- und sozialgeografische Aspekte u. A. eingehend zu berücksichtigen. (Muckenfuß 2004, S. 64)

Das Potential des gewählten Kontexts wird jedoch nicht einem an "multiperspektivischem Ansatz" (ebd., S. 64) gemessen, sondern soll ein Teilgebiet möglichst sachlogisch und zusammenhängend erschließen. Multiperspektivisch meint in diesem Kontext, dass ein Thema eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches aus einer Vielzahl an Perspektiven erschlossen werden kann. Die meist komplexen Themen können dabei beispielsweise physikalisch, chemisch, historisch und geologisch untersucht werden.

Muckenfuß betont, dass fächerübergreifende Aspekte nur gezielt einbezogen werden sollen, um die physikalischen Theorien besser zu verstehen. Dem fächerübergreifenden bzw. themenorientierten Unterricht steht er kritisch gegenüber. Er merkt zwar an, dass die Probleme unserer Welt immer komplexer werden und daher mit einem Fach immer weniger gelöst werden können. Das wiederum spricht für die

Notwendigkeit von Spezialisten, welche gemeinsam an der komplexen Thematik arbeiten. Themenorientierter Unterricht würde den Schüler:innen lediglich ermöglichen

[...] solche "Stücke" aus dem Ideengebäude heraus zu brechen, die gerade zum jeweiligen Thema oder Problem aus der Erfahrungswelt passen. Dann aber bleibt von der Ideenwelt statt eines wohlgeordneten Gebäudes nur ein Trümmerhaufen in den Köpfen unserer Schüler:innen und Schüler. (ebd., S. 63)

Die Schüler:innen würden somit Kenntnisse über einzelne Themen erlangen, können diese aber nicht mit den Ideen der Wissenschaft verbinden und auf andere Inhalte übertragen können. Durch Spezialisierungen in Einzelfächern können Kompetenzen aufgebaut werden, die thematisch nicht gebunden sind und eine weitergehende Erschließung von unterschiedlichen Sachverhalten ermöglichen.

Die Fähigkeit der Kooperation der Spezialisten müsste laut dem Autor bereits in der Schule gelernt werden, was einer Abschaffung von Einzelfächern widerspricht. In diesem Zusammenhang betont Muckenmuß (ebd.) die Notwendigkeit der Weiterentwicklung von Unterrichtsmethoden, sowie die wechselseitige Abstimmung der Curricula der einzelnen Fächer.

2.4 Motivation

2.4.1 Was ist Motivation

Im vorherigen Kapitel wurde bereits thematisiert, dass das Interesse der Schüler:innen einen bedeutenden Einfluss auf ihren Wissenserwerb hat. Das Erlernen neuer Kenntnisse und Fähigkeiten ist mit Anstrengung verbunden, da Zusammenhänge im Gehirn geschaffen werden müssen. Mit Motivation wird hierbei der innere Antrieb bezeichnet, welche Menschen zum Lernen bewegt (Edelmann 2003). Nach Deci und Ryan (1999) kann eine Person unterschiedliche Beweggründe haben, welche sie zu der jeweiligen Handlung motiviert. Diese können variieren und sogar widersprüchlich sein, verfolgen jedoch dasselbe Ziel, nämlich die Befriedigung der von ihnen so benannten psychologischen Grundbedürfnissen.

Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (SDT) nach Deci und Ryan (1993) geht davon aus, dass Menschen den innerlichen Wunsch haben, Neues zu entdecken und sich weiterzuentwickeln. Die sogenannte intrinsische Motivation ist angeboren und wird als frei und selbstbestimmt erlebt. Die von äußeren Faktoren kontrollierte und sogar aufgezwungene Motivation wird als extrinsische Motivation bezeichnet. Zwischen diesen beiden Extrema gibt es ein Spektrum der Motivation. Bei einer Einordnung der Motivation auf dieser imaginären Skala, wird der Prozess je nach Situation als mehr oder weniger selbstbestimmt wahrgenommen.

Die Basis der Selbstbestimmungstheorie bilden drei angeborene psychologische Grundbedürfnisse, welche sowohl für die extrinsische als auch intrinsische Motivation relevant sind. Sind Personen in der Lage mit bestimmten Handlungen ihre menschlichen Bedürfnisse zu befriedigen, stehen sie diesen laut Deci und Ryan (ebd.) meist motivierter gegenüber. Eines der drei Grundbedürfnisse ist das Bedürfnis nach Kompetenz oder Wirksamkeit. Erleben Personen bewusst ihre Selbstwirksamkeit, sind sie motivierter ihr Ziel zu erreichen. Das zweite Grundbedürfnis ist das Erleben von Autonomie und Selbstbestimmung. Können Menschen ihr Handeln selbst steuern, indem sie beispielsweise darüber entscheiden können mit welchen Personen sie zusammenarbeiten und auf welchen Inhalt sie sich spezialisieren, wird meist ihre Motivation gesteigert. Das dritte Grundbedürfnis der Selbstbestimmungstheorie ist die soziale Eingebundenheit und Zugehörigkeit. In einer Gruppe erfahren Personen

Verbunden, Zugehörigkeit und Anerkennung, was sich wiederum positiv auf den Handlungsprozess auswirkt.

Wir gehen also davon aus, daß der Mensch die angeborene motivationale Tendenz hat, sich mit anderen Personen in einem sozialen Milieu verbunden zu fühlen, in diesem Milieu effektiv zu wirken (zu funktionieren) und sich dabei persönlich autonom und initiativ zu erfahren. (Deci und Ryan 1993, S. 229)

2.4.2 Einteilung der Motivation

Sind Schüler:innen intrinsisch motiviert, bedarf es laut Schiefele und Köller (1998) im Normalfall keiner externer Faktoren, um den Lernprozess zu initiieren. Durch ihr individuelles Interesse haben die Kinder Freude im Umgang mit dem jeweiligen Fachgebiet. Intrinsisch motiviertes Handeln entsteht, wenn Autonomie-, und Kompetenzerleben, sowie soziale Eingebundenheit stattfinden kann. Für die Aufrechterhaltung sind keine externen Anreize, wie Belohnungen oder Bestrafungen erforderlich. In diesem Zusammenhang kann intrinsische Motivation zwar durch das familiäre und schulische Umfeld unterstützt werden, indem Kompetenz und Autonomie gefördert werden, angeborenes Interesse ist jedoch Voraussetzung für intrinsische Motivation.

Nach Deci und Ryan (1999) ist es in der Schule nicht immer möglich, alle Interessen der Kinder anzusprechen, weshalb auf extrinsische Motivation gesetzt werden muss. Bei dieser Form der Motivation werden Aktivitäten nur ausgeführt, um Konsequenzen zu vermeiden. Diese stehen mit dem Prozess selbst kaum bis nicht in Verbindung. Ein Beispiel für extrinsische Motivation ist das Lernen für einen Test, um eine schlechte Note zu vermeiden.

Auch wenn intrinsische und extrinsische Motivation als starke Gegensätze wahrgenommen werden, können sie unter gewissen Bedingungen ineinander übergehen. Fühlen sich Menschen in ihrem sozialen Umfeld wohl und wollen ihr Handeln als autonom empfinden, findet eine Art Übernahme in ihr Selbstkonzept statt. Verhaltensweisen, die zu Beginn extrinsisch motiviert waren, können durch diesen Vorgang in selbstbestimmte Handlungen übergeleitet werden. Bei diesem Vorgang findet eine Internalisierung und Integration der extrinsischen Verhaltensweise statt (Meissner 1981).

Bei der extrinsischen Motivation ist das Maß an wahrgenommener Selbstbestimmung stark situationsabhängig. Wir nehmen beispielsweise an, ein Schüler lernt für die Mathematikschularbeit, da er für sein zukünftiges Studium gute mathematische Kenntnisse benötigt. Der Lernprozess ist zwar extrinsisch motiviert, weist jedoch auch einen hohen Grad an Selbstbestimmtheit auf. Lernt der Schüler jedoch nur, um von seinen Eltern möglichst viel Taschengeld zu bekommen, weist die Tätigkeit eine viel geringere Selbstbestimmtheit auf und ist auch extrinsisch motiviert. Deci und Ryan (1985) unterscheiden in der "Organismic Integration Theorie" vier Typen der Regulation, wobei zwischen fremdbestimmten und selbstbestimmten Formen der extrinsischen Motivation unterschieden wird (siehe Abbildung 2).

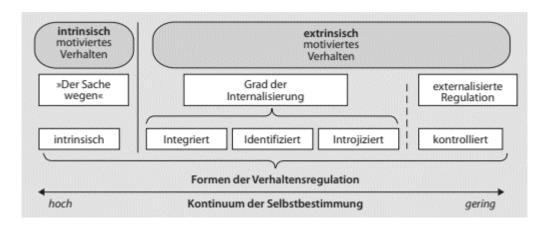


Abbildung 2: Das Kontinuum der Selbstbestimmung der Organismic Integration Theorie (Brandstätter et al. 2018, S. 115)

Die externale und die introjizierte Regulation werden als (eher) fremdbestimmt wahrgenommen. Erstere beinhaltet Handlungen, welche durch Bestrafung und Belohnung reguliert werden. Die introjizierte Regulation ist durch Verhaltensweisen gekennzeichnet, welche Schuld oder Angst vermeiden. Als (eher) selbstbestimmt wahrgenommen werden die identifizierte und integrierte Regulation. Die identifizierte Regulation wird als eher autonom wahrgenommen und beschreibt Handlungen, welche in Übereinstimmung mit den eigenen Idealen und Werten ausgeführt werden. Als gänzlich selbstbestimmt wahrgenommen wird die integrierte Regulation, wobei Verhaltensweisen "ins Selbst integriert" (Brandstätter et al. 2018, S. 116) werden. Diese Form der Regulation weist das größte Maß an Selbstbestimmung auf. In diesem Zusammenhang wird auch deutlich, dass extrinsische und intrinsische Motivation nicht als Gegensätze angesehen werden sollten (Deci und Ryan 1985).

2.5 Forschungsfragen

Der Einfluss des CAPT auf physikalische Themen wurde bereits in mehreren Arbeiten untersucht. Korner (2015) befasste sich bereits mit dieser Lernform in den Themengebieten Optik und Elektrizitätslehre. Das Thema Magnetismus und Gleichstromkreise wurde im Zusammenhang mit CAPT bereits von Gröller (2020) und Himmer (2012) untersucht.

In der vorliegenden Masterarbeit soll die Wirksamkeit des CAPT auf einem weiteren physikalischen Themengebiet, der Strahlung, untersucht werden. Der Fokus liegt hierbei einerseits auf dem Wissenszuwachs der Schüler:innen, sowie auf eine möglicherweise veränderte Motivation der Parteien im Lernprozess, wodurch zwei Forschungsfragen resultieren.

Frage 1:

"Wie wirkt sich die Unterrichtsmethode des Cross-Age Peer Tutorings auf den Wissenszuwachs der Tutees und Tutor:innen zum Thema elektromagnetischer Strahlung aus?"

- Hypothese 1.1: Bei den Tutees kann durch die CAPT-Intervention ein Wissenszuwachs festgestellt werden.
- Hypothese 1.2: Bei den Tutor:innen kann durch die CAPT-Intervention ein Wissenszuwachs festgestellt werden.
- Hypothese 1.3: Schüler:innen, welche am CAPT teilgenommen haben, konnten einen höheren Wissenszuwachs erreichen als die Kontrollgruppe.

Frage 2:

"Welchen Einfluss hat Cross-Age Peer Tutoring auf die Motivation der Tutor:innen und Tutees?"

Hypothese 2.1: Die Tutor:innen und Tutees weisen durch die CAPT, im Gegensatz zu regulärem Unterricht, eine höhere Motivation auf.

Mithilfe von Prä- und Posttest, sowie einem Fragebogen zur Motivation der Schüler:innen werden Antworten auf die beiden Forschungsfragen gefunden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die genaue Vorgehensweise der Untersuchung näher erläutert.

3 – Empirischer Teil

3.1 Forschungsdesign

Als eine Art Fortsetzung der Forschung von Korner (2014) ist das Ziel der Arbeit, die Wirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht am Thema elektromagnetischer Strahlung zu untersuchen. Die Forschung basiert einerseits auf dem Ziel, eine lernförderliche Lernumgebung für CAPT zu schaffen. Hierfür werden sowohl die Mentoring- als auch die Tutoring-Phase geplant und passende Materialien entwickelt. Andererseits sollen die Ergebnisse der Intervention analysiert werden.

3.1.1 Wahl der Unterrichtsmethode

In der vorliegenden Arbeit wurde bewusst die Unterrichtsmethode des CAPTs herangezogen, um die in der Literatur beschriebenen positiven kognitiven Entwicklungen und Lernprozesse, welche gegenüber des regulären Physikunterrichts zu erwarten sind, zu untersuchen. Da in den meisten Untersuchungen zum CAPT der Fokus auf dem Lernprozess der Tutees liegt, u.a. nach Trost (1997) und Cohen (1982) jedoch ebenso positive Effekte auf die Tutor:innen festgestellt werden konnten, werden in dieser Arbeit alle Schüler:innen befragt.

Korner (2014) untersuchte bereits die Unterrichtsmethode CAPT zur Elektrizitätslehre und Optik und konnte eine deutlich höhere Lernwirksamkeit gegenüber dem regulären Physikunterricht feststellen. Ebenso entwickelten u.a. Trinkl (2012), Schöfl (2016) und Himmer (2012) im Zuge ihrer Diplomarbeiten CAPT-Interventionen zu weiteren Teilgebieten der Physik. Schöfl konnte in seiner Arbeit einen Lernzuwachs der Schüler:innen durch das CAPT zum Thema Infrarotstrahlung verzeichnen und verwies auf weitere Forschungsmöglichkeiten mit dem Fokus auf vorunterrichtliche Vorstellungen. Trinkl beschäftigte sich mit dem Thema Schatten und Lichtausbreitung und konnte vor allem dann hohe Lernaktivitäten der Tutees feststellen, wenn die Tutor:innen engagiert waren. Ebenso stellte sie fest, dass die CAPT-Intervention generell aktivierend auf die Schüler:innen wirkt und so ihre Motivation erhöht. Ausgehend von diesen Grundlagen soll ein weiteres noch wenig erforschtes Themengebiet der Physik, die elektromagnetische Strahlung, in ein CAPT-Setting eingebettet werden und die Auswirkungen gegenüber dem regulären Unterricht untersucht werden. Zloklikovits (2016) betont ebenso die Möglichkeit des Einsatzes

der von ihr entwickelten Unterrichtsmaterialien im Zuge eines CAPTs, welche in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen wurden.

3.1.2 Hintergrundinformationen zur Schule

Die Erhebung wurde in einem BGRG (Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium) im 8.Bezirk in Wien durchgeführt. Die 4. Klassen werden auch im regulären Physikunterricht von der Autorin unterrichtet. Die 6. Klassen werden im regulären Unterricht von einem Kollegen unterrichtet. Alle teilnehmenden Klassen sind Mischklassen, das heißt es sind sowohl Schüler:innen des Gymnasium-Zweigs, als auch Schüler:innen des Realgymnasium-Zweigs in derselben Klasse und erhalten bis zur 9. Schulstufe denselben Physikunterricht. In der 6. Klasse gibt es für die Schüler:innen im Realgymnasium-Zweig eine zusätzliche Mathematik- und Physikstunde pro Woche. Da das CAPT zu Beginn der 6. Klasse stattfindet, wird der Schultyp in der Untersuchung nicht berücksichtigt.

Das Bildungsniveau der Wiener Bevölkerung ist in den letzten Jahrzehnten deutlich gestiegen. Während im Jahr 1981 der größte Anteil der Bevölkerung (46%) höchstens einen Pflichtschulabschluss aufwies, verschob sich das Niveau des höchsten Bildungsgrades bis 2021 deutlich nach oben. 2021 hatten nur mehr knapp 17% der Wiener:innen höchsten einen Pflichtschulabschluss und etwa 30% den Abschluss einer mittleren oder höheren Schule (1981 bei ca. 18%). Einen Hochschul- oder Akademieabschluss wies 1981 nur 4,5% der Bevölkerung auf, 2021 bereits 19,7% (Statistik Austria, 2023).

Ein Großteil der Schüler:innen des Gymnasiums wohnen in der Josefstadt (8. Bezirk) oder den umliegenden Bezirken, vor allem im 7., 9., 17., 18., oder 19. Bezirk. Drei davon (Neubau, Josefstadt und Alsergrund) zählen zu den Wiener Bezirken mit den höchsten Akademikeranteilen (Russmedia Digital GmbH, 2016).

3.1.3 Ablauf des CAPT

Im Folgenden wird der Ablauf des CAPTs näher beschrieben. Die Grob- und Detailplanung von Mentoring und Tutoring als Anhaltspunkt für den/die Lehrer:in sind im Anhang auf Seite 79 zu finden.

Die Untersuchung fand mit jeweils zwei Klassen der 8. und 10. Schulstufe einer AHS in Wien statt. Da beide Durchgänge gleichermaßen durchgeführt wurden, ist im Folgenden nur von jeweils einer 4. und einer 6. Klasse die Rede.

Wie im CAPT üblich, erhielten die angehenden Tutor:innen, vor dem Tutoring mit den Jüngeren, ein Mentoring durch die Lehrperson. Die Oberstufenschüler:innen erhielten zu Beginn eine kurze Information zum Ablauf der gesamten CAPT-Intervention. Darauffolgend wurden gemeinsam im Plenum die theoretischen Grundlagen der Schüler:innen zum Sender-Empfänger-Modell aufgefrischt. Im nächsten Schritt wurde in Gruppen von etwa vier bis fünf Personen das Arbeitsblatt besprochen. Die Lehrperson stand in der Zwischenzeit für Fragen zur Verfügung. Gemeinsam wurden anschließend die Lösungen verglichen, wobei die Tutor:innen erstmals die Handreichung mit der Musterlösung und den Tipps der Lehrperson erhielten. Im Plenum wurden Wissenslücken identifiziert und gemeinsam aufgearbeitet. Außerdem wurde auf typische Fehlvorstellungen zum Thema Strahlung eingegangen.

Um den Schüler:innen der 6. Klassen eine individuelle Gestaltung des Tutorings zu ermöglichen, befindet sich auf der Handreichung ein QR-Code, welcher den Schüler:innen Hintergrundinformationen bereitstellt. Je nach Interesse können sie sich hiermit näher in das Thema Strahlung einlesen, was nach Galbraith und Winterbottom (2011) wiederrum die Motivation steigern kann.

Nach dem physikalischen Input wurden die sozialen Rahmenbedingungen und Regeln des Projekts besprochen. Wie in der Literatur beschrieben wurde den Tutor:innen vermittelt, dass sie die Rolle der Expert:innen übernehmen sollen und für den Lernprozess der Tutees verantwortlich sind. Außerdem soll ein aktiver Lernprozess der jüngeren Schüler:innen stattfinden und kein "Vortrag" gehalten werden. In diesem Zusammenhang erhielten die Schüler:innen einen kurzen Input Autonomieunterstützung der Tutees. Darauffolgend wurden mögliche Hilfetechniken in einem Rollenspiel in Gruppen von zwei bis drei Personen erprobt. In diesem übernahm ein:e Schüler:in die Rolle des Tutors, die Mitschüler:innen schlüpften in die Rolle der Tutees. In dieser Zusammenstellung hatten die Tutor:innen erstmal die Möglichkeit, das Erklären von physikalischen Themen zu üben und eine geeignete Hilfetechnik (Hilfe zur Selbsthilfe) auszuprobieren. Der Abschluss des Mentorings bildete das Sammeln von Hilfetechniken im Plenum.

In der Physikstunde vor der CAPT-Intervention erhielten alle Schüler:innen von der Lehrperson den Prätest. Um mit den Tests den direkten Wissenszuwachs des Tutorings zu messen, wurde das Thema Strahlung nach dem Prätest nicht weiter thematisiert.

Für Gruppeneinteilung, Kennenlernen, Posttest, Fragebogen und das eigentliche Tutoring wurde eine Doppelstunde beider Klassen reserviert. Zu Beginn wurde gemeinsam ein Kennenlernspiel gespielt, woraus die Gruppeneinteilung resultierte. Durch das vorherige Mentoring der älteren Schüler:innen war die Aufgabenstellung klar und der Arbeitsprozess konnte beginnen. Im Tutoring arbeiteten die Peer-Paare selbstständig, die Lehrperson stand als helfende Hand bei Problemen zur Verfügung. Direkt nach der Intervention füllten die Schüler:innen den Fragebogen zur Motivation aus und anschließend den Posttest.

Um den Einfluss des CAPTs gegenüber dem regulären Physikunterricht zu vergleichen, wurde der Inhalt mit einer Kontrollklasse der 8. Schulstufe ohne CAPT behandelt. Unter regulärem Physikunterricht wird hier eine Unterrichtsplanung verstanden, welche beispielsweise Elemente, wie Erklärungen der Lehrer:in, Schüler:innenexperimente, Gruppenarbeiten und Recherchen im Internet enthält. Die Schüler:innen dieser Klasse füllten ebenso Prä- und Posttest, sowie den Fragenbogen zur Motivation aus.

3.2 Erstellen der Arbeitsmaterialien

3.2.1 Key Ideas

Vor dem Erstellen der Arbeitsmaterialien werden Basisideen (Key Ideas) formuliert, welche durch die CAPT-Intervention vermittelt werden sollen. Die Grundlage hierfür bilden die von Plotz und Zloklikovits (2017, 2019) formulierten Basisideen.

Anzumerken ist außerdem, dass die Schüler:innen zum Zeitpunkt der CAPT-Intervention bereits im Unterricht das Thema Licht behandelt haben. Ebenso wurde der Unterschied zwischen Materie und Strahlung thematisiert, sowie das Sender-Empfänger-Modell am Beispiel der UV- und IR-Strahlung besprochen.

Die CAPT-Intervention soll folgende Key Ideas beinhalten:

- Das elektromagnetische Spektrum fasst alle Strahlungsarten zusammen und ordnet sie nach ihrer Wellenlänge.
- Röntgenstrahlung ist eine Art der elektromagnetischen Strahlung mit kleiner Wellenlänge und großer Energie.
- Knochen und Gewebe werden auf Röntgenbildern unterschiedlich hell dargestellt, da Knochen einen Großteil der Röntgenstrahlung absorbieren, Gewebe jedoch den größten Anteil transmittiert.
- Elektromagnetische Strahlung mit kleiner Wellenlänge besitzt viel Energie, diese mit großer Wellenlänge besitzt wenig Energie.
- Wir sind im Alltag ununterbrochen Strahlung ausgesetzt.
- Die verschiedenen Strahlungsarten werden je nach Wellenlänge, Einwirkdauer und Intensität für den Menschen als nicht schädlich bis hin zu sehr schädlich eingeordnet.
- Eine geringe Intensität an UV-Strahlung ist für den Menschen nicht gefährlich und aufgrund der Vitamin-D Produktion sogar lebensnotwendig, eine hohe Intensität führt hingegen zu Verbrennungen der Haut (Sonnenbrand).
- Eine geringe Intensität an Mikrowellen-Strahlung, welche durch Handys emittiert wird, ist für den Menschen ungefährlich, die Intensität der Strahlung in der Mikrowelle kann hingegen Speisen erwärmen.
- Alles sendet elektromagnetische Strahlung aus. (Zusatz f
 ür die schnellen Sch
 üler:innen)

3.2.2 Grundlage des CAPTs

Die Grundlage der Arbeitsmaterialien für die CAPT-Intervention basiert auf der Handreichung von Zloklikovits (2022) zum Unterrichten der elektromagnetischen Strahlung in der SEK 1. Das verwendete Konzept verzichtet auf eine detaillierte Thematisierung des Teilchen- und Wellenmodells, da dieses im Regelunterricht in der SEK 1 meist noch nicht ausführlich thematisiert wurde.

Das Konzept knüpft an möglichen Erfahrungen der Schüler:innen an, versucht sie mit Alltagsbeispielen abzuholen und macht sie schrittweise mit neuen Aspekten der Strahlung bekannt. Das Konzept ist ursprünglich für sechs Unterrichtseinheiten ausgelegt und kann von der Lehrperson selbst methodisch gestaltet werden. In dieser Arbeit dient es als Orientierung für die Gestaltung der Unterrichtsmaterialien für das Cross-Age Peer Tutoring.

3.2.3 Arbeitsblatt

Das Arbeitsblatt (siehe Anhang S. 67) beinhaltet fünf Aufgaben, wobei die vier davon von den Schüler:innen in der Doppelstunde bearbeitet werden soll. Die letzte Aufgabe ist "für die Schnellen" vorgesehen und somit als freiwillig zu betrachten. Dieses kann gegebenenfalls auch im regulären Unterricht nach der CAPT-Intervention aufgegriffen werden.

Das Arbeitsblatt enthält drei verschiedene Icons, um für eine bessere Orientierung zu sorgen. Die Sprechblase () symbolisiert eine Aufgabe, welche im Gespräch zwischen Tutor und Tutee behandelt wird. Die entsprechenden Inhalte müssen nicht verschriftlicht werden, da sie ohnehin im weiteren Verlauf erneut aufgegriffen werden. Das Rufzeichen () markiert wichtige Fakten bzw. bietet eine kleine Zusammenfassungen der vorherigen Aufgaben. Der Stift () stellt eine kleine Erinnerung dar, wenn zu einer Frage eine Notiz gemacht werden soll und keine freien Zeilen vorhanden sind. Eine kurze Lesesequenz des beiliegenden Informationstextes wird mit dem Buch () gekennzeichnet.

Aufgabe 1:

Die erste Aufgabe behandelt das Zustandekommen eines Röntgenbilds. Hierbei sollen die Schüler:innen die Röntgenstrahlung mithilfe des Sender-Empfänger-Modells beschreiben. Anschließend wird in drei Schritten erarbeitet, wie die unterschiedlichen Farben eines Röntgenbilds entstehen.

<u>Ziel dieser Aufgabe:</u> Die Schüler:innen erweitern das bereits bekannte Sender-Empfänger-Modell auf eine weitere Strahlungsart – die Röntgenstrahlung. Sie erkennen außerdem den Zusammenhang zwischen der absorbierten und durchgelassenen Strahlung und dem eingefärbten Röntgenbild.

Aufgabe 2:

In der zweiten Aufgabe wird den Schüler:innen die Zusammenfassung der Strahlungsarten im elektromagnetischen Spektrum näher gebracht. Sie erfahren, dass verschiedene Arten von Strahlungen nach ihrer Wellenlänge geordnet werden können. In einem Diagramm ist die unterschiedliche Breite im Spektrum erkennbar.

Da die Schüler:innen vermutlich zum ersten Mal mit dem Begriff "Wellenlänge" konfrontiert sind, werden sie im Weiteren dazu aufgefordert, ihre Vorstellung dazu in einer Zeichnung zu verbildlichen. Mit Unterstützung der Tutor:innen wird in der Skizze ebenso festgehalten, welche gezeichnete Welle eine kleine bzw. große Wellenlänge besitzt. Hierbei werden die Tutor:innen dazu aufgefordert, unterschiedliche Möglichkeiten, die Wellenlänge einzuzeichnen, zu veranschaulichen (z.B. Wellenberg zu Wellenberg, Nullpunkt zu Nullpunkt usw.).

<u>Ziel dieser Aufgabe:</u> Die Schüler:innen erkennen die Wellenlänge als gemeinsame Eigenschaft der verschiedenen Strahlungsarten und können diese in einer Skizze veranschaulichen.

Aufgabe 3:

Die dritte Aufgabe beschäftigt sich mit Anwendungsbeispielen zu den Strahlungsarten. Hierfür sind die Strahlungsarten auf der linken Seite aufgelistet und sollen durch Linien mit dazu passenden Bildern der rechten Seite verbunden werden. Einige Strahlungsarten besitzen mehrere Anwendungen, welche jedoch bereits nebeneinander angeordnet sind.

Um das Zuordnen zu vereinfachen, stehen den Tutees Kärtchen mit denselben Worten und Bildern zur Verfügung. Dies erleichtert erneutes Anordnen und Probieren, falls Pärchen vertauscht worden sind. Haben die Tutees die korrekten Pärchen gefunden, sollen die Linien auf dem Arbeitsblatt gezeichnet werden.

<u>Ziel dieser Aufgabe:</u> Die Schüler:innen kennen zu den Strahlungsarten passende Anwendungsbeispiele aus dem Alltag.

Aufgabe 4:

Die vierte Aufgabe beschäftigt sich mit der Frage, wie gefährlich Strahlung ist. Als Einstieg sollen Tutor und Tutee darüber diskutieren bzw. ihre Erfahrungen austauschen, ob Strahlung vom Handy oder einer Röntgenuntersuchung für Menschen schädlich sind. Als Erklärungshilfe können die Schüler:innen die Anwendungsbeispiele aus Aufgabe 3 verwenden. Im nächsten Schritt verschriftlichen die Tutees, welchen Unterschied es gibt, wann eine Strahlungsart als schädlich bzw. nicht schädlich eingestuft wird.

In Aufgabe 4 wird außerdem die Energie als weitere Möglichkeit der Unterscheidung verschiedener Arten von Strahlung eingeführt. In diesem Zusammenhang sollen die Tutees schätzen, welche Strahlungsart ihrer Meinung nach die kleinste bzw. größte Energie besitzt, wobei auf die Anwendungsbeispiele in Aufgabe 3 verwiesen wird.

Ein Lückentext als Zusammenfassung der erarbeiteten Kompetenzen, sowie ein kurzer Informationstext über die Gefährlichkeit von Strahlung runden die vierte Aufgabe ab. In dem kurzen Artikel wird näher auf die UV-Strahlung eingegangen, inwiefern diese schädlich und gleichzeitig lebensnotwendig für den Menschen ist. Als Abschluss werden die Tutees dazu aufgefordert eine Strahlungsart aus dem Alltag zu nennen, welche je nach Intensität schädlich bzw. nicht schädlich ist.

<u>Ziel dieser Aufgabe:</u> Die Schüler:innen wissen, dass die Gefährlichkeit von Strahlung für den Menschen von der Intensität, Wellenlänge/Energie und Einwirkdauer abhängig ist. Ebenso wird ihnen der Zusammenhang von kleiner Wellenlänge – großer Energie und umgekehrt deutlich.

Aufgabe für die Schnellen:

Die Zusatzaufgabe für schnelle Schüler:innen beinhaltet eine Abbildung mit alltäglichen Sendern elektromagnetischer Strahlung. Die Aufgabe besteht darin, alle

Strahlungsarten bei den passenden Sendern einzuzeichnen, wobei einige Sender mehrere Strahlungsarten emittieren. Die letzte Teilaufgabe besteht darin, die Aussage "Alles sendet Strahlung aus!" als richtig oder falsch einzuordnen und dies zu begründen bzw. ein Gegenbeispiel zu finden.

<u>Ziel dieser Aufgabe:</u> Die Schüler:innen wiederholen das Sender-Empfänger-Modell, sowie die Anwendungsbeispiele der Strahlungsarten und die Gefährlichkeit in Abhängigkeit von der Energie bzw. Wellenlänge. Sie erkennen außerdem, dass jede Materie Infrarot-Strahlung aussendet.

3.2.4 Handreichung der Tutor:innen

Die Handreichung der Tutor:innen (siehe Anhang S. 73) enthält eine Musterlösung des Arbeitsblatts, sowie Tipps und Anregungen für die Tutor:innen. Das Dokument soll die Oberstufenschüler:innen durch das Tutoring begleiten, indem mögliche Fragen an den Tutee vorformuliert sind. Außerdem soll die Handreichung für fachliche Richtigkeit und Sicherheit sorgen.

Die Handreichung beinhaltet außerdem Hilfetechniken, welche im Mentoring mit den Mitschüler:innen der 6. Klassen erarbeitet und als individuell nützlich empfunden wurden. Die erprobten Formulierungen bzw. Tipps wurden von den Tutor:innen im Mentoring selbstständig notiert.

3.2.5 Prä- und Posttest

Der Prä- und Posttest zu der inhaltlichen Komponente des CAPT (siehe Anhang S. 83) wurden in Anlehnung an die von Zloklikovits (2024) erarbeiteten Items erstellt. Die Tests beinhalten dieselben Fragen und werden von allen Schüler:innen vor und nach dem Tutoring schriftlich beantwortet. Der Prätest wird mit den Sechstklässler:innen direkt nach dem Mentoring durchgeführt und mit den Viertklässler:innen in der Physikstunde vor der CAPT-Intervention. Nach dem Tutoring füllen die Schüler:innen zeitgleich den Prätest, sowie den Fragebogen zur Motivation aus.

Zu Beginn der Tests wird ein anonymer Code erstellt, welcher für die Auswertung benötigt wird. Es folgen sieben offene Fragen und eine Zuordnungsaufgabe, welche das Verständnis der im CAPT erlernten Inhalte überprüfen.

Bei der ersten Fragen sollen die Schüler:innen die Entstehung der hellen und dunklen Stellen eines Röntgenbilds erklären. Als Hilfestellung ist dasselbe Röntgenbild zu

sehen, welches auch auf dem Arbeitsblatt vorhanden ist. Die zweite Frage beschäftigt sich mit dem Sender-Empfänger-Modell, indem ein Empfänger von Röntgenstrahlung genannt werden soll. Wie bereits im Kapitel 2.2 zu den vorunterrichtlichen Vorstellungen besprochen wurde, stellen Kalita und Zollman (2007) fest, dass die Entstehung von Röntgenbildern oftmals mit schattenähnlichen Phänomenen erklärt wird. Da Prä- und Posttest ident sind kann hier gegebenenfalls ein Wissenszuwachs durch das CAPT deutlich gemacht werden.

Bei der dritten Aufgabe sollen die Schüler:innen zuordnen, welche Strahlungsart die größte bzw. kleinste Energie besitzt. Hierbei steht ihnen ein elektromagnetisches Spektrum zur Verfügung, wobei bereits gekennzeichnet ist, dass der Rundfunk-Bereich große Wellenlängen und der Gamma-Bereich kleine Wellenlängen besitzt. Der Zusammenhang zwischen Energie und Wellenlänge wird nach Kalita und Zollman (2007) teilweise mit "länger – größer – stärker" (ebd., S. 195) assoziiert. Haben die Jugendlichen den Zusammenhang nicht exakt verstanden, würden sie dem Gamma-Bereich mit kleiner Wellenlänge vermutlich auch die kleinste Energie zuordnen.

Bei der nächsten Frage sollen die Schüler:innen zwei Anwendungsbeispiele aus dem Alltag nennen, wo Strahlung ausgesendet wird. Die fünfte Frage beinhaltet die Aufforderung zur Beschreibung, wie ein Sonnenbrand entsteht. Hierbei beziehen sich Schüler:innen möglicherweise auf das Sonnenlicht und erwähnen die UV-Strahlung nicht (Neumann 2014). Suping (2004) weist auf die vorunterrichtliche Vorstellung hin, dass Schwitzen häufig als Grund für einen Sonnenbrand genannt wird.

Die Antwort zur sechsten Frage beinhaltet die Strahlungsarten, welche ein Handy aussendet. Bei der nächsten Frage sollen die Schüler:innen begründen, ob diese für den Menschen gefährlich ist. Bei dieser Frage wird mit einer Vielzahl an vorunterrichtlichen Vorstellungen gerechnet, da im Internet und auf Social Media Plattformen zahlreiche (Falsch-)Informationen zu finden sind, welche die Schüler:innen beeinflussen könnten (BUK, 2017).

Die letzte Frage thematisiert die Gefährlichkeit ein und derselben Strahlungsart, je nach Intensität bzw. Einwirkdauer. Hierbei sollen die Schüler:innen erkennen, dass eine bestimmte Strahlungsart für den Menschen gefährlich und unbedenklich sein kann.

3.2.6 Fragebogen zur Motivation

Der Fragebogen zur Motivation der Schüler:innen basiert auf dem von Pusch (2021) entwickelten Fragebogen zur intrinsischen Motivation. Der Fragebogen wird, wie im vorherigen Kapitel erwähnt, von allen Schüler:innen nach dem Tutoring ausgefüllt. Zu Beginn des Fragebogens wird ident zum Prä- und Posttest ein anonymisierter Code erstellt. Es folgt eine kleine Einleitung, sodass die Schüler:innen nur jeweils eine Möglichkeit pro Frage ankreuzen und keine frei lassen.

Der Fragebogen beinhaltet 23 Fragen, welcher durch Ankreuzen von jeweils einer Antwort der Likert-Skala (stimmt völlig – stimmt eher – stimmt teilweise – stimmt eher nicht - stimmt gar nicht) ausgefüllt wird. Die Fragen können in eine Antwortskala mit sieben Unterkategorien eingeordnet werden, welche nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan einen Einfluss auf die intrinsische Motivation und Selbstregulation der Schüler:innen hat. Drei Fragen (Nr. 1, 5, 17) thematisieren die soziale Eingebundenheit (relatedness) im Unterricht. Nach Deci und Ryan sind Schüler:innen motivierter, wenn sie sich in die Gruppe eingebunden fühlen. Die Fragen Nr. 2, 6, 12, 18) sollen zeigen, ob die Schüler:innen die CAPT als nützlich erachten und werden in die Subskala "value and usefulness" eingeordnet. Nach Pusch (2021) wird dadurch selbstgesteuertes Verhalten gefördert und die Inhalte eher verinnerlicht. Die Fragen Nr. 3, 8, 15 und 22 bilden die intrinsische Motivation (interest and enjoyment) ab. Die Subskalen "perceived choice" und "perceived competence" beinhalten Vorhersagevariablen der intrinsischen Motivation und Kompetenzerlebens und bilden die Grundlage von acht Fragen (Nr. 4, 9, 10, 11, 13, 19, 20, 21). Die letzte Subskala (Fragen Nr. 7, 14, 16, 23) beschreibt die Quantität der Motivation, indem die Schüler:innen nach dem investierten Fleiß und der Anstrengung (effort and importance) befragt werden.

4 – Ergebnisse

4.1 Grundlagen der Auswertung

Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, wird ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Das Ziel ist es damit herauszufinden, ob sich die Mittelwerte vor und nach der Intervention signifikant voneinander unterscheiden (Bortz & Döringer 2016). Die Voraussetzungen für die Verwendung eines t-Tests werden entsprechend Bühner und Ziegler (2009, S. 243f) erfüllt:

- 1. Die Messwerte der Personen zu jedem einzelnen Messzeitpunkt müssen unabhängig sein.
- 2. Die Messwerte müssen intervallskaliert sein.
- Die untersuchte abhängige Variable muss sich in der Grundgesamtheit (und der Stichprobe) normalverteilen.

Um dieselbe Stichprobe im Prä- und Posttest sicherzustellen, wurden nur die Daten der Schüler:innen verwendet, die bei beiden Tests anwesend waren. Außerdem konnte die Normalverteilung der Stichprobe nachgewiesen werden.

Um das Vergleichen zwischen den einzelnen Schulklassen möglich zu machen, wird ebenso untersucht, ob die getesteten Klassen derselben Jahrgangsstufe gleiche Lernvoraussetzungen aufweisen. Hierfür wird bei den 6. Klassen ein t-Tests durchgeführt und bei den drei 4. Klassen eine ANOVA. Letztere ist eine einfaktorielle Varianzanalyse und macht einen Mittelwertvergleich mehrerer Gruppen hinsichtlich ihrer Signifikanz möglich. (Bühner und Ziegler 2009)

Im Prä- und Posttest (in 7.5 im Anhang angeführt) werden die Fragen mit Null, einem oder zwei Punkten bewertet, was einer maximal erreichbaren Punkteanzahl von 16 entspricht. Null Punkte wurden vergeben, wenn die entsprechende Frage nicht richtig beantwortet wurde. Ein Punkt wurde vergeben, wenn die Frage teilweise richtig beantwortet wurde und zwei, wenn sie der Lösungserwartung entspricht. Beispiele:

Antwort zu Frage 5, welche mit <u>null Punkten</u> bewertet wurde:

"Man bekommt einen Sonnenbrand wegen der Sonnenstrahlung."

Laut der Antwort des Schülers ist die gesamte Strahlung der Sonne und nicht nur die UV-Stahlung für den Sonnbrand verantwortlich. Außerdem ist in der Antwort nicht

enthalten, dass in diesem Zusammenhang die Intensität und Einwirkdauer der Sonnenstrahlung bedeutend sind, sodass Menschen entsprechend der Antwort jederzeit einen Sonnenbrand bekommen müssten.

Antwort zu Frage 8, welche mit einem Punkt bewertet wurde:

"In der Medizin z.B. kann die Röntgenstrahlung viel weiterhelfen. Man sollte jedoch nie zu viel (Intensität und Dauer) von einer Strahlungsart abbekommen, da dann Schäden entstehen."

Die Schülerin hat verstanden, dass die Intensität und die Einwirkdauer dafür verantwortlich sind, dass dieselbe Strahlungsart schädlich und nicht schädlich sein kann. Jedoch verallgemeinert sie ihre Aussage auf alle Strahlungsarten, wodurch ihre Antwort in Summe nur teilweise richtig ist.

Antwort zu Frage 1, welche mit zwei Punkten bewertet wurde:

"Die Knochen sind weiß, weil die Röntgenstrahlung nicht/kaum durchkommt. Das Gewebe der Haut ist grau dargestellt, weil die Strahlung ein bisschen durchkommt. Die Röntgenfolie ist zuerst weiß und färbt sich durch die Strahlung schwarz."

Die Antwort des Schülers ist inhaltlich korrekt und wird mit zwei Punkten bewertet.

Das Signifikanzniveau des t-Tests wird mit $\alpha=5$ % festgelegt. Wird im t-Test eine Irrtumswahrscheinlichkeit p erreicht die kleiner oder gleich dem Signifikanzniveau ist, kann das Ergebnis als statistisch signifikant eingestuft werden. Die Nullhypothese wird damit abgelehnt. Das Ergebnis gilt außerdem als hochsignifikant, wenn der p-Wert kleiner als 0,01 und als höchstsignifikant, wenn p < 0,001 ist.

Außerdem wird die Effektstärke von Cohen (Cohen's d) bestimmt, um die Stärke des Mittelwertunterschieds der Gruppen (Tutees, Tutor:innen und Kontrollgruppe) interpretieren zu können. Der d-Wert wird je nach Autor unterschiedlich interpretiert. Cohen geht bereits ab einem Wert von 0,5 von einem mittelgroßen und ab 0,8 von einem großen Effekt aus. Hattie schreibt bereits einer Effektstärke von 0,4 einen mittelgroßen Effekt zu und spricht ab 0,6 von einem großen Effekt. (Bortz & Döringer 2016, Korner 2014, Hattie 2009)

Der Fragebogen zur Motivation (in 7.6 im Anhang angeführt) wird pro Frage mit ein bis fünf Punkten bewertet. Die Punkte werden entsprechend den Antwortmöglichkeiten der Likert-Skala verteilt, wobei ein Punkt der Antwort "stimmt völlig zu" und fünf Punkte der Antwort "stimmt gar nicht" entspricht. Je kleiner die Punkteanzahl ist, desto größer ist die Motivation in der jeweiligen Subskala.

Bei der Auswertung der Motivation wird ein t-Test mit unabhängigen Stichproben durchgeführt. Das Signifikanzniveau und die Effektstärke werden analog zum Prä- und Posttest interpretiert.

4.2 Auswertung von Prä- und Posttest

Im Rahmen des CAPTs wurden insgesamt 112 Schüler:innen (davon 51 Tutees, 37 Tutor:innen und 24 Schüler:innen der Kontrollgruppe) getestet. Acht Schüler:innen, welche nur bei einem der beiden Tests anwesend waren, wurden bei der Auswertung ausgeschlossen. Die Auswertung wurde daher mit den Tests von 47 Tutees, 35 Tutor:innen und 22 Schüler:innen der Kontrollgruppe (KG) durchgeführt.

Im Prä- und Posttest wird der Wissensstand der Schüler:innen vor und nach dem Tutoring ermittelt und miteinander verglichen. Die Ergebnisse werden im Folgenden näher beschrieben. Die Motivation der Schüler:innen während des CAPTs wird mithilfe des Fragebogens untersucht, welcher im Kapitel 4.3 ausgewertet wird.

Da die Tutees und Tutor:innen bei allen acht Fragen im Posttest im Durchschnitt mehr Punkte erhalten haben als im Prätest, wird von einem einseitigen Signifikanztest ausgegangen. Dies zeigt sich auch in den negativen t-Werten aller Gruppen, was einer Verschiebung der Mittelwerte nach rechts und somit größeren Mittelwerten bei den Posttests entspricht.

-		N	Mittelwert	Std Abweichung	Standardf. d. Mittelwerts	Mittelwert- unterschied	Signifikanz einseitig	Cohen's d
Tutees	Prä Post	47	5,85 11,38	2,147 2,810	0,313 0,410	-5,532	0,038	-1,810
Tutoren	Prä Post	35	10,89 12,86	3,179 2,691	0,537 0,455	-1,971	< 0,001	-0,841
KG	Prä Post	22	5,14 10,36	1,807 2,700	0,385 0,576	-5,227	< 0,001	-2,826

Abbildung 3: Prä- und Posttest Vergleich – alle Gruppen (Tutees, Tutor:innen und Kontrollgruppe)

In obiger Tabelle (Abbildung 3) sind die Mittelwerte der Prä- und Posttests der Tutees, Tutor:innen und der Kontrollgruppe dargestellt. Bei allen untersuchten Gruppen kann ein Zuwachs der Mittelwerte abgelesen werden, die Schüler:innen schnitten somit im Durchschnitt im Prätest besser ab.

Die Tutees erlangen im Prätest etwa 6 Punkte und im Posttest circa 11 Punkte, somit erreichten die Tutees durch das Tutoring einen Punktezuwachs von etwa 6 Punkten. Bei den Tutees kann der Unterschied der durchschnittlich erreichten Punktezahl als signifikant (p = 0,038) eingestuft werden. Die Effektstärke beträgt hier d = -1,810 und wird sowohl nach Cohen, als auch nach Hattie als großen Effekt bezeichnet. Die

negative Zahl der Effektstärke resultiert aus der gebildeten Differenz von Prätest und Posttest. Eine negative Zahl entspricht daher einem Zuwachs. Im Folgenden wird im Text aufgrund der verbesserten Lesbarkeit jeweils der Betrag der Effektstärke angegeben, da bei allen Werten ein Zuwachs im Posttest bestimmt werden konnte.

Bei den Tutor:innen kann im Vergleich zu den Tutees ein geringerer Punktezuwachs, festgestellt werden. Im Prätest erreichen diese circa 11 Punkte und im Posttest 13 Punkte. Der Mittelwertunterschied beträgt daher etwa zwei Punkte. Das Ergebnis ist mit p < 0,001 höchst signifikant und kann durch die Effektstärke als großer Effekt bezeichnet werden.

Ähnlich wie bei den Tutees kann bei der Kontrollgruppe ein Punktezuwachs von etwa 5 Punkten (genau 5,22) gemessen werden. Der Mittelwertunterschied ist hier höchst signifikant und das Cohen's d deutet mit einem Wert von 2,826 auf einen hohen Effekt hin.

Die Standardabweichungen sind bei den Prätests der Tutees und der Kontrollgruppe annähernd gleich. Beide Standardabweichungen steigen im Posttest um etwa 0,7 Punkte. Im Posttest kann somit im Gegensatz zum Prätest bei beiden Gruppen eine etwas größere Streuung um den Mittelwert festgestellt werden. Der Standardfehler des Mittelwerts steigt bei den Tutees von etwa 0,3 im Prätest auf etwa 0,4 im Posttest. Bei der Kontrollgruppe ist ein etwas größerer Standardfehler des Mittelwerts zu erkennen. Im Prätest liegt dieser bei etwa 0,4 und im Posttest auf circa 0,6.

4.2.1 Auswertung nach Klassen

Die Klassen 4-I und 6-I führten die CAPT-Intervention gemeinsam durch, sowie die Klassen 4-II und 6-II. Um dasselbe Ausgangsniveau der 6. Klassen festzustellen, wurde ein t-Test der Prätest-Daten durchgeführt. Hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden 6. Klassen festgestellt werden, das heißt sie befinden sich vor dem CAPT auf demselben Leistungsniveau. Das Ausgangsniveau der drei 4. Klassen (4-I, 4-II und KG) wurden mithilfe einer ANOVA untersucht, wobei sich auch bei den jüngeren Schüler:innen kein signifikanter Unterschied zeigte. Somit kann auch bei den Tutees von demselben Leistungsniveau vor dem CAPT ausgegangen werden.

Im Folgenden wird näher auf die Prä- und Posttest Auswertung der einzelnen Klassen eingegangen.

		N	Mittelwert	Std Abweichung	Standardf. d. Mittelwerts	Mittelwert- unterschied	Signifikanz einseitig	Cohen's d
6-I	Prä Post	21	10,48 12,71	2,994 3,068	0,653 0,670	-2,238	< 0,001	-0,992
6-II	Prä Post	14	11,50 13,07	3,459 2,093	0,924 0,559	-1,571	0,003	-0,628

Abbildung 4: Prä- und Posttest Vergleich – Tutor:innen (6-I und 6-II)

Die Klasse 6-I hat im Posttest durchschnittlich 2,23 Punkte mehr als im Prätest (siehe Abbildung 4). Der Mittelwertunterschied kann mit p < 0,001 als höchstsignifikant eingestuft werden. Die Standardabweichung der 6-I liegt sowohl im Prä-, als auch im Posttest bei etwa 3 Punkten.

Die Klasse 6-II konnte ihre Punkteanzahl durchschnittlich um 1,57 erhöhen (siehe Abbildung 4). Das Ergebnis kann mit p = 0,003 als signifikant eingeordnet werden. Die Standardabweichung der 6-II entspricht im Prätest etwa 3,5 und im Posttest etwa 2 Punkten. Hier kommt es im Posttest somit zu einer geringeren Streuung um den Mittelwert. Die Effektgröße der Klasse 6-I ist mit d = 0,992 laut Hattie und Cohen ein großer Effekt. Bei der 6-II wird die Effektgröße von d = 0,628 laut Hattie als großer und laut Cohen als mittelgroßer Effekt interpretiert.

		N	Mittelwert	Std Abweichung	Standardf. d. Mittelwerts	Mittelwert- unterschied	Signifikanz einseitig	Cohen's d
4-I	Prä Post	24	5,92 11,58	2,244 2,669	0,458 0,545	-5,667	0,196	-1,795
4-II	Prä Post	23	5,78 11,17	2,088 2,995	0,435 0,624	-5,391	0,056	-1,790
KG	Prä Post	22	5,14 10,36	1,807 2,700	0,385 0,576	-5,227	< 0,001	-2,836

Abbildung 5: Prä- und Posttest Vergleich – Tutees und Kontrollgruppe (4-I, 4-II und KG)

Im nächsten Abschnitt wird die Auswertung der beiden vierten Klassen, die am CAPT teilgenommen haben, näher betrachtet (siehe Abbildung 5). Außerdem werden die

Ergebnisse der Tutees mit der Kontrollgruppe, welche regulären Physikunterricht zu dem Thema Strahlung erhielt, verglichen.

Der Mittelwert des Prätests ist bei beiden Klassen etwa gleich mit 5,78 Punkten (4-II) und 5,92 Punkten (4-I). Auch das Ergebnis des Posttests ist sehr ähnlich mit 11,17 Punkten (4-II) und 11,58 Punkten (4-I). Der Mittelwertunterschied beider Klassen zeigt jedoch keine eindeutige Signifikanz auf.

Die Kontrollgruppe (KG) erreichte im Posttest 5,23 Punkte mehr als im Prätest, wobei ein hochsignifikantes Ergebnis vorliegt. Die entsprechende Effektstärke liegt bei 2,8, was einem großen Effekt entspricht.

In Abbildung 6 ist der Prä-Post-Vergleich aller getesteten Klassen zusammengefasst. Hier wird vor allem der bereits angesprochene deutliche Unterschied in den Testergebnissen und den Effektstärken zwischen den einzelnen Gruppen deutlich.

00	Prä-Test	Post-Test	Differenz	Effektstärke
4-I	5,78	11,17	5,39	-1.795
4-II	5,92	11,58	5,66	-1,790
6-I	10,48	12,71	2,23	-0,992
6-II	11,50	13,07	1,57	-0,628
KG	5,14	10,36	5,22	-2,826

Abbildung 6: Prä- und Posttest Vergleich – Klassen

4.2.2 Analyse einzelner Fragen

Bei den Schüler:innen der 6. Klassen konnte bei den Fragen 2, 3 und 4 das größte Vorwissen bestimmt werden (siehe Abbildung 7). Diese Fragen beziehen sich auf das Sender-Empfänger-Modell zur Röntgenstrahlung, der Zuordnung von größter und kleinster Energie zur passenden Strahlungsart, sowie Alltagsbeispiele für Sender elektromagnetischer Strahlung. Das geringste Vorwissen war zur Gefährlichkeit von Handystrahlung vorhanden. Der größte Punktezuwachs zwischen Prä- und Posttest konnte bei den Fragen 6 und 7 festgestellt werden. Bei beiden Fragen stieg die durchschnittliche Punktezahl um 0,6 an. Die Frage 7 wurde von den Tutor:innen im Prätest mit durchschnittlich 0,7 Punkten am wenigsten richtig beantwortet.

Die Ergebnisse der einzelnen Fragen der Tutees sind in Abbildung 8 dargestellt. Auch bei den Tutees konnte bei Frage 7 die niedrigste Punkteanzahl im Prätest mit 0,2 festgestellt werden. Im Posttest erreichten die Viertklässler:innen bei der Frage um durchschnittlich 0,9 Punkte mehr. Bei den Fragen 1, 2 und 3 konnte neben der siebten Frage am wenigsten Vorwissen ermittelt werden, die Tutees erreichten im Prätest durchschnittlich 0,4 bzw. 0,5 Punkte pro Frage. Das größte Vorwissen war, wie bei den Tutor:innen, bei Frage 4 zu den Anwendungen aus dem Alltag vorhanden.

Die dritte Frage wurde im Prätest von allen Tutees, bis auf eine Person richtig beantwortet, die vierte Frage wurde nur von zwei Tutees nicht richtig beantwortet. Bei den Fragen 3, 4 und 8 kann im Posttest zwischen den Tutor:innen und Tutees kaum ein Punkteunterschied festgestellt werden. Der größte Punkteunterschied beim Prätest zwischen den Viert- und Sechstklässler:innen ist bei Frage 2 mit 0,4 Punkten und Frage 6 mit 0,5 Punkten erkennbar (siehe Abbildung 9).

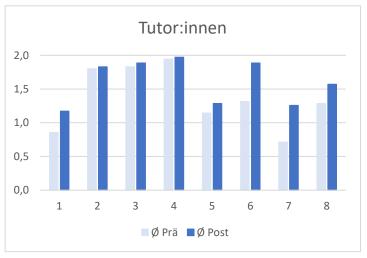


Abbildung 7: Fragen einzeln - Tutor:innen

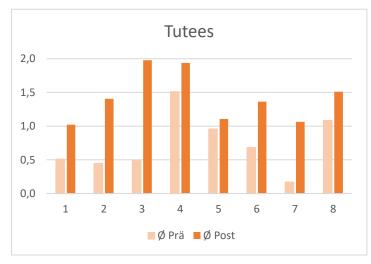


Abbildung 8: Fragen einzeln - Tutees

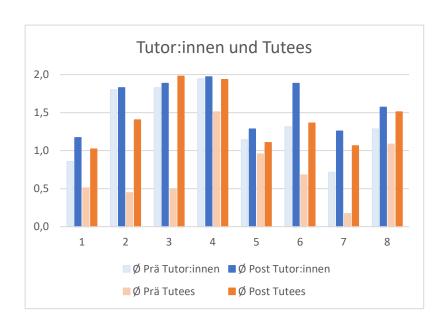


Abbildung 9: Fragen einzeln – Vergleich Tutor:innen (blau) Tutees (orange)

4.3 Auswertung des Fragebogens zur Motivation

Der Fragebogen zur Motivation wird nach dem Posttest ausgefüllt und bildet somit den Abschluss des CAPTs. Die Motivation der Tutor:innen, Tutees und der Kontrollgruppe wird nach den fünf Subskalen der Motivation aus Kapitel 3.2.6 ausgewertet. Bei der Auswertung ist deutlich erkennbar, dass die Mittelwerte der Tutees bei allen Subskalen unter den Mittelwerten der Tutor:innen und der Kontrollgruppe liegen, was auf eine höhere Motivation deutet.

4.3.1 Vergleich Tutees und Tutor:innen

In der folgenden Tabelle (Abbildung 10) ist die Auswertung des Fragebogens zur Motivation zu sehen. Hierbei wurden die fünf Subskalen der Motivation entsprechend der Klassifizierung von Deci und Ryan (1999) einzeln ausgewertet.

		N	Mittelwert	Std. – Abweichung	Standardf. d. Mittelwerts	Signifikanz zweiseitig	Cohen's d
effort	Tutees	47	1,9574	0,51160	0,07462	0,003	-0,736
eff	Tutoren	35	2,4286	0,78020	0,13188	0,003	-0,750
rest	Tutees	47	1,6277	0,65290	0,09524	0.045	
interest	Tutoren	35	2,1429	1,07492	0,18170	0,015	-0,600
perc. comp./ choice	Tutees	47	2,0505	0,50853	0,07418	0,074	-0,412
pe cor ch	Tutoren	35	2,2714	0,57000	0,09635	0,074	3,112
related- ness	Tutees	47	1,2411	0,37237	0,05432	0,121	-0,375
rela	Tutoren		1,4190	0,58490	0,09887	5,121	0,373
value	<u>a</u> Tutees		2,1489	0,65038	0,09487	< 0,001	-1,114
N	Tutoren	35	2,8714	0,64561	0,10913	- 5,552	2,22.

Abbildung 10: Motivation Vergleich – Tutees und Tutor:innen

Die Auswertung der Subskala "effort and importance" kann mit p = 0,003 als hoch signifikant eingestuft werden. Der Unterschied der beiden Mittelwerte beträgt in dieser Subskala 0,4712 und entspricht somit etwa einer halben Stufe auf der Likert-Skala. Nach Cohen gibt die entsprechende Effektstärke einen mittelgroßen Effekt an, nach

Hattie sogar einen großen. Die Effektstärke wird hier zur Beschreibung des Unterschieds in der Motivation zwischen Tutor:innen und Tutees verwendet.

Die intrinsische Motivation wird durch die Subskala "interest and enjoyment" abgebildet und kann als signifikant (p = 0,015) interpretiert werden. Das Cohen's d beschreibt nach Cohen einen mittelgroßen und nach Hattie einen großen Effekt.

In der dritten Subskala der Motivation "perceived choice" und "perceived competence" unterscheiden sich die Mittelwerte der Tutees und Tutor:innen am wenigsten. Die Signifikanz entspricht in dieser Subskala 0,074, weshalb keine eindeutige Signifikanz in der Subskala "perceived choice" und "perceived competence" der Tutees und Tutor:innen besteht. Auch in der Subskala "relatedness", also der sozialen Eingebundenheit liegt keine eindeutige Signifikanz vor.

Bei der letzten Subskala "value and usefulness" liegt ein höchst signifikanter Mittelwertunterschied vor. Der Mittelwert der Tutees ist im Durchschnitt um 0,7225 größer als dieser der Tutor:innen. Die Standardabweichung ist in der Subskala annähern gleich und die Effektgröße gibt mit d = 1,114 einen großen Effekt an.

4.3.2 Vergleich Tutees und Kontrollgruppe

Der Vergleich zwischen Tutees und der Kontrollgruppe liefert für alle fünf Subskalen zur Motivation ein hoch bzw. höchst signifikantes Ergebnis. Außerdem ist die Motivation der Tutees in allen Bereichen höher als die der Kontrollgruppe. In der Subskala "relatedness" tritt der größte Unterschied der beiden Gruppen mit 1,0165 auf (siehe Abbildung 11). Die Effektstärke entspricht d = 1,854 und gibt einen großen Effekt an.

In der Subskala "effort and importance" liegt die durchschnittliche Motivation der Tutees um 0,7244 höher als die der Kontrollgruppe. Die Standardabweichung der Kontrollgruppe ist in dieser Subskala mit etwa 1,04 fast doppelt so hoch, wie diese der Tutees. Nach Cohen und Hattie kann hier von einem großen Effekt gesprochen werden (d=1,009).

Ein höchst signifikantes Ergebnis wird neben der Subskala "relatedness" bei "perceived competence" und "perceived choice" erzielt. Hier ist die Motivation der Tutees um etwa 0,51 höher als bei der Kontrollgruppe. Die Effektstärke gibt mit d = 0,978 einen großen Effekt an.

		N	Mittelwert	Std. – Abweichung	Standardf. d. Mittelwerts	Signifikanz zweiseitig	Cohen's d
effort	Tutees		1,9574	0,51160	0,07462	0,005	-1,009
eff	KG	22	2,6818	1,03562	0,22080	0,003	-1,009
rest	Tutees	47	1,6277	0,65290	0,09524		
interest	KG	22	2,2045	0,76234	0,16253	0,004	-0,837
perc. comp./ choice	Tutees	47	2,0505	0,50853	0,07418	< 0,001	-0,978
g 9 g	ਲੁੱ KG		2,5568	0,53692	0,11447	10,001	5,275
related- ness	Tutees	47	1,2411	0,37237	0,05432	< 0,001	-1,854
relä n	KG	22	2,2576	0,80955	0,17260	10,002	2,00 .
value	Tutees	47	2,1489	0,65038	0,09487	0,003	-0,960
Ņ	KG	22	2,8636	0,91849	0,19582	,	,

Abbildung 11: Motivation Vergleich – Tutees und Kontrollgruppe

In den letzten beiden Subskalen "interest and enjoyment" und "value" tritt jeweils ein hoch signifikantes Ergebnis auf. Die Effektstärken werden als große Effekte interpretiert.

5 – Diskussion

In der folgenden Diskussion werden die in Kapitel 2.5 formulierten Forschungsfragen mithilfe der Ergebnisse diskutiert. Der Fokus liegt bei der ersten Forschungsfrage auf dem Wissenszuwachs durch das CAPT, wobei Tutees, Tutor:innen und die Kontrollgruppe unabhängig voneinander untersucht wurden. Die zweite Forschungsfrage zielt auf die Motivation der Tutor:innen und Tutees ab, wobei die Hypothese darin besteht, dass die Teilnehmer:innen des CAPT, im Gegensatz zur Kontrollgruppe, welche regulären Physikunterricht erhielt, eine höhere Motivation aufweisen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Unterrichtsmethode CAPT für den Themenbereich "elektromagnetische Strahlung" geeignet ist oder auf eine andere Unterrichtsmethode zurückgegriffen werden sollte.

5.1 Wissenszuwachs

Prüfung der Hypothese 1.1: "Bei den Tutees kann durch die CAPT-Intervention ein Wissenszuwachs festgestellt werden."

Zur Beantwortung der ersten Hypothese kann unter anderem das Diagramm in Abbildung 8 herangezogen werden. Es ist deutlich erkennbar, dass sich die Tutees bei jeder Frage des Posttests im Vergleich zum Prätest verbessert haben. Dies spiegelt sich auch im Mittelwertunterschied zu beiden Testzeitpunkten von etwa 5,5 Punkt wider. Die entsprechende Effektstärke liegt bei 1,810, was einem großen Effekt entspricht. Somit unterstützen die Daten die erste Hypothese und man kann davon ausgehen, dass auch in der Grundgesamtheit während des CAPTs ein Wissenszuwachs stattfindet

Prüfung der Hypothese 1.2: "Bei den Tutor:innen kann durch die CAPT-Intervention ein Wissenszuwachs festgestellt werden."

Auch bei den Tutor:innen ist durchwegs ein Lernzuwachs erkennbar. In Abbildung 7 ist zu sehen, dass die Tutor:innen ihre Punktezahl in jeder der acht Fragen von dem Präauf den Posttest erhöht haben. Der Mittelwertunterschied der Tests ist trotz der geringen Stichprobengröße von 35 Personen höchst signifikant, außerdem kann aufgrund der Effektstärke mit d = 0,841 einem großen Einfluss auf die Lernwirksamkeit gesprochen werden. Es wird somit durch das CAPT zum Thema elektromagnetischer

Strahlung auch bei den Tutor:innen ein Lernzuwachs erzielt. In der Untersuchung von Korner (2014) wird bei den Tutor:innen ebenso ein Wissenszuwachs gemessen. Auch Gröller (2020) konnte im Zuge eines CAPTs zu physikalischen Themenbereichen einen Lernerfolg bei Tutor:innen feststellen. Die ermittelten Effektstärken liegen dabei außerdem über jenen des herkömmlichen Unterrichts (Hattie, 2009).

Im Mentoring mit den Sechstklässler:innen war die Klasse 6-II nach dem subjektiven Empfinden der Lehrperson deutlich demotivierter als die Klasse 6-I. Zweitere arbeitete fleißig mit, interessierte sich für die anstehende CAPT-Intervention und wirkte dem Projekt gegenüber sehr aufgeschlossen. Die Schüler:innen der 6-II hingegen wirkten Großteils unkonzentriert und uninteressiert. Dies erweckte nicht nur den Eindruck der Lehrperson, sondern wurde auch von einer hospitierenden Kollegin entsprechend wahrgenommen. Aufgrund des deutlich unterschiedlichen Verhaltens im Mentoring wurde von Seiten der Lehrperson erwartet, dass sich dieses auch im Prätest widerspiegeln würde. Mithilfe des t-Tests konnte jedoch kein signifikanter Unterschied in den gegebenen Lernvoraussetzung der beiden 6. Klassen festgestellt werden. Der subjektive Eindruck der Lehrperson wurde in diesem Zusammenhang nicht bestätigt.

Werden die einzelnen Fragen des Wissenstests betrachtet wird deutlich, dass sowohl bei den Viert-, als auch den Sechstklässler:innen bei der siebten Frage im Prätest die geringste Punktezahl erreicht wurde. Bei der Frage sollte begründet werden, ob die Strahlung von Handys für Menschen gefährlich ist. Der Operator "begründe" wird laut dem ISB (2022) dem höchsten Anforderungsbereich zugeordnet, wobei Operatoren "in drei Anforderungsbereiche eingeteilt [werden], die den Schwierigkeitsgrad der entsprechenden Aufgabe widerspiegeln" (ISB 2022, S. 1). Der Anforderungsbereich 1 enthält beispielsweise den Operator "nenne", welcher bei der zweiten und vierten Frage verwendet wurde. "Erkläre" und "beschreibe" werden dem Anforderungsbereich 2 zugeordnet. Die Operatoren kamen bei der ersten und fünften Frage zur Anwendung. Die siebte Fragestellung mit dem Operator "begründe" kann somit im Vergleich zu den anderen Fragen als eher schwierig eingestuft werden, wodurch die geringe Punkteanzahl erklärt werden kann. Eine Begründung verlangt somit ein höheres Verständnis der Situation als das Nennen von Begriffen. Dies spiegelt sich auch in der durchschnittlich niedrigen Punktezahl bei Frage eins wider. Hier ist eine Erklärung für die hellen und dunklen Stellen eines Röntgenbilds gefordert. Auch bei dieser Frage erreichten die Tutees und Tutor:innen im Prätest im Vergleich zu den anderen Fragen eher wenige Punkte. Frage vier konnte von den teilnehmenden Klassen bereits im Prätest von den meisten Schüler:innen korrekt beantwortet werden. Diese beinhaltet das Nennen zweier Anwendungsbeispiele elektromagnetischer Strahlung. Die hohe Punktezahl kann somit einem eher niedrigen Schwierigkeitsgrad durch das Nennen von Begriffen (Anforderungsbereich 1) zugeschrieben werden.

Im Prätest zeigt sich bei der 2. und 3. Frage ein deutlicher Unterschied zwischen den Tutees und den Tutor:innen. Bei beiden Fragen wiesen die Sechstklässler:innen, neben Frage vier, das größte Vorwissen auf. Bei den Viertklässler:innen hingegen zählten die Fragen zu jenen mit geringster Punktezahl. Das sehr hohe Vorwissen der Tutor:innen bei Frage 2 und 3 kann durch das vorangegangene Mentoring erklärt werden. In diesem beschäftigten sich die angehenden Tutor:innen sowohl mit der Sender-Empfänger-Darstellung als auch mit dem elektromagnetischen Spektrum und der zugehörigen Energie bzw. Wellenlänge.

Da der Prätest *nach* dem Mentoring durchgeführt wurde, konnte das neu erlangte Wissen direkt im Prätest unter Beweis gestellt werden. Es kann darauf geschlossen werden, dass ohne Durchführung eines Mentorings ein geringeres Vorwissen im Prätest erreicht worden wäre. Für diese Studie beschreibt daher der Prä-Post-Vergleich bei den Tutor:innen, wie bei den Tutees, ausschließlich den Einfluss des Tutorings. Das ist insofern interessant, da in der Arbeit von Korner (2015) der Prätest *vor* dem Mentoring durchgeführt wurde. Dementsprechend hatten die Tutor:innen mehr Interventionszeit (Mentoring und Tutoring) als die Tutees zur Verfügung und die Vergleichbarkeit beider Gruppen hat darunter gelitten. Demgegenüber ist in der vorliegenden Untersuchung ein direkter Vergleich möglich. So ist der Wissenszuwachs bei den Tutees mit circa 5,53 Punkten ebenso wie der der Kontrollgruppe mit 5,23 Punkten zwar größer als bei den Tutor:innen mit 1,97 Punkten. Dennoch kann auch durch diese Daten bestätigt werden, dass auch die Tutor:innen von der CAPT-Intervention profitieren.

Die vierten Klassen wurden vor dem Prätest nur so weit mit dem Thema vertraut gemacht, dass sie das benötigte Vorwissen betreffend keine Wissenslücken für das CAPT aufweisen. Dementsprechend wurde das Sender-Empfänger-Modell, sowie das Spektrum elektromagnetischer Strahlung auch in den 4. Klassen vorab thematisiert. Hier zeigte sich dennoch in den betreffenden Items ein geringeres Vorwissen im Prätest. Umso deutlicher ist bei den beiden Fragen jedoch der Erfolg durch das CAPT

(siehe Abbildung 9) erkennbar, da die jeweiligen Fragen im Posttest eine sehr hohe Punktezahl ausweisen.

In der Untersuchung wurde deutlich, dass das CAPT sowohl bei den Tutees als auch den Tutor:innen zu einem Lernzuwachs führt. Nun stellt sich jedoch die Frage, ob eine entsprechende Zunahme des Wissens mit demselben Material auch im Regelunterricht stattgefunden hätte. Dies wurde mithilfe der Kontrollgruppe untersucht, welche dasselbe Arbeitsmaterial erhielt, jedoch den Inhalt im regulären Physikunterricht besprach.

Prüfung der Hypothese 1.3: "Schüler:innen, welche am CAPT teilgenommen haben, konnten einen höheren Wissenszuwachs erreichen als die Kontrollgruppe."

Bei der Kontrollgruppe konnte ebenso eine Leistungssteigerung von etwa 5,2 Punkten beobachtet werden. Die Steigerung des Mittelwerts ist zwar etwas geringer als jene der Tutees (5,5 Punkte), jedoch ist die Punktedifferenz der Gruppen von etwa 0,3 nicht aussagekräftig. Das Ergebnis zeigt, dass auch im Regelunterricht eine Leistungssteigerung mit dem für die CAPT-Intervention erstellten Arbeitsmaterial erzielt werden kann.

Eine mögliche Ursache für den vergleichbaren Lernzuwachs der Tutees und der Kontrollgruppe kann darin liegen, dass die Interventionen auf Basis eines empirisch getesteten Unterrichtsmaterials (Zloklikovits, 2022) geplant wurden und dieses von einer Qualität ist, die die Art der Vermittlung in den Hintergrund treten lässt. Jedenfalls genügen sowohl das CAPT, als auch der Unterricht in der Kontrollgruppe den Anforderungen eines Unterrichts, der Merkmale konstruktivistischer Lernumgebungen (siehe Kategoriensystem KONU, Widodo und Duit 2004) umzusetzen versucht. Dennoch wurde das gute Abschneiden der Kontrollgruppe noch genauer unter die Lupe genommen, da die Lehrperson der Kontrollgruppe das Arbeitsmaterial zusammengestellt und sich somit sehr eingehend mit der Thematik beschäftigt hatte. Dies könnte auch mit dem hohen Lernzuwachs der Kontrollgruppe in Verbindung gebracht werden.

Um dem Einfluss der Lehrperson auf den Grund zu gehen, wurde nach der eigentlichen, geplanten Datenauswertung zusätzlich die Untersuchung mit einer zweiten Kontrollgruppe (im Folgenden als KG-II bezeichnet) durchgeführt, welche von einer anderen Lehrperson unterrichtet wurde. Beim Vergleich der nunmehr vier 4.

Klassen konnte im Prätest kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Das Vorwissen der KG-II ist daher mit den Tutees und der ersten Kontrollgruppe vergleichbar. Die KG-II erreichte im Prätest knapp 4 Punkte und im Posttest etwa 7,7 Punkte. Der Mittelwertunterschied liegt mit zirka 3,7 Punkten unter jenem der Tutees (5,5 Punkte) und der ersten Kontrollgruppe (5,2 Punkte). Der Mittelwertunterschied der Prä- und Posttests liefert ein signifikantes Ergebnis. Somit unterscheidet sich der Wissensstand der Tutees und der ersten Kontrollgruppe im Posttest signifikant von jenem der KG-II. Das lässt den Schluss zu, dass der Einfluss der Lehrperson, welche sich eingehend mit den Materialien beschäftigt hatte, somit nicht außer Acht gelassen werden darf.

Das Ergebnis der Untersuchung ist insofern erstaunlich, da Tutor:innen mithilfe zur Verfügung gestellter Materialien den Lernprozess der Tutees genauso gut begleiten und unterstützen können, wie eine Lehrperson. Sind die Schüler:innen des CAPTs vielleicht sogar motivierter als jene der Kontrollgruppe, kann sich die konstruktivistische Lernmethode im Themenbereich elektromagnetischer Strahlung dennoch gegenüber dem Regelunterricht auszeichnen. In diesem Zusammenhang wird die Betrachtung der Motivation im nächsten Kapitel besonders interessant.

5.2 Motivation

Die zweite Forschungsfrage thematisiert die Motivation der Schüler:innen im CAPT und stellt einen Vergleich zum Regelunterricht her. Im Folgenden werden die fünf Subskalen der Motivation einzeln untersucht (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11) und betrachtet, inwiefern sich die Motivation bei den drei Gruppen unterscheidet.

Bei der Auswertung wurden der Likert-Skala folgende Nummern zugeordnet: 1 = "stimmt völlig", 2 = "stimmt eher", 3 = "stimmt teilweise", 4 = "stimmt eher nicht" und 5 = "stimmt gar nicht".

Prüfung der Hypothese 2.1: "Die Tutor:innen und Tutees weisen durch die CAPT, im Gegensatz zu regulärem Unterricht, eine höhere Motivation auf."

Die erste Skala bildet "effort und importance", wodurch die Anstrengungsbereitschaft quantifiziert werden kann. Sie beinhaltet, wie wichtig die Tätigkeit für die Schüler:innen ist und wie viel Anstrengung sie dafür bereit sind aufzubringen. Bei den Tutees wird ein Wert von etwa 2 erhalten (siehe Abbildung 10), was der Antwortmöglichkeit "stimmt eher" entspricht. Die Tutees stimmen somit eher zu, dass sie viel Energie in den Lernprozess gesteckt haben und es gut machen wollen. Bei den Tutor:innen wird ein Mittelwert von etwa 2,4 erhalten. Sie weisen in der Subskala eine etwas geringere Motivation als die Tutees auf und stimmen eher bzw. teilweise bei der Wichtigkeit der Tätigkeit zu. Die Kontrollgruppe erreicht in der Subskala einen Mittelwert von knapp 2,7 und ist somit deutlich in der unteren Hälfte der Likert-Skala vertreten. Sie sind nur teilweise bereit, Fleiß in die Tätigkeit zu investieren.

Die zweite Subskala "interest und enjoyment" bildet die intrinsische Motivation ab. Hierbei zeigen die Tutees eine deutlich höhere Motivation als die Kontrollgruppe auf. Die Tutees erreichen einen Mittelwert von etwa 1,6 und liegen somit zwischen der vollen und der fast vollen Zustimmung. Das bedeutet, dass sie gerne bis sehr gerne beim Tutoring mitgemacht haben, es ihnen (eher) Spaß gemacht hat und sie sich über ein erneutes Tutoring freuen würden. Die Tutor:innen erhalten bei der Skala einen Wert von 2,1 und sind damit etwas weniger motiviert als die Tutees, stimmen aber dennoch eher zu (siehe Abbildung 10). Das Ergebnis der Kontrollgruppe liegt mit 2,2 nahe an jenem der Tutor:innen. Es kann somit auch in dieser Subskala ein signifikanter Unterschied zu den Tutees erkannt werden (siehe Abbildung 11).

Die Skala "perceived competence und choice" beinhaltet die selbst wahrgenommene Kompetenz während des Unterrichts und ist ebenfalls ein Prädiktor für die intrinsische Motivation (Deci und Ryan 1985). Die Schüler:innen schätzen bei den entsprechenden Fragen unter anderem ein, ob sie denken, die Aufgaben gut lösen zu können, ob sie erwarten, viel Neues erlernen und Aufgaben bei Gruppenarbeiten im Normalfall eher ihren Mitschüler:innen überlassen. Auch in dieser Subskala der Motivation weisen die Tutees den niedrigsten Wert von 2,1 auf und stimmen den Aussagen somit eher zu. Die Tutor:innen liegen etwas darüber mit einem Mittelwert von 2,3 Punkten, wobei der Vergleich hier kein signifikantes Ergebnis zeigt. Hoch signifikant ist hingegen der Unterschied zwischen den Tutees und der Kontrollgruppe. Letztere erhält ein Ergebnis von etwa 2,6 und tendiert somit in Richtung der neutralen Aussage "stimmt teilweise".

Die vorletzte Skale "relatedness" fokussiert sich auf die zwischenmenschliche Beziehung im Lernprozess. Da das CAPT soziale Interaktionen beinhaltet, wird hier eine sehr hohe Motivation erwartet. Da die Kontrollgruppe einen eher lehrer:innenzentrierten Unterricht erhielt und wenige soziale Interaktionen stattgefunden haben, wird bei dieser Gruppe eine deutlich niedrigere Motivation vermutet. Die Ergebnisse sind wenig überraschend und die Annahme kann bestätigt werden. Die Tutees und Tutor:innen erreichen einen Mittelwert von 1,2 bzw. 1,4 und stimmen völlig zu, dass eine hohe Akzeptanz im Tutoringprozess stattgefunden hat, gegenseitig zugehört wird und Fragen ernst genommen werden (siehe Abbildung 10). Der Vergleich der Werte ist jedoch nicht eindeutig signifikant. Dennoch wird deutlich, dass der Wert der Kontrollgruppe weit über jenem der Schüler:innen des CAPTs liegt. Die Schüler:innen im Regelunterricht erhalten in der Subskala einen Mittelwert von 2,3 (siehe Abbildung 11) und stimmen den Aussagen nur bedingt zu. Der Unterschied der Tutees und der Kontrollgruppe wird als höchstsignifikant mit einer hohen Effektstärke eingestuft.

In der Subskala "value" schätzen die Schüler:innen ein, ob der Unterricht für sie als nützlich empfunden und somit eher eingeprägt wird. Auch bei dieser Skala erreichen die Tutees im Vergleich zu den anderen Gruppen den geringsten Wert (2,2) und damit die größte Motivation. Die Tutor:innen und die Kontrollgruppe liegt mit einem Mittelwert von etwa 2,9 gleichermaßen im neutralen Bereich.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Schüler:innen der CAPT-Intervention eine höhere Motivation als die Kontrollgruppe ausweisen. Die Tutees weisen im

Lernprozess im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen, sogar in allen Subskalen die größte Motivation auf. Die Tutor:innen sind in vier von fünf Subskalen motivierter als die Schüler:innen der Kontrollgruppe.

5.3 Fazit

Die vorliegende Arbeit liefert wertvolle Erkenntnisse in der Forschung zur Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring. Dennoch kann die Studie optimiert werden bzw. können darauf aufbauend weitere Effekte untersucht werden. In der folgenden Arbeit wurde das Geschlecht der Schüler:innen bei den Tests, sowie dem Fragebogen nicht erhoben. Rückblickend wäre die Unterscheidung nach Geschlecht ein weiterer interessanter Aspekt bezüglich der Lernwirksamkeit und der Motivation gewesen. Korner (2016) stellt in ihrer Studie keinen Unterschied in der Wirkung des CAPTs auf das Geschlecht fest, bezog sich jedoch nur auf das Thema Elektrizitätslehre.

Die Klasse 6-II wirkte im Mentoring auf die Lehrperson sehr demotiviert und die meisten Schüler:innen zeigten dem Projekt gegenüber wenig Interesse. Der subjektive Eindruck spiegelte sich jedoch weder in den Testergebnissen noch in der Motivation wider. An dieser Stelle wäre der Einsatz von Interviews sinnvoll gewesen, um dem Empfinden der Lehrperson auf den Grund zu gehen.

In einer auf diese Arbeit aufbauenden Studie wäre es interessant, den Einfluss der Lehrperson genauer zu untersuchen. Wie mithilfe der zusätzlichen Kontrollgruppe (KG-II) gezeigt wurde, kann die Auswahl der Lehrperson einen Einfluss auf die Testergebnisse der Schüler:innen haben. In einer weiteren Untersuchung könnte deshalb das Mentoring, sowie der Unterricht der Kontrollgruppe von der gleichen Lehrperson durchgeführt werden, welche sich weder an der Materialerstellung beteiligt noch die Schüler:innen im regulären Schulbetrieb unterrichtet. Kennen die Schüler:innen die Lehrperson aus dem Unterricht, könnte die bereits entstandene Beziehungsebene das Ergebnis beeinflussen (Hattie, 2009).

Im Rahmen einer Folgestudie könnte außerdem der Frage nachgegangen werden, inwiefern das verwendete Material einen Einfluss auf die Testergebnisse hat. Hierbei kann einerseits evaluiertes Material die Basis der CAPT-Intervention bilden,

andererseits eigens von der Lehrperson erstelltes Material verwendet werden. Im Zuge dessen bietet sich die zusätzliche Durchführung von Interviews an, um der Frage eines Konzeptwechsels auf den Grund zu gehen. Dieser lässt sich einfacher mithilfe von Interviews feststellen, da bei Unklarheiten der Antworten nachgefragt werden kann. Bei den verwendeten Prä- und Posttests war das nicht möglich.

Trotz der annähernd gleichen Steigerung des Wissens bei den Tutees und der Kontrollgruppe veranlassen die Ergebnisse der Motivation einen positiven Ausblick auf weitere CAPT-Interventionen im Themenbereich elektromagnetischer Strahlung. Ist von einer Lehrperson lediglich das Bestreben eines hohen Leistungsniveaus angedacht, so überwiegen eher die Nachteile des CAPTs gegenüber regulärem Physikunterricht. Der hohe Zeitaufwand bei der Erstellung der Arbeitsmaterialien, die Organisation von Mentoring und Tutoring, sowie die Absprache mit Kolleg:innen aufgrund von Stundenplanänderungen sind während des Schuljahres nicht zu unterschätzen. Wird von Lehrer:innen jedoch ein abwechslungsreicher und spannender Unterricht mit neuen sozialen Interaktionen angestrebt, welcher positive Erfolge im Leistungsniveau mit sich bringt, lohnt sich die Unterrichtsmethode des CAPTs auf jeden Fall.

6 – Literaturverzeichnis

- Berger, R., Müller, M. & Hänze, M. (2017). Konzeption und Evaluation von Tutor-Trainings zur Förderung der intrinsischen Motivation der Tutor:innen und der Autonomieförderung ihrer Tutees im Cross-age Tutoring. *Zeitschrift Für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 225–239.
- BMUV Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2020). Ionisierende Strahlung. URL: https://www.bmuv.de/themen/nukleare-sicherheit-strahlenschutz/strahlenschutz/ionisierende-strahlung (zuletzt geöffnet am 09.07.2023)
- Bortz, J. & Döring, N. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation. Wiesbaden: *Springer-Verlag*.
- Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R. M. & Lozo, L. (2018). Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie für Bachelor. Springer-Verlag.
- BUK Bundesministerium für Unterricht und Kunst. (2017). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne allgemeinbildende höhere Schulen
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. *Pearson Studium*. München.
- Cohen, P. A., Kulik, J. A. & Kulik, C. C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring: A Metaanalysis of Findings. *American Educational Research Journal* Vol. 19, No. 2, S. 237-248
- Cohen, J. (1986). Theoretical Considerations of Peer Tutoring. *Psychology in the Schools*, S. 175-186.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. *Springer*
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, *39*(2), 223–238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1999). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020
- Duit, Reinders (1993): Schülervorstellungen von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik (16 der Gesamtfolge), S. 4–10.
- Edelmann, W. (2003): Intrinsische und extrinsische Motivation. In: Grundschule 35

- Fisher, D. & Frey, N. (2019). Peer Tutoring: "To Teach Is to Learn Twice". *International Literacy Association*, 62(5), 583–586.
- Fogarty, J. I. & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *Elementary School Journal*.
- Galbraith, J. & Winterbottom, M. (2011). Peer-tutoring: what's in it for the tutor? *Educational studies*, *37*(3), 321–332.
- Gröller, T. (2020). Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik Entwicklung von Unterrichtseinheiten im Bereich der Mechanik und des Magnetismus. Universität Wien
- Hattie, J. A. C. (2009). Visible Learning: A sythesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, New York: Routledge
- Himmer, B. (2012). Cross Age Peer Tutoring in Physics. Einflussfaktoren auf Vorstellungen zu einfachen Gleichstromkreisen. Universität Wien.
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 13
- Hoy, A. W. (2008). Pädagogische Psychologie. Pearson Deutschland GmbH
- ISB Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2022). Operatoren für der Verfassen von kompetenzorientierten Arbeitsaufträgen. https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/71/Operatoren2022-09-20_erweitert.pdf (zuletzt verwendet am 06.02.2024)
- Kalita, S. & Zollman, D. (2007). Investigating Students' Ideas About X-rays While Developing Teaching Materials for a Medical Physics Course. AIP Conference Proceedings, 883, 193–196 (2007)
- Kircher, E. & Schneider, W. X. (2002). Physikdidaktik in der Praxis. *Springer Spektrum*. Würzburg.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2013). Physikdidaktik. Springer Spektrum. Würzburg.
- Korner, M. (2013). Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht: Eine ungewöhnliche Unterrichtsmethode stellt sich vor. *Plus Lucis* (1-2), 11–15.
- Korner, M. (2014). Cross-Age Peer Tutoring in Physik. Evaluation einer Unterrichtsmethode. Dissertation. Universität Wien.
- Korner, M., & Hopf, M. (2017). Zur Evaluation von Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1/16, 1–13.

- Langer, S. (2015). Schülervorstellungen zur UV-Strahlung. Universität Wien
- Libarkin, J. C., Asghar, A., Crockett, C. D. & Sadler, P. M. (2011). Invisible Misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. *Astronomy Education Review*, *10*(1), 010105–010112.
- Meissner, W. W. (1981): Internalization in psychoanalysis. Psychological issues, 50, 1-278.
- Mikelskis, H. F. (2006) Physikdidaktik eine praxisorientierte Einführung. Cornelsen, Berlin
- Muckenfuß, H. (2004) Themen und Kontexte als Strukturelemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zu den Schwierigkeiten, systematisches Physiklernen zu organisieren. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2/3, 57–66.
- Neumann, S. & Hopf, M. (2012). Students' Conceptions About 'Radiation': Results from an Explorative Interview Study of 9th Grade Students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 826–834.
- Neumann, S. (2014). What Students Thins About (Nuclear) Radiation Before and After Fukushima. *Nuclear Data Sheets*. 120, 166-168
- Pauer, R. (2015). Fallstudien zum Thema Licht und Schatten. Universität Wien
- Plotz, T. (2017). Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung Empirische Untersuchung in der Sekundarstufe 2. *Universität Wien*
- Plotz, T. & Zloklikovits, S. (2019). Strahlung konkret. *Plus Lucis* 2, 34–42
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pusch, J. (2021). Weiterentwicklung eines ökonomischen, validen Erhebungsinstruments zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von Schülerinnen und Schülern. *Universität Wien*
- Reusser, K. (2001). Unterricht zwischen Wissensvermittlung und Lernen lernen. Donauwörth: Auer.
- Robinson, D. R., Schofield, J. W. & Steers-Wentzell, K. L. (2005). Peer and cross-age tutoring in math: Outcomes and their design implications. *Educational Psychology Review*, 17 (4), 327–362
- Rohr, D., Ouden, H. D. & Rottlaender, E. (2016). Hochschuldidaktik im Fokus von Peer Learning und Beratung. *Beltz Juventa*. Weinheim
- Roscoe, R. D. & Chi, M. T. H. (2007). Tutor learning: the role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, *36*(4), 321–350.

- Russmedia Digital GmbH. (2016). Bildungsstand nach Bezirken: Höchste Bildung in Wien-Innere Stadt. https://www.vienna.at/bildungsstand-nach-bezirken-hoechste-bildung-inwien-innere-stadt/4601899 (zuletzt verwendet am 10.09.2023)
- Schiefele, U., & Köller, O. (1998). Intrinsische und extrinsische Motivation. In Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Beltz.
- Schöfl, F. (2016). Die Wirkungsweise von CAPT bei Infrarotstrahlung. Universität Wien
- Şeşen, B. A. & İnce, E. (2010). Internet as a Source of Misconception: "Radiation and Radioactivity". *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 94–100.
- Statistik Austria (2023). Bildungsstand der Bevölkerung. https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bildung/bildungsstand-der-bevoelkerung (zuletzt verwendet am 09.09.2023)
- Suping, S. M. (2004). Examining student understanding of the science of a societal issue in Botswana: Effects of ultraviolet radiation on the human skin (Doctoral Thesis).
- Trinkl, C. (2012). Lernprozesse zum Thema Schatten und Lichtausbreitung. Eine qualitative Lernprozessstudie zum Cross-Age-Peer-Tutoring im Rahmen eines Sparkling Science Projektes. *Universität Wien*
- Trost, S. (1997). Cross-Age Tutoring. Managing Classroom Gambits, 162-172
- Topping, K. & Whiteley, M. (1993). Sex Differences in the Effectiveness of Peer Tutoring. *School Psychology International*, *14*(1), 57–67.
- Topping, K. (1996). The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *Higher Education*, 32(3), 321–345.
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Freising: Aulis Verlag
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweise vom Lernen und Lehren und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 233-255.
- Zloklikovitz, S. (2016). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema UV-Strahlung. *Universität Wien*
- Zloklikovitz, S. (2022). Elektromagnetische Strahlung in der Sekundarstufe I unterrichten. Handreichung für Lehrpersonen. *Universität Wien*
- Zloklikovitz, S. (2024). Elektromagnetische Strahlung in der Sekundarstufe I unterrichten. (Veröffentlichung Anfang 2024). Universität Wien

7 – Anhang

7.1 Arbeitsblatt Tutoring

Elektromagnetische Strahlung Aufgabe 1 - Wie entsteht ein Röntgenbild? Welche Funktionen haben Röntgenfolie und Röntgengerät bei der Aufnahme eines Röntgenbilds? Was passiert, wenn Röntgenstrahlung auf die ursprünglich weiße Röntgenfolie trifft? Vervollständige die Röntgenfolie! Gewebe Röntgenfolie Wieso sind Knochen auf der Röntgenfolie weiß zu sehen und Gewebe grau?

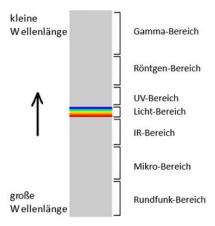
Elektromagnetische Strahlung

Aufgabe 2 - Worin unterscheiden sich Strahlungsarten?

Du hast bereits ein paar Arten von elektromagnetischen Strahlungen kennengelernt. Sie brauchen unterschiedliche Empfänger und haben eine unterschiedliche Wirkung auf Materie!



Die Eigenschaft, in der sie sich unterscheiden, wird Wellenlänge genannt. Im elektromagnetischen Spektrum sind alle Strahlungsarten ihrer Wellenlänge nach geordnet.



(in Anlehnung an Zloklikovits 2022)

Meine Zeichnung zu kleiner und großer Wellenlänge:



Beschrifte in deiner Zeichnung, wo du Wellen mit einer kleinen bzw. große Wellenlänge gezeichnet hast. Zeichne auch bei jeder Welle die Wellenlänge ein!

Elektromagnetische Strahlung

Aufgabe 3 - Was sendet alles Strahlung aus?

Ordne die Anwendungsbeispiele der Kärtchen der passenden Strahlungsart zu! Verbinde anschließend die Paare miteinander.

Gamma	•	•	
Röntgen	•	•	ii ii
Ultraviolett	•	•	iii
Licht	•	•	iv
Infrarot	•	•	
Mikrowellenherd	•	•	vi
Rundfunk	•	•	vii

Aufgabe 4 - Wie gefährlich ist Strahlung eigentlich?



Es wird oft darüber diskutiert, ob Strahlung z.B. vom Handy oder einer Röntgenuntersuchung für uns schädlich ist. Was denkst du darüber?

Hinweis: Vergleiche z.B. die unterschiedlichen Anwendungen der Mikrowellenstrahlung und UV-Strahlung!

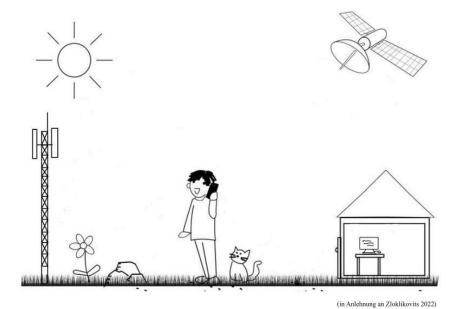
Elektromagnetische Strahlung

	Worin könnte der Unterschied liegen, ob dieselbe Strahlungsart für Menschen schädlich bzw. nicht schädlich ist?
	Gehe bei deiner Erklärung auf die Intensität von Mikrowellenstrahlung ein.
9 2	Ein weiterer wichtiger Faktor, ob eine Strahlung schädlich ist, ist die Energie. Betrachte die Anwendungsbeispiele aus Aufgabe 3. Welche Strahlungsart besitzt glaubst du die kleinste bzw. größte Energie?
•	Strahlung im Gamma-Bereich hat die kleinste Wellenlänge und besitzt Energie.
	Je größer die Wellenläge ist, destoist die Energie der Strahlung.
	Strahlung im Bereich hat deshalb die Energie.
	Je höher die derselben Strahlungsart, desto schädlicher ist sie für den
	Menschen (siehe Aufgabe 3).
Q	Ordne dem elektromagnetischen Spektrum aus Aufgabe 2 zu, wo die niedrigste bzw. höchste Energie auftritt! Nenne jeweils ein Anwendungsbeispiel.
	Lies dir den beiliegenden Infotext durch und beantworte die letzte Frage!
	Nenne <u>eine</u> Strahlungsart aus dem Alltag, welche je nach Intensität nicht, etwas und deutlich schädlich für dich sein kann. Tipp: Schaue nach oben!

Für die Schnellen - Welchen Strahlungsarten begegnen wir täglich?

Zeichne in der folgenden Abbildung alle Strahlungsarten ein, die vom jeweiligen Objekt ausgesendet werden.

Tipp: Die meisten Sender emittieren mehrere Strahlungsarten!





Du hast bereits herausgefunden:

Ob Strahlung für den Menschen gefährlich ist oder nicht, hängt von der Strahlungsart, der Wellenlänge/Energie und der Intensität ab.

Nenne eine Strahlungsart die bei mittlerer Intensität für den Menschen (nicht) schädlich ist!

"Alles sendet Strahlung aus!"
Begründe, wieso der Satz richtig ist bzw. finde ein Gegenbeispiel, wenn er falsch ist.

Bildquellen:

² Funkspells https://ecruptest-tol.gutatic.com/images?gutthn.AM95GrQu-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQUHyPI 2 Funkspells https://ecruptest-tol.gutthn.AM95GrQu-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQUHYPI 2 Funkspells https://ecruptest-tol.gutthn.AM95GrQu-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_QUSPIN_EW_WPIQU-UMACID_

⁴ Handy: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQsZBRpU6M48Dvz3j1ODXDegA6w4-jbb-Ri1UaakUyVZOScpCgm, M 3 Wolken: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUx9uRK1mEKIG_oVZGDsr7_lw8yGF0JSTVD-Bib29Tcu9RR1sh

Admentioners (Interpretated, general production) in the production of the production

7.2 Informationstext

Ist Strahlung nun gefährlich oder doch nicht?

Was wir bereits gelernt haben: Strahlung mit kleiner Wellenlänge (also großer Energie) ist für den Menschen gefährlich. Diese Strahlungsarten können im Körper erheblichen Schaden anrichten. Hierbei kommt es aber auch auf die Intensität an! Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto höher ist das Risiko, dass gewisse Schäden auftreten.

Du hast sicher schon gehört, dass UV-Strahlung für die Bräunung der Haut verantwortlich ist, was wiederrum ein Schutzmechanismus der Haut ist. Generell gilt: ist die Haut regelmäßig mit zu viel UV-Strahlung in Berührung, so wird sie geschädigt und das Risiko für Hauterkrankungen steigt. UV-Strahlung besitzt für den Menschen aber auch eine lebenswichtige Funktion. Durch direkte Sonneneinstrahlung (also Kontakt mit UV-Strahlung) produziert unser Körper Vitamin-D, welches zu den lebenswichtigen Vitaminen

Strahlung ist also nicht immer schädlich für den Menschen. Dennoch kommt es auf die Strahlungsart, die Einwirkdauer und die Intensität an, wie viel du damit in Berührung kommen solltest!

(in Anlehnung an Zloklikovits 2022)

Ist Strahlung nun gefährlich oder doch nicht?

Was wir bereits gelernt haben: Strahlung mit kleiner Wellenlänge (also großer Energie) ist für den Menschen gefährlich. Diese Strahlungsarten können im Körper erheblichen Schaden anrichten. Hierbei kommt es aber auch auf die Intensität an! Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto höher ist das Risiko, dass gewisse Schäden auftreten.

Du hast sicher schon gehört, dass UV-Strahlung für die Bräunung der Haut verantwortlich ist, was wiederrum ein Schutzmechanismus der Haut ist. Generell gilt: ist die Haut regelmäßig mit zu viel UV-Strahlung in Berührung, so wird sie geschädigt und das Risiko für Hauterkrankungen steigt. UV-Strahlung besitzt für den Menschen aber auch eine lebenswichtige Funktion. Durch direkte Sonneneinstrahlung (also Kontakt mit UV-Strahlung) produziert unser Körper Vitamin-D, welches zu den lebenswichtigen Vitaminen zählt.

Strahlung ist also nicht immer schädlich für den Menschen. Dennoch kommt es auf die Strahlungsart, die Einwirkdauer und die Intensität an, wie viel du damit in Berührung kommen solltest!

(in Anlehnung an Zloklikovits 2022)

Ist Strahlung nun gefährlich oder doch nicht?

Was wir bereits gelernt haben: Strahlung mit kleiner Wellenlänge (also großer Energie) ist für den Menschen gefährlich. Diese Strahlungsarten können im Körper erheblichen Schaden anrichten. Hierbei kommt es aber auch auf die Intensität an! Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto höher ist das Risiko, dass gewisse Schäden auftreten.

Du hast sicher schon gehört, dass UV-Strahlung für die Bräunung der Haut verantwortlich ist, was wiederrum ein Schutzmechanismus der Haut ist. Generell gilt: ist die Haut regelmäßig mit zu viel UV-Strahlung in Berührung, so wird sie geschädigt und das Risiko für Hauterkrankungen steigt. UV-Strahlung besitzt für den Menschen aber auch eine lebenswichtige Funktion. Durch direkte Sonneneinstrahlung (also Kontakt mit UV-Strahlung) produziert unser Körper Vitamin-D, welches zu den lebenswichtigen Vitaminen

Strahlung ist also nicht immer schädlich für den Menschen. Dennoch kommt es auf die Strahlungsart, die Einwirkdauer und die Intensität an, wie viel du damit in Berührung kommen solltest!

(in Anlehnung an Zloklikovits 2022)

7.3 Handreichung Tutor:innen

Handreichung Tutoren

Elektromagnetische Strahlung

Aufgabe 1 - Wie entsteht ein Röntgenbild?

Welche Funktionen haben Röntgenfolie und Röntgengerät bei der Aufnahme eines Röntgenbilds?

Röntgenfolie = Empfänger der Röntgenstrahlung

Röntgengerät = Sender der Röntgenstrahlung

"Wurdest du schonmal geröntgt?" "Wie könnte ein Röntgenbild entstehen?"

"Denke an das Sender-Empfänger-Modell."

Was passiert, wenn Röntgenstrahlung auf die ursprünglich weiße Röntgenfolie trifft?

Wird die weiße Folie mit Röntgenstrahlung angestrahlt, verfärbt sie sich schwarz.

Grund dafür ist eine chemische Reaktion.

Mögliche Vorstellung: Röntgenstrahlung ist schwarze Farbe, welche auf die weiße Folie spritzt.

Vervollständige die Röntgenfolie!



Tipp: Falls die Tutees keine graue und schwarze Farbe haben, sollen sie die jeweilige Farbe dazuschreiben.

Wieso sind Knochen auf der Röntgenfolie weiß zu sehen und Gewebe grau?

Vorbeilaufende Strahlung - trifft ungehindert auf die Folie und färbt sie

Knochen - Fast keine Röntgenstrahlung erreicht die Folie darunter, da die

Knochen den Großteil absorbieren (= aufnehmen). Nur ein kleiner Teil wird

durchgelassen.

Gewebe - Ein Teil wird durch das Gewebe durchgelassen und färbt die Folie

etwas, ein Teil wird absorbiert.

"Wir wissen: die weiße Folie färbt sich durch die Röntgenstrahlung schwarz."

"Worin könnte der Unterschied bei Knochen und Gewebe liegen, wenn Röntgenstrahlung darauf trifft?"

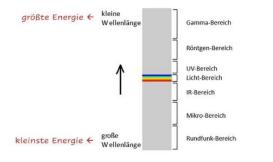
Handreichung Tutoren

Elektromagnetische Strahlung

Aufgabe 2 - Worin unterscheiden sich Strahlungsarten?

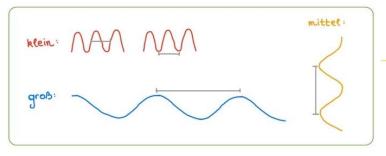
Du hast bereits ein paar Arten von elektromagnetischen Strahlungen kennengelernt. Sie brauchen unterschiedliche Empfänger und haben eine unterschiedliche Wirkung auf Materie!

Die Eigenschaft, in der sie sich unterscheiden, wird Wellenlänge genannt.
Im elektromagnetischen Spektrum sind alle Strahlungsarten ihrer Wellenlänge nach geordnet.



Die Energien werden erst in Aufgabe 4 dazugeschrieben.

Meine Zeichnung zu kleiner und großer Wellenlänge:



"Wie könnte man sich die Wellenlänge glaubst du vorstellen?"

Tipp: Falls der Tutee keine Idee hat, zeichne Wellen mit kleiner/ großer Wellenlänge auf. Der Tutee soll nun den Unterschied herausfinden.

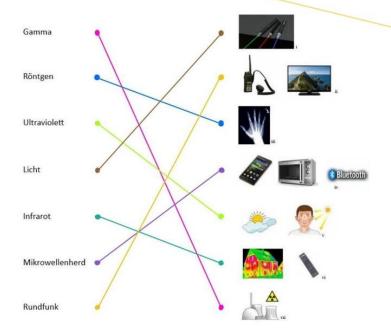
8

Beschrifte in deiner Zeichnung, wo du Wellen mit einer kleinen bzw. große Wellenlänge gezeichnet hast. Zeichne auch bei jeder Welle die Wellenlänge ein!

Tipp: Zeichnet auch die Wellenlänge ein. Das ist an unterschiedlichen Stellen möglich!

Aufgabe 3 - Was sendet alles Strahlung aus?

Ordne die Anwendungsbeispiele der Kärtchen der passenden Strahlungsart zu! Verbinde anschließend die Paare miteinander.



Tipp: Lass dem Tutee genügend Zeit, um selbst herum zu probieren.

Dann kannst du natürliche Tipps geben.

Aufgabe 4 - Wie gefährlich ist Strahlung eigentlich?



Es wird oft darüber diskutiert, ob Strahlung z.B. vom Handy oder einer Röntgenuntersuchung für uns schädlich ist. Was denkst du darüber?

Hinweis: Vergleiche z.B. die unterschiedlichen Anwendungen der Mikrowellenstrahlung und UV-Strahlung!

Dieselbe Strahlungsart kann je nach Anwendung nicht schädlich (Handy, Bluetooth) oder schädlich (Mikrowelle) sein.

Tauscht eure Erfahrungen zu dem Diskussionsthema aus!

"Das Handy tragen wir in unserer Hosentasche, die Mikrowelle kann Fleisch grillen. Können wir also sagen, dass Mikro-Strahlung immer schädlich ist?"

"Wie schätzt du UV-Strahlung ein?"

3

Worin könnte der Unterschied liegen, ob dieselbe Strahlungsart für Menschen schädlich bzw. nicht schädlich ist?

Gehe bei deiner Erklärung auf die Intensität von Mikrowellenstrahlung ein.

Je nach Intensität der Strahlung, kann ein und dieselbe Strahlungsart für

Menschen nicht schädlich bzw. schädlich sein.

Mikrowellenstrahlung: hohe Intensität bei der Mikrowelle (kann Essen kochen)

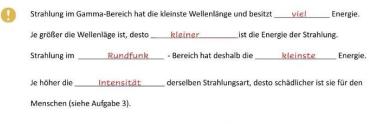
niedrige Intensität: beim Handy (tragen wir am Körper)



Ein weiterer wichtiger Faktor, ob eine Strahlung schädlich ist, ist die Energie. Betrachte die Anwendungsbeispiele aus Aufgabe 3. Welche Strahlungsart besitzt glaubst du die kleinste bzw. größte Energie?

Gamma-Bereich: größte Energie, Rundfunk-Bereich: kleinste Energie

"Denke an die Anwendungen von zuvor. Womit sind wir im Alltag viel / wenig in Berührung? Was wird daher vermutlich viel / wenig schädlich sein?"





Ordne dem elektromagnetischen Spektrum aus Aufgabe 2 zu, wo die niedrigste bzw. höchste Energie auftritt! Nenne jeweils ein Anwendungsbeispiel.



Lies dir den beiliegenden Infotext durch und beantworte die letzte Frage!

Nenne <u>eine</u> Strahlungsart aus dem Alltag, welche je nach Intensität nicht, etwas und deutlich schädlich für dich sein kann. Tipp: Schaue nach oben!

Für die Augen: Nicht schädlich – Licht einer Glühbirne, Etwas schädlich – sehr helle Lampe, Schädlich – direkt in die Sonne schauen Tipp: Lehn dich zurück und gib dem Tutee mindestens 3 Minuten Zeit, um in Ruhe zu lesen.

> Tipp: Erkennt der Tutee die Anspielung auf das Licht nicht, nenne die Glühbirne.

> Der Fokus liegt hier auf der Schädigung der Augen.

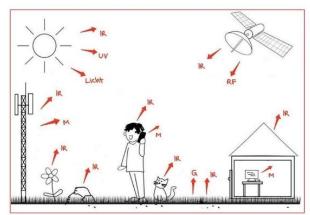
Lasse den Tutee nun selbstständig denken, welche Strahlungsart das ist und welche Anwendung davon schädlich ist.

4

Für die Schnellen – Welchen Strahlungsarten begegnen wir täglich?

Zeichne in der folgenden Abbildung alle Strahlungsarten ein, die vom jeweiligen Objekt ausgesendet

Tipp: Die meisten Sender emittieren mehrere Strahlungsarten!



G = Gamma-Bereich UV = Ultraviolett-Bereich IR = Infrarot-Bereich M = Mikro-Bereich RF = Rundfunk

Tipp: Hat der Tutee noch nicht alles gefunden, verrate ihm, was wie oft vorkommt.

Gamma (1x) Röntgen (0x) UV (1x) Licht (1x) IR (9x) Mikro (3x) RF (1x)



Du hast bereits herausgefunden:

Ob Strahlung für den Menschen gefährlich ist oder nicht, hängt von der Strahlungsart, der Wellenlänge/Energie und der Intensität ab.

Nenne <u>eine</u> Strahlungsart die bei mittlerer Intensität für den Menschen (nicht) schädlich ist!

Nicht schädlich: Rundfunk-Strahlung; Schädlich: Gamma-Strahlung

"Alles sendet Strahlung aus!"

Begründe, wieso der Satz richtig ist bzw. finde ein Gegenbeispiel, wenn er falsch ist.

Alles, was Materie ist, sendet selbstständig IR-Strahlung aus.

Auch wir Menschen! (Test: Halte deine Hände knapp vor die Wange, dann

kannst du es spüren.)

Ist Strahlung nun gefährlich oder doch nicht?

Was wir bereits gelernt haben: Strahlung mit kleiner Wellenlänge (also großer Energie) ist für den Menschen gefährlich. Diese Strahlungsarten können im Körper erheblichen Schaden anrichten. Hierbei kommt es aber auch auf die Intensität an! Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto höher ist das Risiko, dass gewisse Schäden auftreten.

Du hast sicher schon gehört, dass UV-Strahlung für die Bräunung der Haut verantwortlich ist, was wiederrum ein Schutzmechanismus der Haut ist. Generell gilt: ist die Haut regelmäßig mit zu viel UV-Strahlung in Berührung, so wird sie geschädigt und das Risiko für Hauterkrankungen steigt. UV-Strahlung besitzt für den Menschen aber auch eine lebenswichtige Funktion. Durch direkte Sonneneinstrahlung (also Kontakt mit UV-Strahlung) produziert unser Körper Vitamin-D, welches zu den lebenswichtigen Vitaminen zählt.

Strahlung ist also nicht immer schädlich für den Menschen. Dennoch kommt es auf die Strahlungsart, die Einwirkdauer und die Intensität an, wie viel du damit in Berührung kommen solltest!

(in Anlehnung an Zloklikovits 2022)

Infotext



Hier findest du weitere Informationen zum Thema Strahlung!

Du hast damit die Möglichkeit, das Tutoring individuell zu gestalten.

7.4 Planung Mentoring und Tutoring

Planung – Mentoring

Das Mentoring wird mit beiden 6. Klassen aus Platzgründen in verschiedenen Stunden abgehalten. Der Ablauf unterscheidet sich jedoch nicht.

Grobplanung

Das Mentoring ist auf eine Unterrichtsstunde bemessen. Falls mehr Zeit benötigt wird, kann das Mentoring in die darauffolgende Schulstunde ausgeweitet werden.

	<u> </u>	
Begrüßung + Ablauf (5min)	Die Schüler:innen werden begrüßt und erhalten eine kurze Information zum Ablauf/Sinn/Zweck von Mentoring und Tutoring.	Präsentation am Beamer
Theoretische Grundlagen (10min)	Das Sender-Empfänger-Modell wird kurz gemeinsam wiederholt. Die Schüler:innen werden in 3er-Gruppen eingeteilt und erhalten das Arbeitsblatt zur Bearbeitung und Diskussion.	Gruppenarbeit, 1 Arbeitsblatt pro Gruppe
Handreichung (10min)	Gemeinsam werden die Lösungen besprochen und Unklarheiten geklärt. Die Schüler:innen erhalten außerdem die Handreichung (Musterlösung mit Anregungen und Tipps).	Präsentation am Beamer, 1 Handreichung pro Tutor
Autonomieunterstützung - Input (5min)	Die Schüler:innen erhalten eine Einführung in die erwünschte Autonomieunterstützung der Tutees.	Präsentation an Beamer
Autonomieunterstützung - Übungsphase (15min)	Rollenspiel, in welchem Hilfetechniken erprobt werden. Ein:e Schüler:in (Rolle des Tutors) erklärt den Mitschüler:innen (übernehmen die Rolle der Tutees) Aufgabe 1. Anschließend wird gewechselt.	Arbeiten in Kleingruppen (je 2-3 Personen)
Sammeln von Hilfetechniken (5min)	Die Schüler:innen tauschen ihre Hilfetechniken aus und notieren ihre Favoriten auf der Handreichung.	Diskussion im Plenum

Detailplanung

Die folgenden Inhalte werden den Tutoren im Mentoring vermittelt.

Begrüßung und Ablauf

Die Schüler:innen werden von der Lehrperson begrüßt und erhalten Informationen zum Ablauf der gesamten CAPT-Intervention. Der Ablauf findet folgendermaßen statt:

- 1. Mentoring der Schüler:innen der 6.Klassen = Tutoren (aktuelle Stunde)
- 2. Ausfüllen des Prä-Tests von allen Schüler:innen (eine Physikstunde vor dem Tutoring)
- 3. Tutoring (Kennenlernen der Tutoren und Tutees, Gruppeneinteilung, Arbeitsphase, Post-Test und Fragebogen zur Motivation ausfüllen)

Theoretische Grundlagen

Das Sender-Empfänger-Modell wird als Wiederholung im Plenum besprochen:

Bei elektromagnetischer Strahlung gibt es immer einen Sender und einen Empfänger. Vom Sender aus wird die Strahlung in alle möglichen Richtungen ausgesendet. Die Strahlung wird mit Pfeilen dargestellt, die nach außen breiter werden, um die Ausbreitung zu symbolisieren.

Um die ausgesendete Strahlung wahrnehmen zu können, braucht man einen Empfänger. Die Strahlung muss auf den Empfänger strahlen können.

In der folgenden Tabelle sind die Strahlungsarten und mögliche Beispiele für Sender und Empfänger dargestellt.

	Sender	Empfänger, z.B.
Gamma	Boden	Gamma-Detektoren
Röntgen	Röntgengerät	Röntgenfolie
Ultraviolett (UV)	Sonne, UV-Lampe	UV-Perlen
Licht	Sonne, Glühbirne	Auge
Infrarot (IR)	Menschen, Sonne, IR-Lampe, Materie	Haut (Wärme)
Mikrowellenherd	Handy, Mikrowelle, Handymast	Handy, Handymast
Rundfunk	Sendemasten	Bauteil in Radio/Fernseher

Die Schüler:innen werden in Gruppen (ca. 4-5 Personen pro Gruppe) eingeteilt und erhalten das Arbeitsblatt zur Bearbeitung und Diskussion. Die Lehrperson steht bei aufkommenden Fragen zur Verfügung.

Handreichung

Gemeinsam werden die Lösungen besprochen und Unklarheiten geklärt. Mögliche bzw. aufkommende Präkonzepte werden thematisiert. Die Schüler:innen erhalten außerdem die Handreichung (Musterlösung mit Anregungen und Tipps) zur ersten Durchsicht.

Autonomieunterstützung - Input

Die Schüler:innen erhalten eine Einführung in die von der Lehrperson erwünschte Autonomieunterstützung der Tutees:

Die Tutees sollen so viel wie möglich selbstständig lösen. Die Tutoren eine ähnliche Rolle, wie die der Lehrperson ein, sollen jedoch nur bei Fehlern oder Problemen eingreifen.

Es gibt drei Grundregeln für ein Autonomie förderndes Verhalten:

- 1.) Es wird nur eingegriffen, wenn Hilfe benötigt wird.
- 2.) Bis drei zählen, bis geholfen wird. Somit haben die Tutees die Chance, ihren Fehler selbst zu erkennen.
- 3.) Die Tutees werden mit anregenden Fragestellungen angeleitet, sodass sie möglichst viel selbst machen bzw. denken können.

Den Schüler:innen wird folgende Situation geschildet und gemeinsam schrittweise erarbeitet, wie die "schlechtmöglichste Hilfe" in der Situation aussehen könnte (→Tutor macht alleine), bis hin zur "bestmöglichen Hilfe" (→Hilfe zur Selbsthilfe):

Situation: Im Tutoring sollen bei Aufgabe 3 die Kärtchen geordnet werden, sodass jeder Strahlungsart das passende Anwendungsbeispiel zugeordnet wird.

Folgendes Gespräch zwischen Tutee und Tutor könnte auftreten:

Tutor macht alleine	Vormachen - Nachmachen	Hilfe zur Selbsthilfe
"Ich weiß nicht, wie das geht." "Dann mach" ich es für dich." (Ordnet die Kärtchen richtig zu) "So, fertig"	"Ich weiß nicht, wie das geht." "Schau mal, ich zeig es dir!" (Ordnet die Kärtchen richtig zu) "So, fertig" (Bringt sie wieder durcheinander) "Versuch es nun selbst! Ich helfe dir, wenn du nicht weiter weißt"	"Ich weiß nicht, wie das geht." "Was genau verstehst du nicht?" "Ich weiß nicht was zusammen passt." "Ich gebe dir einen Tipp, den du sicherlich kennst: Wo finden wir Röntgenstrahlung?" (Ordnet Röntgen richtig zu) "Gut, das ist einfach. Und weiter?" "Kennst du vielleicht UV- Strahlung aus dem Alltag?" …

$Autonomie unterst \ddot{u}tzung - \ddot{U}bung sphase$

In einem Rollenspiel werden Hilfstechniken in Kleingruppen (ca. 2-3 Personen pro Gruppe) erprobt. Ein:e Schüler:in (Rolle des Tutors) erklärt den Mitschüler:innen (übernehmen die Rolle der Tutees) Aufgabe 1. Anschließend wird gewechselt.

Sammeln von Hilfetechniken

Die Schüler:innen tauschen ihre Hilfetechniken aus und notieren ihre Favoriten, welche sie im Tutoring anwenden wollen, auf der Handreichung.

Planung-Tutoring

Das Tutoring wird mit beiden CAPT-Klassen aus Platzgründen getrennt abgehalten. Der Ablauf unterscheidet sich jedoch nicht.

Grobplanung

Begrüßung + Ablauf (5min)	Die Schüler:innen werden begrüßt und erhalten eine kurze Information zum Ablauf des Tutorings.	Präsentation am Beamer
Kennenlernen + Gruppen- einteilung (15min)	Die Tutoren und Tutees spielen ein kurzes Kennenlernspiel und werden im Zuge dessen in Zweiergruppen eingeteilt.	Spiel, Zweiergruppen
Arbeitsphase (70min)	Tutor und Tutee bearbeiten gemeinsam das Arbeitsblatt. Die Tutoren werden von der Handreichung unterstützt.	Arbeitsblatt + Handreichung
Post-Test und Fragebogen (10min)	Alle Schüler:innen füllen den Post-Test und Fragebogen aus, falls noch Zeit übrig ist. Andernfalls erfolgt dies in der darauffolgenden Unterrichtsstunde.	Post-Test + Fragebogen
Danke (1min)	Den Schüler:innen wird ein großes Dankeschön für ihre Teilnahme ausgesprochen.	Süßigkeiten

7.5 Prä- und Posttest

	-Test			
ie.	folgenden Fragen dienen dazu eir	nen anonymen Cod	e zu erstellen:	
	Klasse: Der Monat in dem du Geburt	stag hast (als Ziffer	·)·	
	Der erste Buchstabe des Vorn			
	Der erste Buchstabe deiner A			
L)	Erkläre, wieso man auf einem Rö	ontgenbild helle un	nd dunkle Stellen sehen kann.	
				_
2)	Nenne einen Empfänger von Rör	ntgenstrahlung!		
50				
3)	Verbinde, welche Strahlungsart	die kleinste und we	elche die größte Energie hat	
'	verbilide, weight strainingsare	are kiemste and we	cione die giosie Energie nat.	
	kleine			
	Wellenlänge Gamr	ma-Bereich O		
	Rönte	gen-Bereich o	 kleinste Energie 	
	1 / 1	ereich O Bereich O		
	IR-Be	reich o	 größte Energie 	
	Mikro	o-Bereich o		
	große Rund	funk-Bereich o		
	Wellenlänge			
	Nenne zwei Anwendungsbeispie	ele aus dem Alltag,	wo Strahlung ausgesendet wird.	
1)				

ig .

Post-Test

Die folgenden Fragen dienen dazu einen anonymen Code zu erstellen:

Klasse:

Der Monat in dem du Geburtstag hast (als Ziffer):

Der erste Buchstabe des Vornamens deiner Mutter:

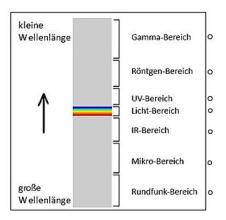
Der erste Buchstabe deiner Adresse (Straße):

1) Erkläre, wieso man auf einem Röntgenbild helle und dunkle Stellen sehen kann.



2) Nenne einen Empfänger von Röntgenstrahlung!

3) Verbinde, welche Strahlungsart die kleinste und welche die größte Energie hat.



- kleinste Energie
- o größte Energie
- 4) Nenne zwei Anwendungsbeispiele aus dem Alltag, wo Strahlung ausgesendet wird.

Wenn man lange in der Sonne liegt, bekommt man einen Sonnenbrand. Beschreibe, wie dieser entsteht!
Welche Strahlung sendet ein Handy aus?
Überlege: Ist die Strahlung von Handys für den Menschen gefährlich? Begründe deine Antwort!
Überlege: Kann ein und dieselbe Strahlungsart für Menschen nicht schädlich und gleichzeitig schon schädlich sein? Begründe deine Antwort! Du kannst für deine Erklärung auch ein Beispiel zur Hilfe nehmen.
schon schädlich sein?

7.6 Fragebogen Motivation

Fragebogen zur Motivation

Die folgenden Fragen dienen dazu einen anonymen Code zu erstellen: Klasse:

Der Monat in dem du Geburtstag hast (als Ziffer):

Der erste Buchstabe des Vornamens deiner Mutter:

Der erste Buchstabe deiner Adresse (Straße):

Versuche die einzelnen Fragen bitte möglichst genau zu beantworten. Bitte kreuze bei JEDER Frage EINE Möglichkeit an. Die Fragen beziehen sich auf die eben gemachte Partnerarbeit. Alle Antworten werden anonym behandelt.



		stimmt völlig	stimmt	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
	lch kann zwischen mehreren Aufgaben wählen.	0	0	0	0	0
	Ich habe da viel Energie hineingesteckt.	0	0	0	0	0
	Ich freue mich auf den nächsten Unterricht mit Tutoring.	0	0	0	0	0
	Ich habe versucht, offenen Fragen auf den Grund zu gehen.	0	0	0	0	0
1,000	Wir hören einander beim Tutoring zu.	0	0	0	0	0
	Die Aufgaben sind wichtig, um meine beruflichen Aussichten zu verbessern.	0	0	0	0	0
	Wenn ich gefragt werde, fällt mir sofort eine Antwort ein.	0	0	0	0	0
	Ich kann mir frei einteilen, wann ich eine Aufgabe mache.	0	0	0	0	0
	Ich weiß, dass ich diese Aufgaben gut lösen kann.	0	0	0	0	0
	Ich finde das Tutoring hat Spaß gemacht.	0	0	0	0	0
	Es war wichtig für mich das Tutoring gut zu bewältigen.	0	0	0	0	0

Vielen Dank für deine Mithilfe!

Der Fragebogen wurde in Anlehnung an Pusch (2021) erstellt. Pusch, J. (2021). Weiterentwicklung eines ökonomischen, valid Schülern. Universität Wen

Meine Frage ernst genom Durch das Tu die Zukunft. die Zukunft. die Zukunft. dir habe beir mitgemacht. Mit stehen b unterschiedligung. Verfügung. Verfügung. Vir akzeptier 5 Tutoring, auc sind. 6 Freund inner		stimmt völlig	stimmt	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht	
	Meine Fragen werden im Unterricht ernst genommen.	0	0	0	0	0	
	Durch das Tutoring lerne ich etwas für die Zukunft.	0	0	0	0	0	
	Ich habe beim Tutoring gerne mitgemacht.	0	0	0	0	0	
	Mir stehen beim Tutoring unterschiedliche Hilfsmittel zur Verfügung.	0	0	0	0	0	
AVIV. 15202 1.5	Wir akzeptieren einander beim Tutoring, auch wenn wir unterschiedlich sind.	0	0	0	0	0	
loh hal	Durch das Erlernte kann ich meine Freund:innen beeindrucken.	0	0	0	0	0	
7 ICH Hat	Ich habe weitergearbeitet, bis ich mit. dem Ergebnis zufrieden war.	0	0	0	0	0	
8 Ich fan	Ich fand das Tutoring spannend.	0	0	0	0	0	
9 Bei Gri Aufgak	Bei Gruppenarbeiten überlasse ich die Aufgabe den anderen.	0	0	0	0	0	
10 Ich kann u benutzen.	Ich kann unterschiedliche Erklärungen benutzen.	o	0	0	0	0	
11 Ich arb	Ich arbeite beim Tutoring viel mit.	0	0	0	0	0	
12 Durch wichtig	Durch das Tutoring lerne ich über wichtige Themen.	o	0	0	o	0	

Nummer der Frage im FB	Item / Subskala
1	rel L1
2	val 6
3	int 6
4	pch 12
5	rel S4
6	val 14
7	eff 6
8	int 3
9	pco 11
10	pch 5
11	pco 3
12	val 9
13	pch 11
14	eff 4
15	int 5
16	eff 8
17	rel S2
18	val 13
19	pco 12
20	pch 2
21	pco 7
22	int 20
23	eff 9

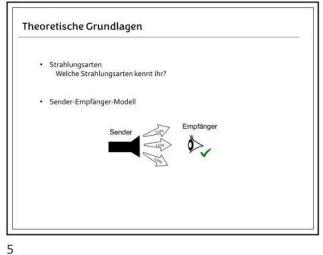
7.7 Präsentation Mentoring

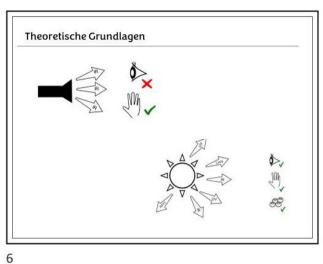


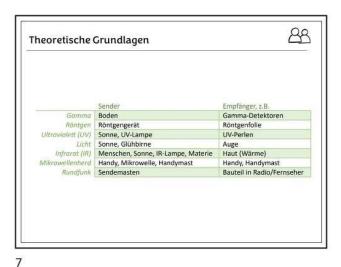
222 Definition Gemeinsamer Lernprozess von jüngeren und älteren Schüler:innen • 4.Klasse (Tutees) + 6.Klasse (Tutoren) · Thema: elektromagnetische Strahlung

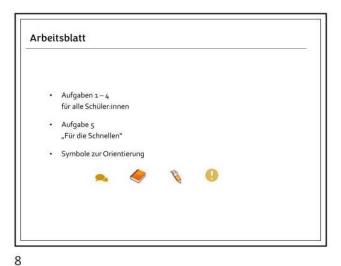
Ablauf 10.10. - Mentoring 6A Theoretische Grundlagen Arbeitsblatt + Musterlösung Hilfstechniken zur Autonomieunterstützung Prätest ausfüllen 17.10. — Tutoring 4D + 6A Arbeitsphase Posttest ausfüllen Fragebogen zur Motivation ausfüllen

Ablauf 16.10. – Mentoring 6B Theoretische Grundlagen Arbeitsblatt + Musterlösung Hilfstechniken zur Autonomieunterstützung Prätest ausfüllen 20.10. - Tutoring 4B + 6B Arbeitsphase Posttest ausfüllen Fragebogen zur Motivation ausfüllen

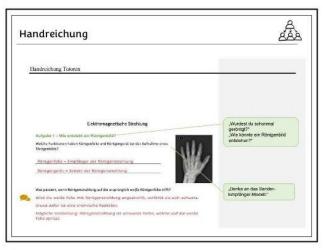




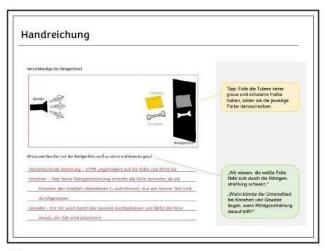








9 10

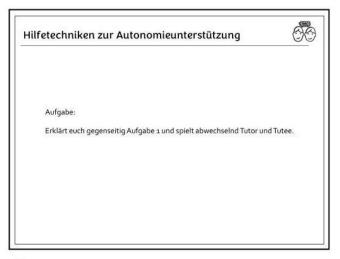


Hilfetechniken zur Autonomieunterstützung 3 Grundregeln, die Autonomie unterstützen: · Nur eingreifen, wenn Hilfe benötigt wird. · Bis 3 zählen, bevor geholfen wird. Mit anregenden Fragestellungen anleiten, sodass möglichst viel selbst gemacht und gedacht wird.





13 14



8 – Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und

ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus

fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche

kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen

Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 06.02.2024

Theresa Scherer, BEd