



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Wirkungsweise von CAPT bei Röntgenstrahlung“

verfasst von / submitted by

Christine Neunteufel

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

Wien, 2017 / Vienna, 2017

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

A 190 406 412

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

Lehramtstudium UF Mathematik UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig 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.“

Datum: 30.04.2017

Christine Neunteufel

Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei all jenen bedanken, welche mich durch mein Studium begleitet und unterstützt haben.

Herzlichst bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Univ.- Prof. Dr. Martin Hopf und Herrn Mag. Plotz für die Bereitstellung des Themas und der Betreuung dieser Arbeit. Sie zeigten eine unglaubliche Geduld und besonderes Verständnis für meine Situation.

Ein besonderer Dank geht auch an meine Eltern, Anton und Sabine Neunteufel, die mir dieses Studium überhaupt ermöglicht haben und mich immer unterstützen. Auch meinem Bruder, Christoph Neunteufel, möchte ich danken, der nicht nur als Korrekturleser herhalten musste, sondern mir auch immer den Rücken stärkt.

Und auch meinen Freunden, Markus Holzinger, Michael Huszar und Michaela Klinger, welche ebenfalls als Korrekturleser herhalten mussten, gehört mein Dank für ihre Hilfe und Unterstützung.

Zum Schluss danke und widme ich diese Arbeit meiner Tochter, Johanna Neunteufel. Sie ist das Licht meines Lebens und der Grund, warum ich selbst in den schwierigsten Zeiten nicht aufgebe.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung.....	III
Inhaltsverzeichnis	V
1 Einleitung.....	1
2 Lehr- und Lerntheorie	3
2.1 Schülervorstellungen.....	3
2.1.1 Schülervorstellungen in der Physik	3
2.1.2 Konzeptwechsel.....	6
2.2 Schülervorstellungen zur Strahlung	9
2.3 Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung.....	11
3 Röntgenstrahlung – eine fachliche Klärung	13
3.1 Geschichtlicher Hintergrund	13
3.2 Einordnung im elektromagnetischen Spektrum	13
3.3 Entstehung der Röntgenstrahlung.....	14
3.4 Das Röntgenspektrum.....	15
3.5 Eigenschaften der Röntgenstrahlung	16
3.6 Strahlenschutz	17
3.7 Anwendungsgebiete.....	17
3.8 Einbettung in den Lehrplan	18
3.9 Einbettung in die Schulbücher.....	19
3.9.1 Unterstufe	19
3.9.2 Oberstufe	20
4 Cross-Age Peer -Tutoring (CAPT).....	21
4.1 Allgemeines.....	21
4.2 Aufbau von CAPT im Physikunterricht	22
4.3 Wirksamkeit von CAPT im Physikunterricht	23
4.4 Sparkling Science Projekt	25

5	Unterrichtsintervention und Material.....	27
5.1	Unterrichtsintervention	27
5.1.1	Ablauf der Unterrichtsintervention	27
5.1.2	Hintergrundinformation zu den Schulen	29
5.1.3	Beobachtungen während der Unterrichtsintervention	30
5.1.4	Folgerungen aus den Beobachtungen	32
5.2	Material	33
5.2.1	Aufbau des Arbeitsmaterials	34
6	Forschungsergebnisse.....	45
6.1	Methodik.....	45
6.1.1	Evaluationsbogen	46
6.1.2	Datenauswertung.....	48
6.2	Forschungsergebnisse	49
6.3	Zusammenfassung der Forschungsergebnisse	66
7	Interpretation	69
8	Kritik und Ausblick.....	71
	Literaturverzeichnis	VII
	Abbildungsverzeichnis	IX
	Diagrammverzeichnis	X
	Anhang.....	XI

1 Einleitung

In dieser Arbeit wird über eine Unterrichtsintervention gesprochen, welche mittels Cross-Age Peer Tutoring in insgesamt vier Bundesrealgymnasien in Wien im Wintersemester 2014 durchgeführt wurde. Thema der Intervention war Röntgenstrahlung. In den Schulen wurden SchülerInnen der 12. Schulstufe zunächst von Studentinnen des Lehramts Physik unterrichtet. Im Abstand von zirka einer Woche gaben diese MaturantInnen ihr Wissen ebenfalls mittels Tutoring an SchülerInnen der 8.Schulstufe derselben Schule weiter. Untersucht wurde der Lernfortschritt und Wissensstand der SchülerInnen der 12.Schulstufe in drei Phasen: vor dem Tutoring, direkt nachdem die SchülerInnen sich selbst als TutorInnen versucht haben und abschließend nach einem zeitlichen Abstand von drei Wochen. Die Forschungsarbeit diente dazu die Wirksamkeit der Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring im Zusammenhang mit Röntgenstrahlung zu untersuchen.

Entwickelt wurde das Unterrichtsmaterial und der Evaluationsbogen von den StudentInnen des Projektpraktikums „Strahlung - Vorbereitung und Durchführung eines Projekts zum Thema "Strahlung" in Schulen“ geleitet von Mag. Thomas Plotz. Das Arbeitsmaterial hatte zum Ziel, den SchülerInnen einen Überblick über die Entstehung und Eigenschaften der Röntgenstrahlung zu vermitteln, und gleichzeitig auf die Gefahr, die von Strahlung ausgehen kann, aufmerksam zu machen. Außerdem hat das Material einen medizinischen Schwerpunkt, um die SchülerInnen in jenem Bereich aufzuklären, mit dem sie wahrscheinlich schon in Berührung gekommen sind. Denn manche wurden vielleicht schon beim Zahnarzt geröntgt oder hatten einen Knochenbruch, der im Krankenhaus durch Röntgenstrahlung diagnostiziert wurde.

Die vorliegende Diplomarbeit kann in drei Teilbereiche unterteilt werden.

Im ersten Teil der Arbeit werden die theoretischen Grundlagen zu Schülervorstellungen, Röntgenstrahlung und Cross-Age Peer Tutoring gegeben. Im Kapitel über die Schülervorstellungen, wird genauer auf die Vorstellungen der SchülerInnen im Physikunterricht und zum Thema Strahlung eingegangen. Außerdem wird der mit den Schülervorstellungen streng verknüpfte Konzeptwechsel umrissen. Anschließend folgt eine fachliche Klärung zur Röntgenstrahlung, in

welcher unter anderem der geschichtliche Hintergrund, die Entstehung und die Anwendungsgebiete beschrieben werden. Außerdem wird noch die Einbettung in den Lehrplan diskutiert, sowie noch ausgewählte Lehrbücher aufgeführt, welche Röntgenstrahlung beinhalten. Zum Schluss des Theorieteils wird die Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring beschrieben.

Im zweiten Teil der vorliegenden Diplomarbeit wird die Unterrichtsintervention und das hierfür entwickelte Arbeitsmaterial genau dargelegt und die Hintergrundideen aufgeführt.

Der letzte Teil dieser Diplomarbeit setzt sich aus der Forschungsarbeit und der Interpretation der Ergebnisse zusammen. Es werden die genaue Durchführung und die Beobachtungen während der Untersuchungen beschrieben. Danach werden die Forschungsergebnisse mittels Diagrammen dargestellt und besprochen. Abschließend folgt eine Zusammenfassung der daraus gewonnenen Erkenntnisse und ein Ausblick zu noch offenen Forschungsfragen.

2 Lehr- und Lerntheorie

2.1 Schülervorstellungen

Ausgelöst durch die Beobachtung, dass viele SchülerInnen physikalische Konzepte nicht verstehen, begann die Forschung über Schülervorstellung im deutschsprachigen Bereich vor etwa 40 Jahren. In den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts begannen unter anderem Duit und Jung sich näher mit diesen Vorstellungen zu beschäftigen. Auch wenn diese heute in der Fachdidaktik keine Neuheiten mehr sind, wird dennoch weiterhin viel darüber diskutiert. So ist auch heute noch einiges an Forschungsarbeit zu den einzelnen Themengebieten der Physik zu leisten.

2.1.1 Schülervorstellungen in der Physik

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf einschlägige Literatur der Begriff der Schülervorstellungen näher erläutert. Ziel ist es, die daraus resultierenden Schwierigkeiten im Unterricht aufzuzeigen und potentielle Lösungsvorschläge zu präsentieren.

Schülervorstellungen werden auch Alltagsvorstellungen, Fehlvorstellungen, Misskonzepte oder Präkonzepte genannt. Dabei sammeln SchülerInnen schon vor dem Unterricht in ihrem Alltag Erfahrungen und leiten daraus ihre jeweiligen Meinungen und Vorstellungen ab. Hans Niedderer(1992) hat hierbei beobachtet, dass sich diese Vorstellungen der SchülerInnen weltweit sehr ähneln. Auch wenn diese Konzepte nicht immer mit der physikalischen Ansicht konformgehen, dürfen sie in ihrem Ansatz dennoch nicht als falsch erachtet werden, da sie im Alltag funktionieren und dadurch ihre Existenzberechtigung haben, wie auch Jung (1986) beschreibt:

„Aber die Alltagsvorstellungen sind im Alltag oft richtiger, nämlich richtungsweisender, hilfreicher, als wissenschaftliche.“
(Jung 1986)

Schülervorstellungen können dennoch die Ursache von Lernschwierigkeiten in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern wie Physik und Chemie sein. Nach Duit

zeigen sich diese Lernschwierigkeiten im Physikunterricht nicht nur bei SchülerInnen aller Altersstufen, sondern auch bei StudentInnen der Universität. Er führt an, dass auch oftmals die Vorstellungen der LehrerInnen den „falschen“ Vorstellungen ihrer SchülerInnen ähnlich seien. Besonders bei Themengebiete, welche einem nicht besonders liegen, lasse sich dies erkennen.

Allerdings haben SchülerInnen mit Lernschwierigkeiten im traditionellen Sinn (Lesen, Schreiben, Rechnen) in naturwissenschaftlichen Bereichen eine Chance, Erfolgserlebnisse zu sammeln (vgl. Wodzinski 2006), da in den Naturwissenschaften für alle Kinder gleichermaßen neue Gebiete aufgezeigt werden. Die Tatsache, dass in den naturwissenschaftlichen Fächern oftmals in Gruppen gearbeitet werden kann, kommt leistungsschwachen SchülerInnen ebenfalls entgegen. Experimente fordern die Aufmerksamkeit, wodurch auch verhaltensauffällige SchülerInnen einen Anreiz haben, sich am Unterrichtsgeschehen zu beteiligen und einzubringen.

Ein Beispiel für Schülervorstellungen gibt Heran-Dörr (2012) in ihrem Artikel, indem sie die Vorstellung von GrundschülerInnen zur Batterie beschreibt.

Die SchülerInnen sollen mit Hilfe von Draht und einer Batterie ein Lämpchen zum Glühen bringen. Während des Unterrichtsgespräches fallen Äußerungen wie *„Der Strom ist in der Batterie drin und geht von da zum Lämpchen hin, dann leuchtet's.“* sowie *„Das Lämpchen leuchtet solange, bis die Batterie leer ist.“* (Heran-Dörr 2012).

Daraus lässt sich schließen, dass die Lernenden zum Beispiel der Meinung sind, dass der Strom der Batterie verbraucht wird. Außerdem fehle den Kindern die Vorstellung, dass Strom in eine bestimmte Richtung fließt. Stattdessen vertreten sie die Ansicht, dass dieser von beiden Seiten zum Lämpchen hinkommt.

Ein Grund für diese Vorstellung könnte die Doppeldeutigkeit der Begriffe sein, wie es Jung beschreibt:

*„... verwenden Physik und Chemie Begriffsnamen, die in der Alltagssprache in etwa gleiche oder aber in ganz anderer Bedeutung verwendet werden (z.B. Kraft, Energie Stoff)“
(Jung, 1986)*

Diese Doppeldeutigkeit der Begriffe erschwert es den SchülerInnen physikalische Konzepte richtig zu verstehen, da im Alltag solch ein Begriff oft anders eingesetzt und verstanden wird. Im Unterricht sollte man für eine klare Trennung sorgen. Im

vorher beschriebenen Beispiel meinen die SchülerInnen, dass der Strom in der Batterie „verbraucht“ wird. Dieser Begriff des Verbrauchens kommt aus der Alltagssprache. Spricht man von einer Stromrechnung, sind Sätze wie „In diesem Monat haben wir viel Strom verbraucht.“ üblich, wodurch sich der Einzug dieses Begriffes in die Schülervorstellungen erklären lässt.

Darüber hinaus darf man nicht davon ausgehen, dass alles sofort verstanden wird, wenn etwas einmalig erklärt oder ein Experiment durchgeführt wurde, wie Wodzinski beschreibt:

*„Was Kinder bei der Durchführung von Experimenten beobachten, welche Assoziationen wachgerufen werden und zu welchen Schlussfolgerungen Kinder kommen, hängt ganz wesentlich von ihrer individuellen Vorerfahrungen ab. Es ist keineswegs so, dass jede/r dasselbe sieht, auch wenn alle auf dasselbe blicken.“
(Wodzinski(2006))*

Duit schreibt, dass SchülerInnen Ergebnisse bei Experimenten, welche nicht ihrer Voraussage entsprechen, „schön reden“. Sie meinen, dass ihre Vorstellung nämlich korrekt sei, nur in dieser speziellen Situation eben aus verschiedenen Gründen nicht anwendbar sei. Sie sehen eben das, was sie sehen wollen.

Jung (1986) meint, dass auch Formeln und Rechnungen nicht unbedingt Klarheit in einen Sachverhalt bringen. Sie können mitunter sogar für noch mehr Verwirrung sorgen, besonders, wenn den Formeln nur die Alltagsvorstellung zu Grunde liegen.

Die Aufgabe des/der Lehrenden besteht nun darin, sich zunächst einen Überblick über die Vorkenntnisse und Vorstellungen jedes einzelnen Schülers, jeder einzelnen Schülerin zu machen. Dabei sollte die Lehrkraft nicht vergessen, die eigenen Vorstellungen und Kenntnisse über ein Themengebiet jedes Mal erneut zu reflektieren. Dadurch kann vermieden werden, selbst falsche Vorstellungen zu fördern und weiterzugeben.

Die Schülervorstellungen sollten bei der Gestaltung des Unterrichts berücksichtigt werden. Die bloße Erhebung der einzelnen Präkonzepte beruhigt vielleicht das Gewissen des/der Lehrenden, hat aber keinen Sinn, wenn darauf nicht auch

eingegangen wird. Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie man unter anderem diese Präkonzepte nutzen und verwerten kann um bei den SchülerInnen einen sogenannten Konzeptwechsel zu erreichen.

2.1.2 Konzeptwechsel

Der Begriff Konzeptwechsel findet sich in der Literatur auch unter den Synonymen Begriffswechsel und in der englischsprachigen Literatur unter *conceptual change*. Nach Kircher und Schneider (2002) bedeutet der Begriff, dass SchülerInnen ihr Konzept aus ihren Alltagsvorstellungen gegen ein neues Konzept, nämlich jenes aus physikalischer Sichtweise wechseln.

Wiesner et al. (2011) sprechen von zwei grundsätzlich verschiedenen Annahmen von denen ein Lehrender beim Physikunterricht ausgehen kann. Entweder lässt sich die physikalische Sichtweise in den Schülervorstellungen schon erkennen oder die Vorstellungen unterscheiden sich sehr stark von den physikalischen Prinzipien. Sehr häufig wird von der ersten Annahme ausgegangen, jedoch trifft man eher auf den zweiten Fall. Ist daraufhin eine Um- oder Neustrukturierung notwendig, spricht man eben vom Begriffswechsel bzw. Konzeptwechsel.

*„Begriffswechsel sind i.d.R. aufwändig und bereiten beim Lernen häufig Schwierigkeiten.“
(Wiesner et al. 2011)*

Um diese Lernschwierigkeiten zu reduzieren wurden verschiedene Konzeptwechselstrategien entwickelt.

Sowohl Wiesner et al. (2011) als auch Kircher und Schneider (2002) beschreiben die vier Bedingungen für einen erfolgreichen Konzeptwechsel, welche erstmals von Posner, Strike, Hewson & Gertzog 1982 publiziert wurden. Diese lauten im Folgenden:

- 1) Mit bereits vorhandenen Vorstellungen müssen die Lernenden unzufrieden sein.
- 2) Die neue Sichtweise muss für die Lernenden verständlich aber vor allem nachvollziehbar sein.
- 3) Außerdem muss sie einleuchtend und plausibel erscheinen.

- 4) Und sie muss sich (leicht) auf neue Fragestellungen anwenden lassen können.

Wiesner et al. (2011) zählen die folgenden vier Strategien für einen Konzeptwechsel auf.

Anknüpfungsstrategie

Bei dieser Strategie wird davon ausgegangen, dass in den Vorstellungen der SchülerInnen auch schon richtige Ansätze zu erkennen sind, auf denen im Unterricht aufgebaut werden kann. Man versucht somit einen bruchfreien Übergang zu schaffen.

Zunächst kann es hilfreich sein zu Beginn eine Erfahrung der Lernenden auszuwählen, bei welcher die Alltagsvorstellung nicht zu sehr von der physikalischen Sichtweise abweicht oder widerspricht. Außerdem scheint es erfolgreich zu sein nach geeigneten Rahmenbedingungen zu suchen oder zu schaffen. Zum Beispiel lässt sich die im Allgemeinen geltende Alltagsvorstellung, dass eine Einwirkung auf einen Gegenstand die Eigenschaft oder das Verhalten dessen verändert, sehr gut in die Grundidee der Newton'schen Mechanik einfügen. Jung (1986) gibt als Beispiel an, um eine etwaige Fehlvorstellung zu meiden, nämlich dass Batterien Strom speichern, zunächst mit Spannungsquellen wie z.B. Solarzellen zu beginnen.

Konfrontationsstrategie

Es werden so viele verschiedene Vorstellungen der Lernenden wie möglich gesammelt und der physikalischen Sichtweise gegenübergestellt, sodass ein Widerspruch sichtbar wird. Duit beschreibt dies mit folgenden Worten:

*„Es wird versucht, Schüler in kognitive Konflikte zu bringen, um sie von der physikalischen Sichtweise zu überzeugen.“
(Duit)*

Diese direkte Konfrontation kann nützlich sein, sofern ausreichend überzeugende Argumente zur Bekräftigung der physikalischen Modellvorstellung vorhanden sind. Jedoch birgt diese Strategie auch die Gefahr, dass sich unter Umständen Fehlvorstellungen der SchülerInnen noch mehr festsetzen. Außerdem muss ein

Konflikt aus Lehrersicht nicht bedingt einen Konflikt aus Sicht der Lernenden hervorrufen. Zusätzlich ist es auch noch sehr schwierig einen Konflikt zu finden, welcher für alle SchülerInnen nachvollziehbar und erkennbar ist.

Umdeutungsstrategie

Bei der Umdeutungsstrategie wird versucht die Motivation zu einem Konzeptwechsel zu steigern, indem den Lernenden aufgezeigt wird, dass ihre Vorstellungen nicht völlig falsch sind, sondern nur eine Umdeutung benötigen um physikalisch sinnvoll zu sein. So lässt sich zum Beispiel die Vorstellung des Stromverbrauchs so umdeuten, dass Energie umgewandelt wird.

Brückenstrategie

Um keine direkte Konfrontation zu erzeugen und den Wechsel der Konzepte leichter zu ermöglichen, werden Zwischenschritte durch Übergangsbegriffe geschaffen, welche schrittweise zum Zielbegriff führen.

Der Konzeptwechsel ist mit mehreren Schwierigkeiten verknüpft, besonders wenn dieser eine grundlegende Umkategorisierung verlangt. Außerdem beschreibt Wiesner et al.(2011) noch weitere Aspekte, welche einen Begriffswechsel erschweren:

- Wird der Wechsel ihrer Vorstellung als nicht relevant für ihr Leben angesehen, verzichten SchülerInnen auf diesen. Da der dafür benötigte Aufwand für diese Umstrukturierung für sie zu umfangreich oder anstrengend wäre.
- Durch einen Konzeptwechsel wird das eigene Denken in Frage gestellt, was naturgemäß oft negative Emotionen hervorruft und dadurch oft auch ein Festhalten an den bisherigen Alltagskonzepten.
- Argumente und Experimente liefern oft nur aus Sicht der Lehrenden stichhaltige und eindeutige Beweise für einen Konzeptwechsel. Diese werden von Lernenden oftmals anders bewertet und interpretiert, sodass sie an Aussage-, und Überzeugungskraft verlieren.

Präkonzepte halten sich sehr widerstandsfähig, sodass oft das Gefühl aufkommen kann, die SchülerInnen seien „erklärungsresistent“. Durch den Unterricht entstehen zunächst Mischvorstellungen, also mehr oder weniger Zwischenstopps im

Gedankengang. Einige Konzepte werden dann zwar schon angewendet, aber noch in irgendeiner Art und Weise mit den vorherigen Alltagsvorstellungen verbunden (vgl. Duit). Die Brückenstrategie ist diesem sehr ähnlich, nur mit dem Unterschied, dass die Lernenden durch die Zwischenschritte geführt werden und diese physikalischen Modellen entsprechen.

Welche von den oben genannten Strategien zum Erfolg führen können, hängt sehr stark vom Umfeld, den Lernenden und den Lehrenden ab. Kircher und Schneider (2002) betonen ebenfalls, dass es nicht nur auf einen inhaltlichen Wechsel ankommt, sondern auch auf alles Drumherum:

*„Nicht allein die Alltagsvorstellungen zu den zu vermittelnden Begriffen und Prinzipien bestimmt das Lernen, sondern auch Vorstellungen über die Physik und Vorstellungen über das Lernen.“
(Kircher und Schneider 2002)*

Wiesner et al. (2011) schreibt außerdem noch, dass jeder zwar sein eigenes Wissen und physikalische Begriffe aufgrund seines Vorwissens selbst konstruieren muss, dies aber keineswegs bedeutet, dass man die physikalische Sichtweise selbst erfinden muss. Denn das vollständige Adaptieren von physikalisch korrekt angesehene Modellvorstellungen ist ein ständiger Prozess des Lernens und Verstehens (vgl. Jung 1986).

2.2 Schülervorstellungen zur Strahlung

Schülervorstellungen zum Thema Strahlung sind nur sehr spärlich dokumentiert. Auf dies verweisen auch Neumann und Hopf (2011) und begründen somit auch die Motivation ihrer Untersuchungen. Zu Beginn ihrer Studien klären sie den Forschungsstand. Mit Ausnahme der ionisierenden Strahlung, explizit im Zusammenhang mit Radioaktivität, ist sehr wenig Datenmaterial vorhanden.

Studien aus den 90er Jahren wie jene von Boyes und Stanisstreet (1994) zeigen auf, dass SchülerInnen Kernkraftwerke als Quellen von ionisierender Strahlung ansehen und kaum von natürlicher Strahlung wissen. Neumann und Hopf (2011) führen außerdem noch mehrere Studien an, die bestätigen, dass Jugendliche mit dem

Begriff „Radioaktivität“ oft den Begriff „Strahlung“ verbinden. Oftmals wird Strahlung als Transport von radioaktiven Quellen gesehen.

Libarkin et al. (2011) prüften mit Fragebögen und Interviews das Wissen über Infrarotlicht, ultravioletter Strahlung und sichtbaren Licht nicht nur von SchülerInnen, sondern auch jenes von LehrerInnen, ab. Vielen, sowohl SchülerInnen als auch LehrerInnen, fehlte das Wissen von einem physikalischen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Strahlungsarten, diese wurden auch nicht als unsichtbare Strahlung identifiziert.

Plotz (2017) fasste die neuesten Erkenntnisse über Schülervorstellungen zum Thema Strahlung in seinem Artikel zusammen, dabei geht er näher auf die Infrarot-, UV-, und Röntgenstrahlung ein.

In einer explorativen Studie untersuchten Neumann und Hopf (2011) was SchülerInnen der 4. und 6. Schulstufe mit dem Begriff „Strahlung“ verbinden. Die Ergebnisse der Studie lassen erkennen, dass die Vorstellungen der SchülerInnen altersabhängig und womöglich von der Sprache abhängig sind. Hopf und Neumann beschreiben dies im Folgenden:

*„Schülerinnen und Schüler der vierten Schulstufe zeichneten zum überwiegenden Teil Quellen sichtbarer Strahlung (Sonne, Taschenlampe, ...). Mit zunehmendem Alter nahm der Anteil derjenigen signifikant zu, die Objekte im Zusammenhang mit unsichtbarer Strahlung (Handys, Atomkraftwerke, ...) wählten.“
(Neumann und Hopf 2011)*

*„Es wird vermutet, dass die Verbindung der Begriffe ‚Strahlung‘ und ‚Sonne‘ zu einem großen Teil von der deutschen Sprache beeinflusst wird. Im Hinblick auf den alltäglichen Gebrauch des Wortes „Sonnenstrahlung“ und der Phrase „die Sonne strahlt“ scheint der hohe Prozentsatz an Schülerinnen und Schüler der vierten Schulstufe, die Strahlung mit Sonne verbinden, nicht überraschend.“
(Neumann und Hopf 2011)*

Aus gegebenem Anlass wurde die Studie nach dem Reaktorunfall in Fukushima wiederholt. Neumann und Hopf (2013) beschreiben, dass sich die gewählten Motive der SchülerInnen nach dem Unfall in Zusammenhang mit Radioaktivität annähernd verdoppeln, und dies uneingeschränkt auf das Geschlecht. Neumann (2013)

beschreibt auch, dass in den Kurzinterviews die SchülerInnen den Begriff Strahlung nicht mehr ausschließlich mit positiven Eigenschaften, wie „warm und angenehm“, verbinden, sondern zunehmend mit „unsichtbar, gefährlich, böse“ gleichsetzen.

In einer weiteren Studie von Neumann und Hopf (2012) wurden SchülerInnen der 9.Schulstufe zum Begriff Strahlung befragt. In Interviews wurde nach ihren Assoziationen mit Strahlung, aber auch nach anderen Strahlungsarten sowie der Einschätzung der Gefährlichkeit dieser gefragt. Im Gegensatz zu der vorherigen Studie zeigen sich bei den älteren SchülerInnen kaum noch positive Emotionen zum Strahlungsbegriff. Beim Gefahrenpotential der verschiedenen Strahlungsarten sind sich die Jugendlichen einig, dass radioaktive Strahlung gefährlich für den menschlichen Körper ist, wobei mehr als ein Drittel Röntgenstrahlung als nicht schädlich einstufen. Dies wurde mit dem Einsatz der Strahlung in der Medizin begründet. Neumann (2013) zählt einige der Vorstellungen, welche sich aufgrund dieser Studie herauskristallisieren, auf:

- Strahlung ist nicht natürlich
- Licht ist keine Art von Strahlung
- Alle elektrischen Geräte senden gefährliche Strahlung aus
- Es ist unmöglich, dass jeder Körper Strahlung aussendet

2.3 Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung

Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung sind nur sehr spärlich dokumentiert, insbesondere in der deutschsprachigen Literatur.

Im Zuge des „Modern Miracle Medical Machines (MMMM) project“ erforschten Kalita und Zollmann (2006) die Vorstellungen über Röntgenstrahlen von angehenden MedizinstudentInnen um somit passendes Lehrmaterial erstellen zu können. Dadurch können Physikkurse so gestaltet werden, dass deren Inhalte besser im späteren Berufsleben angewendet werden können.

Im Zuge ihrer Untersuchungen fanden sie heraus, dass für StudentInnen die Sichtbarkeit von verschiedenen Objekten in Bezug auf Röntgenstrahlung von deren Dichte abhängig ist.

Die Röntgenstrahlen wurden als eine eher schädlichere Strahlung eingestuft. Da die StudentInnen stärker mit länger assoziierten, wurde die Röntgenstrahlung im Spektrum den längeren Wellenlängen zugeordnet. Als die StudentInnen in den

Interviews darum gebeten wurde, über die Frequenz nachzudenken, änderten sie ihre Meinung, da die Assoziation „höhere Frequenz – mehr gefährlicher – stärker“ ausschlaggebender war.

Als die StudentInnen aufgefordert wurden, Röntgenstrahlen so zu erklären, als müssten sie es einem 12-Jährigen erklären, griffen sie auf die Analogie der Fotografie zurück. Als würde man ein Bild mit einer Kamera machen, wobei der Blitz jedoch durch die Haut dringt, jedoch nicht durch die Knochen.

„I would explain X-rays take a picture, but the flash on the camera can show through the skin ... expect for the bones ... so it's like taking picture of the bones. “

(Kalita und Zollmann 2006)

Während ihren Untersuchungen fanden sie ebenfalls heraus, dass sich StudentInnen ein eigenes Modell über Röntgenstrahlen bilden. Sie verwendeten dazu ihr Wissen aus früheren Physikkursen oder aber auch ihre eigenen Erfahrungen von Röntgenuntersuchungen aber auch aus den Medien. Dabei müssen diese Modelle weder stabil noch konsistent sein, sondern können sich auch verändern.

3 Röntgenstrahlung – eine fachliche Klärung

In diesem Kapitel wird zunächst eine fachliche Klärung über Röntgenstrahlung gegeben. Außerdem wird beschrieben, inwieweit Röntgenstrahlung im Lehrplan vorgesehen ist und wie das Thema in Schulbüchern behandelt wird.

3.1 Geschichtlicher Hintergrund

Die Röntgenstrahlung wurde am 8. November 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt. Am 22. Dezember 1895 veröffentlichte er die erste Röntgenaufnahme – die rechte Hand seiner Ehefrau. 1901 bekam er für seine Entdeckung den Nobelpreis. Er selbst nannte die Strahlen zunächst X-Rays, später wurden sie ihm zu Ehren umbenannt. Da Röntgen seine Entdeckung nicht patentieren ließ, wurde sie rasch für die medizinische Diagnostik herangezogen. Röntgenbilder erfreuten sich nicht nur in der Medizin großer Beliebtheit, sondern kamen auch auf Feiern und unter anderem in Schuhgeschäften zum Einsatz. Nachdem aber sehr bald auch Strahlungsschäden offensichtlich wurden, kam die Röntgenstrahlung nur mehr gemäßigt zum Einsatz (vgl. Buchgeister (2012) und (Barth 2012a).

3.2 Einordnung im elektromagnetischen Spektrum

Elektromagnetische Wellen werden nach ihrer Wellenlänge und Frequenz unterteilt. Wobei die Abgrenzung der einzelnen Bereiche nicht streng festgelegt ist, sondern sogar teilweise überlappen. Da Röntgenstrahlung eine elektromagnetische Welle ist, lässt sie sich im elektromagnetischen Spektrum zwischen der UV-Strahlung und der Gammastrahlung einordnen. Zusehen in Abbildung 1 (Tipler S. 971). Ihre Wellenlänge befindet sich in einem Bereich von 10^{-12}m bis 10^{-8}m . Daher werden in der fachlichen Literatur und in Schulbüchern oftmals verschiedene Wellenbereiche für die Röntgenstrahlung angegeben, je nachdem wie sie entstanden ist. Entsteht sie aufgrund eines Kernzerfalls, wird sie zur radioaktiven Gammastrahlung gezählt, deren Wellenlängenbereich bei 10^{-10}m beginnt. Von der Wellenlänge bzw. Frequenz ist es abhängig, inwieweit eine elektromagnetische Welle mit einem Körper wechselwirkt. Die kurzwellige und daher hochfrequente Röntgenstrahlung durchdringt ohne Probleme Stoffe, die das sichtbare Licht absorbieren. (vgl. Tipler et al. 2007)

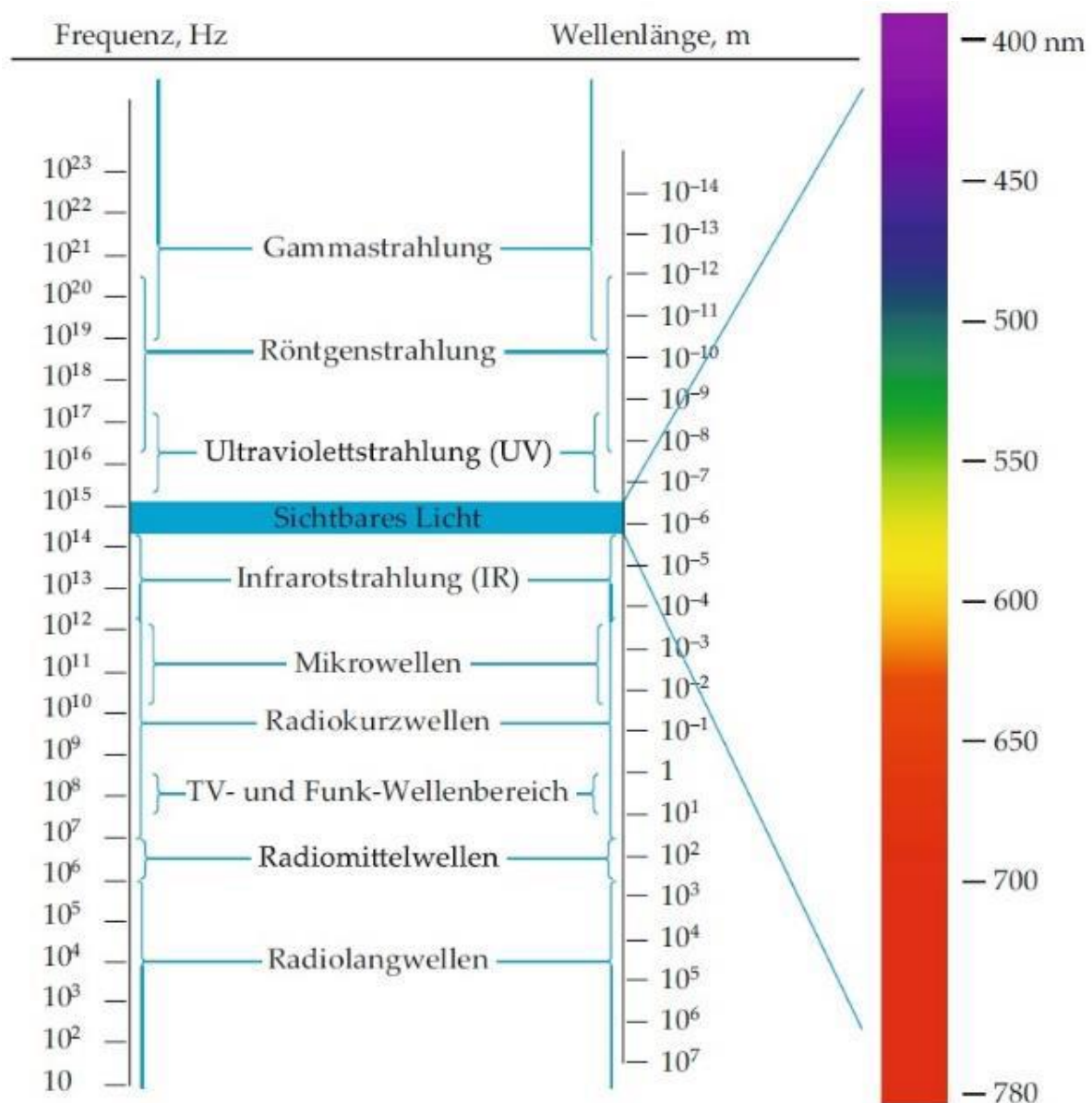


Abbildung 1: Elektromagnetisches Spektrum (vgl. Tipler et al., 2007, S.971)

3.3 Entstehung der Röntgenstrahlung

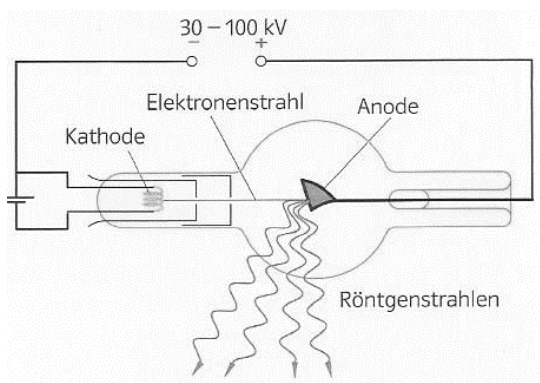


Abbildung 2: Aufbau einer Röntgenröhre (vgl. Sexl 2012, S.109)

Die Röntgenstrahlung wird in Röntgenröhren erzeugt. Die darin erzeugte Strahlung setzt sich aus der charakteristischen Strahlung und der Bremsstrahlung zusammen.

Röntgen entwickelte zunächst die Kathodenstrahlröhren. Eine Darstellung der Röntgenröhre findet sich in Abbildung 2.

1911 entwickelte Lilienfeld die Glühkathodenröhren, diese Technik wird auch heute noch verwendet. In einem evakuierten Gefäß werden mittels einer Kathode, meist bestehend aus einem zum Glühen gebrachten Wolframwendel, Elektronen in das Gefäß gebracht. Das Vakuum in der Röhre ist notwendig, damit unerwünschte Stoßprozesse mit Atomen, welche die Energie und Fokussierung der Elektronen beeinflussen könnten, verhindert werden. Die Elektronen werden aufgrund des elektrischen Feldes zur positiven Anode hin auf annähernd Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Anode werden diese stark abgebremst, wodurch bis zu 99% der eingebrachten Energie als Wärme verloren geht. Die Anode selbst wird beim Vorgang stark erwärmt. 1% der Elektronen erfahren durch eine Wechselwirkung mit dem kernnahen Feld der Anode, eine Impulsänderung. Diese führt zur einer Bahnänderung und diese Energieänderung wird mittels hochfrequenter Strahlung, der Bremsstrahlung, abgegeben. Ein zweiter möglicher Effekt ist die charakteristische Röntgenstrahlung. Durch Stoßprozesse werden kernnahe Elektronen des Targetmaterials aus ihren Orbitalen gestoßen. Dieses Orbital wird von höherenergetischen Elektronen aus höheren Orbitalen, aus Gründen der Stabilität und Energieminimierung, aufgefüllt. Die Energiedifferenz der beiden Orbitale entspricht der charakteristischen Röntgenstrahlung, welche zur chemischen Analyse des Targetmaterials herangezogen werden kann.

Der Abstand von Kathode und Anode bestimmt den Röntgenfokus. Es wird im Hochspannungsbereich (kV) und mit Röhrenströmen im Milliamperebereich gearbeitet, werden diese Zahlenwerte multipliziert, erhält man die Verlustleistung in Watt. Als Beispiel seien die üblichen Parameter genannt: bei 40kV und 50mA tritt eine Verlustleistung von 2000W auf. Davon muss 1980W an Wärmeleistung, mittels Kühlung sicher abgeführt werden. Nur 20W wird in Röntgenstrahlung umgewandelt. (vgl. Spieß et al. 2005)

3.4 Das Röntgenspektrum

Bei der Erzeugung von Röntgenstrahlung entsteht ein Spektrum, welches sich in zwei Teilspektren unterscheiden lässt, zusehen in Abbildung 3.

Das Bremsspektrum, welches durch das Abbremsen der beschleunigten Elektronen im elektrischen Feld der Anode auftritt.

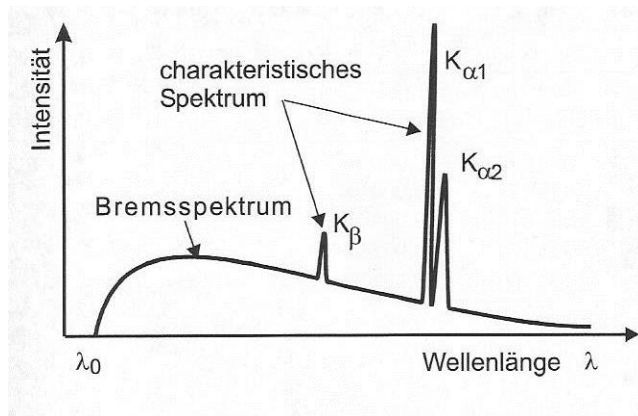


Abbildung 3: Röntgenspektrum (vgl. Spieß et al., 2005, S.8)

Das charakteristische oder Eigenstrahlspektrum, hier ionisieren die auftreffenden Elektronen die Anoden-Atome in ihrer innersten Schale. Die Quantenenergie-differenzen liefern ein Linienspektrum, welches für jede Atomsorte charakteristisch ist. (vgl. Spieß et al.

2005)

3.5 Eigenschaften der Röntgenstrahlung

Bei der Röntgenstrahlung handelt es sich, wie schon oben erwähnt, um eine elektromagnetische Welle. Das bedeutet es handelt sich um eine Transversalwelle, welche sich in jedem Medium ausbreiten kann. Eine Wechselwirkung entsteht erst, wenn sie auf die Materie des Mediums trifft. (vgl. Tipler et al. 2007)

Die Wellenlänge bzw. Frequenz ist ein Maß für die Energie bzw. Durchdringungsfähigkeit der Strahlung. Je größer die Energie, desto durchdringungsfähiger ist die Strahlung. Gleichbedeutend lässt sich auch formulieren: je kleiner die Wellenlänge ist, desto härter ist die Strahlung und desto höher ist die Energie.

Trifft die Strahlung auf Materie, wird dabei Energie und Intensität abgeschwächt. Diesen Schwächungsvorgang nennt man Absorption. Diese Absorptionsvorgänge hängen sehr stark vom Material ab, entscheidend ist hierbei die Ordnungszahl bzw. Dichte des Materials. Außerdem kommt noch eine starke Energieabhängigkeit dazu, denn es ist zu beobachten, dass eine Eigenstrahlung aufgrund der Wechselwirkung entstehen kann. Dies ist wichtig für Strahlenschutzmaßnahmen. Bei hochenergetischer Strahlung sollte eine Abschirmung nicht nur aus einem Material mit einer hohen Ordnungszahl bestehen, da die Gefahr einer erhöhten Eigenstrahlung besteht, welche sich nur durch noch stärkere Abschirmung schwächen lässt. Daher sollte eine Kombination aus Materialien gewählt werden. (vgl. Spieß et al. 2005)

Die Energiedosis D definiert sich als der Quotient aus der auf ein Material übertragenen Strahlenenergie dE bzw. der Differenz der eintretenden Energie E_0 und

austretenden Energie E , bezogen auf ein Massenelement dm . Die SI-Einheit wurde nach dem englischen Physiker Gray benannt. Diese Energiedosis D ist die Fundamentalgröße der Dosimetrie und gilt in allen Strahlungsenergiebereichen und für alle Strahlungsarten, sie ist jedoch nicht direkt messbar. Die Dosis wird über einen Gewichtungsfaktor, welcher vom Gewebe abhängig ist, in die effektive Dosis E umgerechnet. Diese wird mit der Maßeinheit Sievert bedacht, ebenfalls nach einem Physiker genannt. (vgl. Spieß et al. 2005)

3.6 Strahlenschutz

Die Strahlungsabsorption von organischen Gewebe ist ein sehr komplexer Ablauf. Es können Strahlenschäden entstehen. Diese lassen sich einteilen in deterministische und stochastische Strahlenschäden. Bei der deterministischen Schädigung kennt man die Strahlendosis, ab wann Schädigungsprozesse beginnen, diese nennt man Schwellendosis. Bei der stochastischen Schädigung wirkt sich die Strahlenabsorption auf die Chromosomen und auf die DNA aus, wodurch Mutationen oder Karzinomen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit entstehen können. Mögliche Schäden können erst Jahre später in Erscheinung treten, wodurch ein direkter Zusammenhang erschwert wird.

1913 wurden die ersten staatlichen Maßnahmen ergriffen um die Auswirkung von Strahlung auf den Menschen zu minimieren. Daher wurden die Anwendungen von ionisierter Strahlung gesetzlich festgelegt. Im Atomenergiegesetz, Röntgen.- und Strahlenschutzverordnung werden Richtwerte und Grenzwerte für die maximal zulässige Strahlenexposition aufgeführt, dieser liegt bei 20 mSv/a effektive Dosis. Die natürliche Strahlenbelastung liegt bei ungefähr 2 mSv/a. Biologisch wirksam ist nur die Strahlungsenergie, welche absorbiert wurde. (vgl. Spieß et al. 2005)

3.7 Anwendungsgebiete

Angewendet wird Röntgenstrahlung im medizinischen Bereich, aber auch im sicherheitstechnischen Bereichen wie zum Beispiel der Flughafensicherung und in der Werkstoffüberprüfung.

In der Medizin verwendet man die ionisierende Strahlung zur Röntgendiagnostik mittels Röntgenbild und Computertomographie (CT), aber auch zur Strahlentherapie um mittels gezielter Bestrahlung Tumorgewebe zu schädigen.

Je energiereicher die Röntgenstrahlung ist, desto stärker durchdringt sie das (menschliche) Gewebe. Sie wird von chemischen Elementen mit hoher Ordnungszahl absorbiert, z.B. in Knochen durch Kalzium (Ordnungszahl = 20). Durch diese starke Absorption werden diese am Röntgenbild hell dargestellt (niedrige Schwärzung). Weichteile (z.B. Organe) werden in unterschiedlichen Graustufen dargestellt, d.h. sie lassen die Röntgenstrahlen leichter durch und dadurch entsteht eine dunkle Abbildung (hohe Schwärzung). Um Venen oder Organe besser sichtbar zu machen, wird zuvor ein Kontrastmittel mit einer hohen Ordnungszahl verabreicht um so einen stärkeren Kontrast hervorzurufen (vgl. Buchgeister 2012)

3.8 Einbettung in den Lehrplan

Das Bundesministerium für Bildung stellt auf ihrer Homepage die jeweiligen Lehrpläne zur Verfügung. Die Röntgenstrahlung wird darin nicht explizit erwähnt, jedoch kann sie verschiedenen Bereichen zugeordnet werden.

In dem Lehrplan für die AHS-Unterstufe lässt sich Röntgenstrahlung den Bildungsbereichen Mensch und Gesellschaft durch „Aufzeigen möglicher Gefahren bei Umsetzung von naturwissenschaftlichen Erkenntnisse in technischen Anwendungen“ und ebenso Gesundheit und Bewegung durch „physikalische Vorgänge in Medizin und Medizintechnik“ zuordnen (vgl. Bundesministerium für Bildung)

Der Lehrplan der Oberstufe ist für Physik noch freier formuliert als jener der Unterstufe. Dennoch oder gerade besonders deswegen lässt sich hier das Thema Röntgenstrahlung zu mehreren Bereichen zuordnen. Zusätzlich wird für die 7. und 8. Klasse unter anderem die ionisierende Strahlung als Bildungsziel angeführt. Spätestens zu diesem Zeitpunkt sollte der Begriff an die SchülerInnen herangeführt werden (vgl. Bundesministerium für Bildung).

Die Frage, warum das Thema Röntgenstrahlung unterrichtet werden sollte, stellt sich Michael Barth in seinem Artikel „Warum das Thema ‚Röntgenstrahlung‘ unterrichten“, darin schreibt er folgendes:

„Elementare Kenntnisse über Röntgenstrahlung gehören zum allgemeinbildenden physikalischen Fachwissen – schon deshalb sollten entsprechende Inhalte im Themenbereich „Ionisierende Strahlung“ im Unterricht vermittelt werden.“

(Barth, 2012b)

3.9 Einbettung in die Schulbücher

In den Schulbüchern der Oberstufe als auch in der Unterstufe lässt sich das Thema Röntgenstrahlung finden. Je nach Altersstufe und Schulbuch ist die Herangehensweise verschieden. Im Folgenden werden verschiedene Schulbücher jeweils für die Unter-, und Oberstufe der AHS beschrieben.

3.9.1 Unterstufe

Ein Lehrbuch für die Unterstufe in dem das Thema behandelt wird ist „ganz klar, Physik 4“ von Gruber und Rupp. Hier wird ebenfalls die Entdeckung kurz beschrieben. Zusätzlich widmet das Schulbuch dem Thema „Physik in der Medizin“ ein komplettes Kapitel, in welchem die Entstehung von Röntgenbildern sowie die Funktion von Computertomographen beschrieben werden (vgl. Gruber und Rupp 2006).

In „Physik verstehen 4“ wird im Kapitel „Elektrizität bestimmt unser Leben“ elektromagnetische Wellen, sowie das elektromagnetische Spektrum in einer Grafik vollständig dargestellt. Jedoch wird nur auf die Infrarotstrahlung sowie die UV-Strahlung weiter eingegangen, nicht auf die Röntgenstrahlung (vgl. Kaufmann et al. 2014)

In dem Lehrbuch „Schwerelos 4“ wird Röntgenstrahlung und deren Entdeckung durch Wilhelm Röntgen unter dem Kapitel „Radioaktivität und Kernenergie“ im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung kurz besprochen. Und zwar wird dabei geschildert, dass sich Röntgen schon vor Becquerel mit unsichtbarer Strahlung beschäftigt hatte und diese X-Rays nannte (vgl. (Lackner und Wukovich M. 2017).

Ebenso im Lehrbuch „Mehrfach Physik 4“ wird die Entstehung eines Röntgenbildes unter der Überschrift „Radioaktivität im Alltag“ beschrieben. Außerdem wird darunter

noch die Strahlentherapie, sowie die Lebensmittelbestrahlung mit radioaktiver bzw. ionisierender Strahlung beschrieben (vgl. Fürböck und Plotz 2015).

3.9.2 Oberstufe

In „Basiswissen Physik – compact 3“, ein Schulbuch für die AHS-Oberstufe, wird die Röntgenstrahlung im Zuge des Kapitels „Elektromagnetische Schwingungen und Wellen“ neben Infrarot, UV-Licht und Gammastrahlung kurz erklärt, dazu wird eine Abbildung der Röntgenröhre zur Hilfe genommen (vgl. Jaros et.al. 2002).

Das Schulbuch „Physik 7“ von Sexl ist für die AHS-Oberstufe konzipiert. Hier wird sowohl die Funktionsweise einer Röntgenröhre erklärt als auch die Entstehung einer Röntgenaufnahme. Außerdem wird das Strahlenschutzgesetz näher durchleuchtet (vgl. Sexl 2012).

Im Lehrwerk „Big Bang 7“ werden die verschiedenen Strahlungsarten im Kapitel „Energieübertragung durch EM-Wellen“ angeführt. Es wird dabei behandelt wie und warum Röntgenstrahlen entstehen. Außerdem werden Röntgenbilder, CT-Aufnahmen, aber auch die weiteren Einsatzmöglichkeiten wie in der Sicherheitskontrolle besprochen (vgl. Apolin 2013).

4 Cross-Age Peer -Tutoring (CAPT)

Im folgenden Kapitel soll die Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring und deren Wirksamkeit behandelt werden.

Was in der spärlich vorhandenen deutschsprachigen Literatur an Forschungsergebnissen vorhanden ist, ist von einigen wenigen AutorInnen geprägt. Jedoch wurde und wird das Projekt CAPT vom BMWF im Rahmen des Förderprogramms Sparkling Science unterstützt. Im Zuge dessen wurden die bisher gewonnenen Forschungsergebnisse auch in Diplomarbeiten und Dissertationen veröffentlicht. Einige dieser Ergebnisse sollen auch hier aufgeführt werden.

4.1 Allgemeines

Unter Cross-Age Peer Tutoring, kurz CAPT, versteht man eine Unterrichtsmethode, bei der ältere SchülerInnen mit um einige Jahre jüngeren SchülerInnen gemeinsam lernen. Dies kann auch über verschiedene Schulformen hinweg geschehen. An sich ist das Peer Tutoring keine neue Erfindung, sondern fand auch schon bei den Griechen seinen Platz, verlor sich aber wieder, als die Schulpflicht und mit ihr die Bündelung in Altersgruppen eingeführt wurde. In der modernen Zeit findet es zum Beispiel im Sinne der klassischen Nachhilfe oder den verschiedenen Tutoren-Programmen an der Universität Anwendung. Aber auch durch die immer genauere Beschäftigung der Fachdidaktik mit dem konstruktivistischen Lernen und Conceptual Change fand auch wieder das Peer Tutoring (innerhalb einer altersgleichen Gruppe) und das CAPT als alternative oder ergänzende Unterrichtsmethode seinen Weg in die Klassenräume. Beim Cross-Age Peer Tutoring erhofft man sich gerade durch den geringen Altersunterschied einen Lernerfolg (vgl. Himmer 2012).

In Deutschland wurde eine ähnliche Unterrichtsmethode entwickelt, das sogenannte „Lehren durch Lernen“, im Folgenden mit LdL abgekürzt. Diese Methode wird als Ersatz des regulären Sprachunterrichtes verwendet, obwohl betont wird, dass sie auch in anderen Fächern anwendbar ist. Wobei man CAPT auch als eine Verbindung von LdL und kooperativem Lernen ansehen könnte (vgl. Abraham 2013).

Zur Beschreibung dieser beiden Unterrichtsmethoden sollen die folgenden Zitate dienen. Zunächst beschreibt Paul Hanel die Methode des LdL folgendermaßen:

„Wenn Schüler einen Lernstoffabschnitt selbstständig erschließen und ihren Mitschülern vorstellen, wenn sie ferner prüfen, ob die Informationen wirklich angekommen sind, und wenn sie schließlich durch geeignete Übungen dafür sorgen, daß der neue Stoff verinnerlicht wird, dann entspricht dies (idealtypisch) der Methode „Lernen durch Lehren“.
(Hanel 1991)

Und Zinn beschreibt kooperatives Lernen mit folgenden Worten:

„Cohen (1994) spricht von kooperativem Lernen, wenn Schülerinnen und Schüler in einer kleinen Gruppe zusammenarbeiten und alle dabei an einer gemeinsamen Aufgabe teilhaben und darüber hinaus noch ihre Aufgabe eigenständig ohne direkte und unmittelbare Beaufsichtigung durch die Lehrkraft bearbeiten können.“
(Zinn 2008)

Diese beiden Zitate zeigen sehr gut den Grundgedanken der beiden Lehrmethoden und in Kombination auch den von Cross-Age Peer Tutoring. In den folgenden Abschnitten wird die Methodik und die Wirksamkeit von CAPT speziell im Physikunterricht beschrieben werden.

4.2 Aufbau von CAPT im Physikunterricht

CAPT lässt sich in zwei Phasen unterteilen (vgl. Korner 2013):

In der **ersten Phase** findet das Mentoring statt. Hier erhalten jene SchülerInnen, welche später als TutorInnen eingesetzt werden, nicht nur eine inhaltliche und fachliche Einschulung, sondern auch eine sozial-kommunikative. Es wird auf die üblichen Umgangsformen hingewiesen und betont, dass den Tutees möglichst freie Hand gelassen werden sollte und auch, dass sie Experimente selbst durchführen sollten. Die TutorInnen dienen als Unterstützung und nicht als „Denkersatz“.

Zum Schluss sollen die TutorInnen einen Plan erstellen, in welchem sie festhalten, wie sie im anschließenden Tutoring vorgehen wollen. Somit werden sie wie ExpertInnen für das künftige Lernen mit den Tutees behandelt. Dies steigert nach Korner die Motivation und somit auch den Lernerfolg.

In der **zweiten Phase** findet das eigentliche Tutoring statt. Sie sollte etwa eine Woche nach dem Mentoring erfolgen. Wenn möglich, wird einem Tutor/einer Tutorin ein Schüler/eine Schülerin zugeteilt, andernfalls muss man variieren. Mit ein wenig Zeit zum Kennenlernen sollte man für den gesamten Lernvorgang etwa eine Unterrichtseinheit benötigen. Sollte der Klassenraum zu klein sein, kann man auf andere Räume ausweichen und so gleichzeitig auch den Lärmpegel senken.

Es finden sich verschiedene Möglichkeiten, um CAPT in den regulären Unterricht zu integrieren. So lässt es sich zum Beispiel als Abschluss oder Zusammenfassung für die TutorInnen in den Unterricht einbauen. Natürlich muss die Altersstufe der Tutees berücksichtigt werden. Einsetzbar ist die Methode bei vielen verschiedenen Themen. Will man mit dieser Unterrichtsmethode neue Stoffgebiete erarbeiten, sollte man wesentlich mehr Zeit einplanen, da die älteren SchülerInnen den Stoff zunächst einmal selbst erarbeiten müssen. Man sollte auch darauf achten, dass, sofern Experimente geplant sind, die Materialien dafür leicht verfügbar und transportfähig sind. Außerdem ist die Methode gut dazu einsetzbar, die Schnittstellenproblematik zwischen den verschiedenen Schulformen wie zum Beispiel zwischen Volksschule und AHS aufzuarbeiten. (vgl. Korner 2015)

4.3 Wirksamkeit von CAPT im Physikunterricht

Die Wirksamkeit von CAPT im Unterricht wird durch viele Studien, ähnlich jener von Korner, Himmer und Urban-Woldron, bestätigt. Auch meine eigene Forschung, deren Ergebnisse im Laufe dieser Arbeit beschrieben werden, bestätigt den Lernerfolg. Im Folgenden werden die verschiedenen Effekte des CAPT auf die beteiligten Personen aufgezeigt.

Auch wenn diese Unterrichtsmethode ursprünglich zur Verbesserung der Fähigkeiten der Tutees entwickelt worden ist, profitieren besonders die TutorInnen von CAPT. Im Laufe des CAPT erfolgt nicht nur eine Verbesserung in kognitiver Hinsicht, sondern auch eine positive Veränderung der Einstellung zum Lernen. Ebenfalls verbessert die Methode die sprachlichen Fähigkeiten der MentorInnen. Kürzere, strukturierte Programme zeigen bessere Erfolge als längere Projekte. (vgl. Korner 2015; Ziegler 2012)

Im Folgenden seien die wichtigsten positiven Effekte aufgezählt und interpretiert.

Altersdifferenz

Der Lernerfolg von Cross-Age-Projekten ist unter anderem auch auf den geringen Altersunterschied der TeilnehmerInnen zurückzuführen. Man kann annehmen, dass durch die soziale, emotionale und vor allem sprachliche Nähe eine wesentlich bessere Lernbasis geschaffen wird als bei einer LehrerIn-SchülerIn-Konstruktion. Der Altersunterschied sollte zwischen zwei und vier Jahren liegen. Bei größeren Abständen ist mit weniger Erfolgchancen zu rechnen, besonders bei den TutorInnen. Bei geringerer Differenz bis zu keinem Altersabstand kann noch immer ein positiver Effekt erwartet werden (vgl. Korner 2015).

Unterschiedliche Inhalte

Die Unterrichtsmethode hat sich für einige Themengebiete und Unterrichtsfächer besser bewährt als für andere, so sei sie für das Fach Mathematik besser geeignet als für das Lesen.

Von den behandelten Inhalten ist abhängig, ob vorab das Mentoring, wie oben beschrieben, durchgeführt wird oder nicht. Einige AutorInnen fordern dieses ein, andere lassen es unerwähnt. (vgl. Himmer 2012)

RisikoschülerInnen

Besonders SchülerInnen mit Migrationshintergrund, sowie jene mit schlechteren Noten und auffälligem Verhalten können von der CAPT-Methode profitieren. Die Angst von LehrerInnen, dass verhaltensauffällige SchülerInnen Probleme verursachen könnten, konnte zerstreut werden, wie in den beiden Zitaten zu lesen ist.

*„Durch die Bank arbeiteten die älteren Burschen und Mädchen wohlwollend und konstruktiv mit ihren Tutees.“
(Korner 2013)*

*„Es war faszinierend, wie selbst die größten Rabauken [...] zu toleranten, lebenswürdigen Tutoren mutieren.“
(Korner und Urban-Woldron, H., Hopf, M. 2012)*

Die Wirksamkeit von CAPT können unter anderem gleichgeschlechtliche Tutor-Tutee-Kombinationen noch steigern. Zusätzlich könnte man um die positiven Effekte noch zu verstärken ein reziprokes Tutoring in Betracht ziehen, hierbau tauschen Tutor und Tutee die Rollen. (vgl. Korner und Urban-Woldron, H., Hopf, M. 2012)

4.4 Sparkling Science Projekt

Im folgenden Abschnitt werden zwei Forschungsprojekte zum Thema CAPT beschrieben (vgl. www.sparklingsscience.at)

Am AECC Physik wurde im Großraum Wien zum Cross-Age-Peer Tutoring in den Schuljahren 2010/11 und 2011/12 ein vom BMWF im Rahmen des Sparkling Science Programms unterstütztes Projekt durchgeführt. Die Themengebiete umfassen Inhalte aus der Elektrizitätslehre und der Optik. Die Effektstärken¹ liegen zwischen 0,46 (Elektrizitätslehre) und 0,62 (Optik-Spiegel). Außerdem lässt sich erkennen, dass gute TutorInnen bessere Effekte erzielen als schwächere, dennoch gibt es immer einen Lernzuwachs bei den Tutees. Und wie auch schon im oberen Teil beschrieben findet der größte Lernzuwachs bei den TutorInnen statt. (vgl. Korner 2013)

Es wurde ein Folgeprojekt ins Leben gerufen und zwar „Cross-Age Peer Tutoring in Physics 2 – Schnittstelle Schule- Universität: SchülerInnen erforschen mit Interviews und in Tutoringprozessen SchülerInnen-Vorstellungen zu nicht-sichtbarer Strahlung“. Im Zuge dieses Projektes entstand die hier aufliegende Diplomarbeit.

Das Projekt lief von Jänner 2013 bis Mai 2016 und wurde an insgesamt vier Schulstandorten durchgeführt. Beim Projekt „Cross-Age Peer Tutoring in Physics 2“ wurde gegenüber dem ersten Projekt ein anderes Themengebiet gewählt, nicht-sichtbare Strahlung. Außerdem wählte man eine andere Altersgruppe, wobei man sich unter anderem auch auf die Schnittstelle Schule/Universität konzentrierte.

In der ersten Phase des Projektes arbeiteten insgesamt acht SchülerInnen im Rahmen ihrer vorwissenschaftlichen Arbeiten (VWA) die Schülervorstellungen zu

¹ Die Effektstärke entspricht dem Mittelwertunterschied zweier Gruppen dividiert durch die Standardabweichung (SD). Bei unterschiedlichen SDs wird mit der gepoolten SD gerechnet. (Korner (2015))

nicht-sichtbarer Strahlung aus. Gemeinsam mit dem Projektteam arbeiteten sie an einer Konzeption einer Lernumgebung für die Unterstufe.

In der zweiten Phase fand unter anderem das Forschungsprojekt, welches in dieser Arbeit beschrieben wird, statt. Studierende entwickelten geeignetes Unterrichtsmaterial zu einer nicht-sichtbaren Strahlung (UV, Infrarot, Mikrowellen und Röntgenstrahlung) und leiteten die Mentoring-Phase mit den SchülerInnen der Sekundarstufe II. Diese wiederum führten das Tutoring mit den SchülerInnen aus der 8. Schulstufe.

5 Unterrichtsintervention und Material

In diesem Kapitel werden die Vorgehensweise der Unterrichtsintervention und somit auch die Forschungsarbeit dokumentiert. Das dafür hergestellte Unterrichtsmaterial wird näher beschrieben und erklärt.

5.1 Unterrichtsintervention

Die Intervention wurde an vier verschiedenen Schulen in Wien im Zuge eines Projektpraktikums² durchgeführt. Es handelte sich hierbei jeweils um Bundesrealgymnasien. Zunächst wurde das Material von StudentInnen gruppenweise zu den vier Strahlungsarten Mikrowelle, UV-Strahlung, Infrarot-Strahlung und Röntgenstrahlung erarbeitet, um sie dann mittels Cross-Age Peer Tutoring den SchülerInnen näher zu bringen.

5.1.1 Ablauf der Unterrichtsintervention

In den Schulen wurde zuerst der gesamten Klasse der 12.Schulstufe ein Vortrag von vier StudentInnen gehalten, um einen allgemeinen Überblick über Strahlung und die behandelten Strahlungsarten zu geben. Danach wurden die SchülerInnen in Gruppen von 4 bis 8 SchülerInnen aufgeteilt und einer Strahlungsart zugeordnet. Nachdem die Gruppen erneut geteilt wurden, sodass jede Studentin und jeder Student für je zwei bis drei SchülerInnen verantwortlich war, wurde damit begonnen das Unterrichtsmaterial zu bearbeiten. Mit Einverständnis der SchülerInnen und gegebenenfalls der Eltern wurde fotografiert und die Gespräche teilweise aufgezeichnet.

Im Abstand von einer Woche wurde erneut eine Einheit durchgeführt. Nun mussten die SchülerInnen der 8.Klasse ihr Wissen über die Strahlungsart, welche sie die Woche zuvor bearbeitet hatten, SchülerInnen einer 4.Klasse näher bringen. Sie sollten dasselbe Arbeitsmaterial, welches in der vorigen Einheit mit ihnen durchgearbeitet wurde, nun mit ihren Tutees durchgehen. Hierfür wurde ihnen ein TutorIn-Leitfaden zur Verfügung gestellt, welcher hilfreiche Tipps und die Lösungen

² Projektpraktikum Strahlung - Vorbereitung und Durchführung eines Projekts zum Thema "Strahlung" in Schulen, geleitet von Mag. Thomas Plotz, Wintersemester 2014, Universität Wien

der Aufgaben beinhaltete. Außerdem waren die jeweiligen StudentInnen immer in Reichweite, um gegebenenfalls Hilfestellung zu leisten. Je nachdem wie sich die Anzahl der SchülerInnen der 8.Klasse und 4. Klasse überlappten, wurde jedem/jeder MaturantIn jeweils ein bis zwei Tutees zugeordnet. Auch diese Lerneinheit wurde mit Audio-Geräten aufgezeichnet.

Die erste Einheit dauerte zwei Unterrichtsstunden, insgesamt 100 Minuten. Die erste Stunde wurde für Begrüßung, Erklärung der folgenden Geschehnisse, sowie die Gruppeneinteilung und Präevaluation aufgewendet und den daran anschließenden Vortrag zum allgemeinen Teil der Strahlung. In der zweiten Stunde wurde das Cross-Age Peer Tutoring durchgeführt.

Bei der zweiten Einheit wurde zunächst der Ablauf der folgenden Unterrichtseinheiten erklärt. Danach sprachen nach derselben Gruppeneinteilung wie in der ersten Einheit die StudentInnen mit den SchülerInnen der 12. Schulstufe das Arbeitsmaterial noch einmal durch, gaben ihnen Tipps und den Tutorleitfaden. Darauffolgend wurden die MaturantInnen mit den SchülerInnen der 8.Schulstufe zusammengebracht, die dann eine Stunde Zeit hatten, um das Material zu bearbeiten. Der 8.Schulstufe wurde nicht wie zuvor der 12. Schulstufe in der ersten Einheit der allgemeine Teil der Strahlung vorgetragen, sondern bekamen diese von ihrem jeweiligen Tutor erklärt. Insgesamt wurden auch hier wie beim ersten Mal, zwei Unterrichtsstunden aufgewendet.

Nach diesen zwei Einheiten war die Unterrichtsintervention beendet.

Das Wissen der SchülerInnen der 12.Schulstufe über Röntgenstrahlung wurde insgesamt zu drei Zeitpunkten evaluiert. Zu Beginn der Unterrichtseinheiten, bevor sie mit dem Thema der Strahlungsarten konfrontiert wurden, anschließend an das CAPT mit der 8. Schulstufe und circa drei Wochen im Anschluss daran. Es wurde jedes Mal derselbe Evaluationsbogen verwendet, dies könnte unter Umständen Wiederholungseffekte hervorrufen. Um jedoch die Antworten besser vergleichen zu können, wurde jeweils derselbe Evaluationsbogen verwendet und die Einwirkung des eventuell auftretenden Wiederholungseffektes als vernachlässigbar angesehen.

Mit Hilfe des Bogens wurden sowohl das Wissen als auch die Vorstellungen zur Röntgenstrahlung, als auch von einer anderen Strahlungsart (UV, Infrarot, Mikrowelle), abgefragt.

5.1.2 Hintergrundinformation zu den Schulen

Im Folgenden werden die vier Schulen vorgestellt an denen die Untersuchungen durchgeführt wurden.

Schule 1

Schule 1 zählt zu den kleinsten Schulen Wiens und liegt in Mitten Wiens. Sie umfasst 20 Klassen mit ungefähr 500 SchülerInnen und ist eine reine Realschule. Der erweiterte naturwissenschaftliche Unterricht wird fächerübergreifend und in Kleingruppen geführt. In Praktika werden in der Unterstufe die Fächer Physik und technisches Werken, Physik und Biologie und Physik und Chemie miteinander kombiniert um somit das Interesse der SchülerInnen für die Naturwissenschaften zu wecken. In der Oberstufe können die SchülerInnen ihren Schwerpunkt selbst wählen zwischen Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), Computergestützte Darstellende Geometrie (CDG), Biochemie (NBC) und Physik (NPH).

Schule 2

Schule 2 liegt in einem Gürtelbezirk Wiens und fasst drei Schultypen mit verschiedenen Schwerpunkten zusammen: Sportrealgymnasium für Mädchen, Realgymnasium mit Projektmanagement und ein bilinguales Gymnasium. Selbstverantwortung ist ein Grundprinzip an dieser Schule.

Schule 3

Schule 3 liegt ein wenig außerhalb des Wiener Gürtels. Es handelt sich um ein Realgymnasium, welches ebenfalls bilinguale Klassen mit den Sprachen Deutsch und Englisch führt.

Schule 4

Schule 4 liegt in einem Gürtelbezirk Wiens und bietet für die Unterstufe ein traditionelles Realgymnasium an. Für die Oberstufe ist wählbar, ob ein

Realgymnasium mit dem Schwerpunkt in Biologie und Physik besucht wird, oder ob ein Oberstufengymnasium entweder mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt, dem Schwerpunkt Medien oder dem Schwerpunkt Europa- und Sprachen besucht wird.

5.1.3 Beobachtungen während der Unterrichtsintervention

Die Studierenden nahmen eine besondere Rolle während der Unterrichtsintervention ein. Und zwar sind sie in der ersten Phase der Unterrichtsintervention sowohl TutorInnen als auch ForscherInnen. Sie sollen die SchülerInnen der 12. Schulstufe durch das Arbeitsmaterial als TutorIn leiten, jedoch beobachten sie genau inwieweit die Unterrichtsmethode als auch das Unterrichtsmaterial Einfluss auf die SchülerInnen nimmt. Im Folgenden werden diese Beobachtungen und die Vorgänge während des Mentoring und Tutoring beschrieben.

In Schule 1 konnte beobachtet werden, dass die SchülerInnen Missfallen daran fanden, dass alle Studierenden, während sie den Evaluationsbogen ausfüllten, im Klassenraum blieben. Dies brachte aufgrund der räumlichen Situation eher beengte Verhältnisse, außerdem konnte beobachtet werden, dass einige SchülerInnen ihre Antworten sogar abdeckten. Womöglich fühlten sie sich in eine Prüfungssituation versetzt.

Der Röntgenstrahlen-Gruppe wurden Insgesamt 5 SchülerInnen zugeordnet. Diese wurden dann jeweils einem der vier TutorInnen zugewiesen. Bei einer Schülerin konnte beobachtet werden, dass kaum ein Tutor-Tutee Gespräch zustande kam. Eine Begründung könnte darin liegen, dass die Schülerin im Alleingang das Arbeitsblatt sehr konzentriert, annähernd korrekt und sehr schnell bearbeitete. Außerdem lässt sich vermerken, dass sie keine Interessensfragen stellte.

Die SchülerInnen von Schule 2 füllten ebenfalls den Evaluationsbogen im Beisein der Studierenden aus, achteten aber nicht weiter auf diese.

Bei dieser Schule kamen zwei bis drei MaturantInnen pro Studierenden. Zwei Mädchen bearbeiteten das Arbeitsblatt gemeinsam und kamen so auf die richtigen Antworten. Auch diese beiden kamen sehr schnell mit ihrer Arbeit voran. Die Schüler zeigten reges Interesse. Unter anderem wollten sie wissen, wie gefährlich es ist, sich

röntgen zu lassen, warum in der Medizin Strahlendiagnostik eingesetzt wird und was genau bei Strahlenexposition im Körper geschieht. Unter anderem aufgrund dieser vielen Interessensfragen kam ein gut funktionierendes Tutor-Tutee Gespräch zustande.

In Schule 3 füllten die SchülerInnen den Evaluationsbogen im Beisein von nur einem Studenten/einer Studentin pro Strahlungsart aus. Die Durchführungsart wurde unter anderem deshalb geändert um Feedback und Beobachtungen, welche in Schule 1 und Schule 2 gemacht wurden, sofort einzuarbeiten. Außerdem war es so den anderen Studierenden möglich eventuell anfällige Vorbereitungen für die Unterrichtsintervention durchzuführen. Ein zusätzlicher Grund, warum nur ein Studierender pro Gruppe im Klassenraum blieb, war die enge Raumbeschaffenheit.

Die Beobachtungen eines Schülers zeigten, dass auch er, ähnlich der Schülerin in Schule 1 agierte und das Arbeitsblatt schnell, aber gewissenhaft ausfüllte. Er hatte keine weiteren Fragen zum Thema. Er benötigte kaum Hilfe beim Ausfüllen, reagierte aber sehr gut auf hilfreiche Fragestellungen, welche ihn zur richtigen Antwort hinführen sollten.

In Schule 4 wurde die Evaluationsdurchführung ähnlich wie in Schule 3 gehandhabt und nur ein/e Student/in pro Gruppe blieb im Klassenraum.

Drei Schülerinnen, welche das Arbeitsblatt gemeinsam und mit Hilfe eines Tutees bearbeiteten, fragten sehr viel nach, reagierten sehr gut auf Hilfestellungen und unterstützten sich gegenseitig beim Lösen des Arbeitsblattes. Außerdem wollten sie die Fragen im Evaluationsbogen nachbesprechen. Besonders die Frage, warum Knochen bei einem Röntgenbild sichtbar sind, wurde viel diskutiert. Eine der SchülerInnen antwortete darauf, weil sie besser sichtbar sind als das Fleisch. Sie hatten auch die Vorstellung, dass Röntgenstrahlen reflektiert werden, nahmen aber die Erklärung der Absorption ohne Gegenwehr an.

In der zweiten Phase der Unterrichtsintervention findet ein zweifacher Rollenwechsel statt. Die Studierenden wechseln von der Rolle des Tutors in die Rolle des Mentors, sie stehen nur noch als Berater zur Seite. Die Forscherrolle behalten sie weiterhin bei. Aber nicht nur die StudentInnen wechseln die Rolle, sondern auch die

SchülerInnen der 12.Schulstufe, sie wechseln vom Tutee zum Tutor. Aber alle SchülerInnen nahmen ihren Rollenwechsel sehr gut an. Sie versuchten besonders gut bei der Vorbesprechung des Themas durch die StudentInnen aufzupassen, stellten Fragen und versuchten alles zu verstehen. Dieses Mal kamen auch vermehrt Verständnisfragen und es wurde nicht alles einfach hingenommen, sondern auch mehrmals hinterfragt.

Als Tutoren waren die Maturantinnen sehr bemüht und versuchten gemeinsam mit ihren Tutees das Arbeitsblatt möglichst gut durchzuarbeiten. Natürlich gab es auch vereinzelt Fälle, wo dies weniger gut funktioniert hat und weniger Engagement gezeigt wurde. In diesen Fällen wurden nur die Lösungen weitergegeben.

Es war interessant zu beobachten, dass die MaturantInnen wesentlich mehr Zeit benötigten das Arbeitsblatt mit ihrem Tutee durchzugehen, als sie selbst dafür benötigt hatten. Das könnte entweder daran liegen, dass es sich bei den Tutees um SchülerInnen der 8. Schulstufe gehandelt hat oder dass es für sie zeitaufwändiger war, das eben Gelernte an ihre Schützlinge weiterzugeben.

5.1.4 Folgerungen aus den Beobachtungen

Nach jeder Schule und jeder Einheit bekam man mehr Übung darin auf diese Weise zu unterrichten. Man verbesserte sich und versuchte seine Fragen und Hilfestellungen aufgrund der vorherigen gemachten Erfahrungen anzupassen.

Das Feedback der SchülerInnen zum Unterrichtsmaterial war durchgehend positiv. Sie bemängelten jedoch, dass keine Experimente durchgeführt oder vorgezeigt wurden. Das Arbeitsmaterial wurde jedoch so konzipiert, dass es wieder verwertbar ist. Das heißt, es wurde Acht darauf gegeben, dass die Materialien und Geräte für Experimente in den meisten Schulen oder Haushalten verfügbar sind. Dies ist im Bezug zur Röntgenstrahlung nicht der Fall. Und um eventuell falsche Vorstellungen zu verstärken, wurde auf die Verwendung von Modellen verzichtet.

Die Beobachtungen haben gezeigt, dass es von den SchülerInnen positiver aufgenommen wird, wenn sie ihren Evaluationsbogen alleine und ohne StudentInnen ausfüllen konnten. Nach mehrmaligem Wiederholen, dass der Fragebogen, aber

auch das Arbeitsblatt nicht direkt benotet wird, konnten die SchülerInnen ohne Leistungsdruck arbeiten.

Bei der Arbeit mit den Tutees war es sehr schwierig, sich nicht zu sehr auf Suggestivfragen zu versteifen und darauf hinzuarbeiten, was man hören will, sondern den SchülerInnen die Luft und die Freiheit zu geben, ihre eigenen Formulierungen zu finden. Außerdem sollte Stress und Zeitdruck möglichst vermieden werden.

5.2 Material

In diesem Abschnitt soll das Material³ und seine Entwicklung näher beleuchtet werden.

Um das Thema Röntgenstrahlung im Zuge des CAPT zu präsentieren, wurde die Form eines Arbeitsheftes gewählt. Da Realexperimente mit Röntgenstrahlung nur schwer im Rahmen des Schulunterrichtes durchgeführt werden können und um mit etwaigen Modellexperimenten keine falschen Vorstellungen zu schaffen oder zu verstärken, wurde von dieser Methode abgesehen. Es wurde stattdessen eine Kombination aus Film und Arbeitsblättern gewählt.

Das entwickelte Unterrichtsmaterial hat einen medizinischen Schwerpunkt. Der Grund warum dieser gewählt wurde ist, weil die meisten SchülerInnen bereits Erfahrungen mit Röntgenstrahlung gemacht haben und zwar in der medizinischen Diagnostik. Entweder beim Zahnarzt oder vielleicht haben sie sich schon einmal ein Bein oder ähnliches gebrochen, wo sie meist auch geröntgt wurden.

Jedoch ist es auch wichtig, einen Überblick über die Strahlungsart zu schaffen, daher werden die physikalischen Grundlagen behandelt sowie die Entstehung von Röntgenbildern erklärt. Außerdem werden noch weitere Anwendungsgebiete der Strahlung behandelt, sowie über Schutzmaßnahmen und gesetzliche Regelungen informiert.

³Das Material wurde im Zuge des Projektpraktikums gemeinsam mit meinen StudienkollegInnen Tanja Handler, Christina Müllauer und Martin Rotschnik entwickelt.

Ziel ist es, denn SchülerInnen grundlegendes über Röntgenstrahlung weiterzugeben und sie über deren Nutzen aufzuklären sowie sie für die biologische Wirkung von ionisierender Strahlung zu sensibilisieren.

Das Arbeitsmaterial wurde so erstellt, dass es von SchülerInnen der 8. Schulstufe sowie der 12. Schulstufe bearbeitet werden kann. Die Bearbeitung des Arbeitsblattes nimmt ungefähr eine Unterrichtseinheit von 50 Minuten in Anspruch.

5.2.1 Aufbau des Arbeitsmaterials

Das Arbeitsblatt

Die in Abbildung 4 zusehenden Icons sollen den SchülerInnen erleichtern sich im Arbeitsblatt zu orientieren beziehungsweise sie darauf hinweisen, was sie zu tun haben.



Abbildung 4: Icons Arbeitsblatt

Das Arbeitsmaterial besteht aus insgesamt 7 Seiten und ist farblich einheitlich gestaltet.

Seite 1

Wie in Abbildung 5 zu sehen, wird mit einem kurzen einführenden Satz geklärt, worum es im Folgenden geht und es wurde versucht eine Verbindung zum Alltag der SchülerInnen zu schaffen. Außerdem wurde ein amüsanter Cartoon gewählt um die Schüler und Schülerinnen ein wenig zu motivieren und das Eis zu brechen.

Röntgenstrahlung

Bestimmt hast du schon mal das Wort „Röntgenstrahlung“ gehört, oder du wurdest vielleicht sogar schon einmal selbst geröntgt, weil du dir einen Arm oder ein Bein gebrochen hast. Aber was ist Röntgenstrahlung eigentlich und wer hat diese entdeckt?

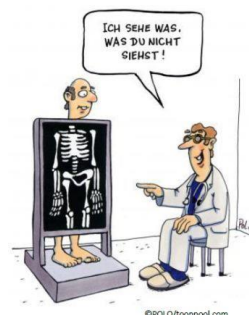


Abbildung 5: Beginn Arbeitsblatt Cartoon

Darauf folgt eine Infobox, im Folgenden in Abbildung 6 zu sehen. Im weiteren Verlauf des Arbeitsblattes kommen noch öfter solche Infoboxen zur Verwendung. Sie fassen mit Hilfe eines kurzen und prägnanten Textes das Wichtigste zusammen und sollen den SchülerInnen das jeweilige Thema passend vermitteln.

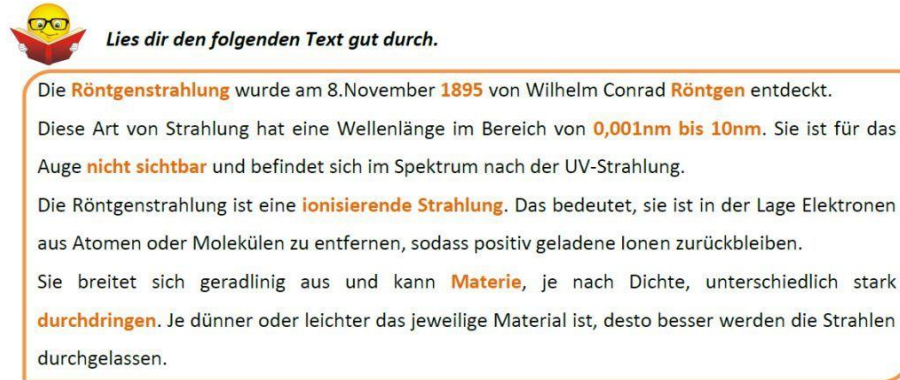


Abbildung 6: Infobox Röntgenstrahlung allgemein

Diese erste Infobox liefert einen Überblick über die Entdeckung der Röntgenstrahlung sowie einige wichtige Eigenschaften von ihr. Wichtige Schlagwörter, welche die SchülerInnen merken und später mit Röntgenstrahlung in Verbindung bringen sollen, wurden mit Farbe gekennzeichnet.

Abschließend wird auf der ersten Seite dazu aufgefordert sich den Film anzusehen und danach den Lückentext auf der Rückseite auszufüllen.

Film

Es wurde der Film⁴ „Strahlen schaffen Durchblick“ aus der Sendereihe „total phänomenal“ gewählt. Der Originalfilm wurde auf die Länge von 6 Minuten und 40 Sekunden gekürzt und wo es erforderlich war aufgrund von einer nicht korrekten Darstellung entsprechend bearbeitet. Es wurde dieses Medium gewählt, da es meiner Meinung nach eine passende Möglichkeit ist, in möglichst kurzer Zeit viele Informationen zu vermitteln.

Der Film beginnt mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen von Wilhelm Conrad Röntgen. Dem daraus entstehenden Boom folgt die späte Erkenntnis, dass übermäßige Bestrahlung Zellschäden verursachen kann. Daraufhin werden die

⁴Planet Schule: Total phänomenal - Strahlen schaffen Durchblick; WDR Westdeutscher Rundfunk, ausgestrahlt am 14.02.2014; url: <https://www.youtube.com/watch?v=Gf38bWd9zNA> (entnommen am 24.9.14)

Geräte mit einem schützenden Bleigehäuse umgeben. Der Film fährt fort mit der Entstehung der Strahlung und erklärt, wie ein Röntgenbild entsteht und wie dieses durch die Gabe eines Kontrastmittels beeinflusst wird und es wird die Funktionsweise eines Computertomographen erklärt. Es wird auch die Anwendung der Röntgenstrahlung im Bereich der Flughafensicherheit, speziell beim Röntgenscanner, welcher die Gepäckstücke durchleuchtet und es so möglich macht, gefährliche Gegenstände zu erkennen, behandelt. Dabei wird aber auch hingewiesen, dass erst ein Blick in den Koffer genauen Aufschluss über dessen Inhalt geben kann.

Seite 2

Über die gesamte Seite erstreckt sich ein Lückentext (Abbildung 7), welcher sich auf die Inhalte in dem zuvor gesehenen Film bezieht. Beim Erstellen des Lückentextes wurde darauf geachtet, dass die selben Sätze verwendet werden wie sie im Film gesprochen werden. So müssen die SchülerInnen das Gesehene nur reproduzieren.

Denn der Lückentext soll dabei helfen, dass zuvor Gesehene nochmals aufzuarbeiten und zu festigen. Seine Richtigkeit ist durch das Lösungswort am Ende, welches sich aus den Anfangsbuchstaben der verschiedenen Lösungswörter zusammensetzt, überprüfbar. Als Hilfestellung hat der Tutor die Möglichkeit den SchülerInnen ein Kärtchen mit den richtigen Begriffen zu zeigen. Die Lösungswörter werden deshalb nur auf einem Kärtchen bereitgestellt, da man dieses bei Bedarf

Fülle nun den Lückentext mit Hilfe der Informationen aus dem Film aus! Fügt man die Anfangsbuchstaben in der richtigen durchnummerierten Reihenfolge aneinander, ergibt sich ein Lösungswort. DeinE TutorIn kann dir bei Schwierigkeiten helfen!

Die Sicherheitsvorkehrungen am Flughafen sind sehr streng. Jedes Gepäckstück muss durch einen ⁽¹⁾ _____ ⁽⁵⁾ Box. Die grundlegende Technik dafür ist schon mehr als 100 Jahre alt. Am 8. ⁽³⁾ 1895 machte Wilhelm Conrad ⁽¹⁰⁾ _____ eine beeindruckende Entdeckung. Beim Experimentieren mit einer Gasentladungsröhre leuchteten plötzlich fluoreszierende Kristalle, die zufällig auf seinem Arbeitstisch standen. Das machte ihn ⁽⁷⁾ _____. Auch das ⁽¹¹⁾ _____ mit der Hand oder schwarzer Pappe hilft nichts, die Kristalle leuchteten dennoch. Röntgen fand schnell heraus, dass die Strahlen unterschiedliche Materialien durchdringen und eine Fotoplatte belichten können.

Es wurden zum Beispiel Röntgenaufnahmen gemacht von einem Mann, der ⁽⁹⁾ _____ spielt, einem verdauenden Magen, einer sich schminkenden Frau. Beim Röntgenscanner am Flughafen erkennen die Kontrolleure bereits an der Farbgebung des Bildes, ob es sich um gefährliche Gegenstände handeln könnte. Endgültige Sicherheit erlangt man aber oft nur durch das ⁽²⁾ _____ des Koffers. Er funktioniert so, dass das Gepäck mit ⁽¹⁴⁾ _____ Wellenlängen durchstrahlt wird. So kann man nicht nur die Form sondern auch das Material eines Gegenstands erkennen. Eine weitere Anwendung findet die Röntgenstrahlung bei der Computer- ⁽⁴⁾ _____. Hierbei rotiert der Röntgenapparat um den Körper, so wird er von allen Seiten durchleuchtet.

Lösungswort:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Seite | 2

Abbildung 7: Lückentext

hervorholen kann und beim nächsten Begriff wieder weglegen kann. So kommt man nicht in Versuchung die Wörter abzuschreiben, und auch die Kommunikation zwischen Tutor und Tutee wird unterstützt.

Seite 3

Die Seite 3 besteht aus einem Bilderrätsel. Zu sehen sind insgesamt fünf Bilder welche jeweils ein Anwendungsgebiet der Röntgenstrahlung darstellt. Die SchülerInnen sollen den richtigen Begriff unter das jeweilige Bild schreiben. Ein Auszug ist davon in Abbildung 8 zu sehen.

Die Aufgabe wurde so gestellt um das Tutor – Tutee Gespräch zu fördern. Sie hat viel Potential für eine Diskussion darüber was genau man auf jeder Abbildung sieht und wie man dies beschreiben kann.

Wichtig hierbei ist für den Tutor sich nicht auf bestimmte Begriffe festzufahren, sondern auch richtige Alternativen gelten zu lassen.

Es handelt sich bei den fünf Bilder um die Anwendungsgebiete: Computertomographie, Strahlentherapie, Materialüberprüfung, medizinische Diagnostik (Röntgenbilder) und Flughafensicherheit.



Wie du im Film bereits gesehen hast, gibt es für die Röntgenstrahlung einige Anwendungsgebiete. In den folgenden Abbildungen kannst du ein paar davon sehen. Besprecht gemeinsam mit deinem/r TutorIn, um welche Anwendungen es sich handelt.

Anwendungsgebiete



© "AOK-Mediendienst"



Abbildung 8: Aufgabe Anwendungsgebiete

Seite 4

In zwei Informationstexten wird über Röntgendiagnostik und Strahlentherapie informiert.



Lies dir die folgenden Texte zu den medizinischen Anwendungen durch, um mehr über diese zu erfahren. Im Anschluss sollst du einige Fragen dazu beantworten können.

Röntgendiagnostik

Zur Röntgendiagnostik zählen **normale Röntgenuntersuchungen** sowie die **Computertomographie**.

Auf Röntgenbildern lassen sich helle und dunkle Flächen und Umrisse erkennen. Die **hellen Gebiete** entstehen, wenn Röntgenstrahlen **aufgenommen** werden. Das passiert bei chemischen Elementen mit **hoher Ordnungszahl**, z.B. bei Kalzium (Ordnungszahl = 20) in den **Knochen**.

Organe lassen Röntgenstrahlen leichter durch und werden deshalb auf den Röntgenbildern in unterschiedlichen **Graustufen** dargestellt.

Um also z.B. Magen, Darm, Venen und Arterien am Röntgenbild besser sichtbar zu machen, werden verschiedene **Kontrastmittel** verwendet.

Abbildung 9: Infobox Röntgendiagnostik

Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, wurden auch hier wie schon in der Infobox auf Seite 1 wichtige Schlagwörter, welche die SchülerInnen mit

Röntgendiagnostik und Strahlentherapie in Verbindung bringen sollen, farblich markiert.

Um zu überprüfen, ob die zuvor dargestellten Informationen richtig aufgenommen wurden, werden anschließend zwei Fragen gestellt:

- Versuche zu beschreiben, wie die dunklen Stellen am Röntgenbild entstehen.
- Erkläre wie Organe und Venen auf Röntgenbildern besser sichtbar gemacht werden.

Diese zwei Fragen können zwar mit Hilfe der Informationen aus den Boxen beantwortet werden, jedoch nicht direkt aus diesen, da es nötig ist, das Gelesene in einen neuen Kontext zu stellen. Dies ist somit die erste Aufgabe, in welcher die Schülerinnen nicht reproduzieren müssen, sondern Verknüpfungen des bereits Erlernten selbstständig erarbeiten müssen.

Seite 5

Um die SchülerInnen mit Röntgenbildern vertraut zu machen, folgt eine Zuordnungsaufgabe, bei der man zu sieben Röntgenbildern ihr passendes Pendant finden soll. Beispielfhaft ist dies in Abbildung 10 zu sehen.

Die Art dieser Aufgabe wurde so gewählt, dass kein direktes Wissen abgefragt bzw. verlangt wird, sondern sie soll den SchülerInnen spielerisch einen kleinen Eindruck

darüber geben wie Röntgenbilder aussehen. Es wurde darauf geachtet möglichst einfache und eindeutige Bilder zu verwenden.



Jetzt hast du schon vieles über die Entstehung von Röntgenbildern erfahren. Versuche jeder Abbildung auf der linken Seite, das dazu passende Röntgenbild zuzuordnen!

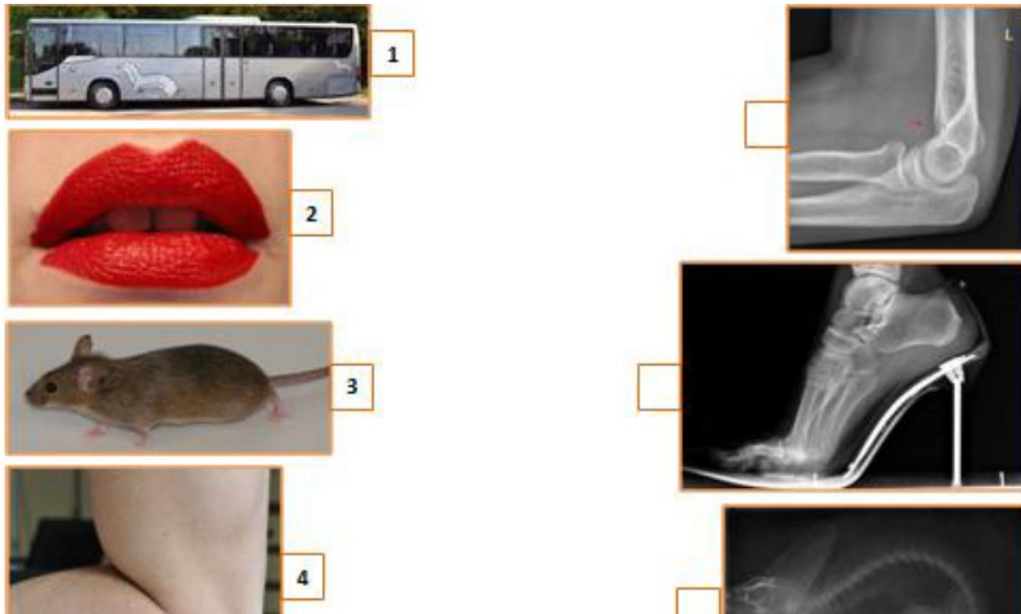


Abbildung 10: Auszug Zuordnungsaufgabe Röntgenbilder

Seite 6



Wie im Film gezeigt, ist der Schutz vor ionisierender Strahlung sehr wichtig. Informiere dich darüber in den folgenden Infoboxen.

Strahlenschutz

Ionisierende Strahlung schädigt das Gewebe **direkt in der DNA (DNS)** einer Zelle.

Da wir ständig von natürlicher und kosmischer Strahlung umgeben sind, hat der Körper **Reparaturmechanismen** gegen deren schädigende Wirkung entwickelt.

Da sich unser Körper nur in einem gewissen Rahmen selbst regenerieren kann, wurden Schutzmaßnahmen gegen ionisierende Strahlung entwickelt.

Bei einer Röntgenuntersuchung wird nicht zu untersuchendes, empfindliches Gewebe durch eine **Bleiabschirmung** (z.B. Bleischürze, Bleiverglasung) vor der ionisierenden Strahlung geschützt.

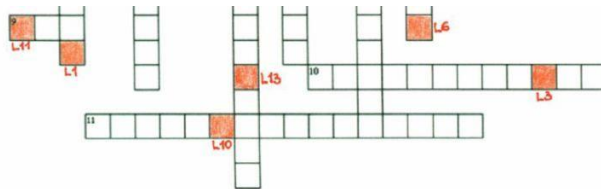
Das Element Blei (Pb) besitzt wegen seiner hohen Ordnungszahl und hoher Dichte eine sehr gute Aufnahmefähigkeit der Röntgenstrahlung. Es ist sehr kostengünstig und leicht zu verarbeiten.

Abbildung 11: Infobox Strahlenschutz

Dieser Teil des Arbeitsblattes dient dazu eine theoretische Grundlage zu Strahlenschutz, Strahlendosis und deren gesetzliche Regelung zu schaffen. Und zwar mit Hilfe kurzer Informationstexte in insgesamt drei Infoboxen über die drei zuvor erwähnten Themengebiete. Sie klären welche Schäden Röntgenstrahlung im

menschlichen Körper verursacht, wie man sich davor schützen kann und inwieweit die Strahlendosis gesetzlich geregelt ist. Auch wie in den Informationsboxen auf den Seiten zuvor werden wichtige Begriffe farblich hervorgehoben, wie in Abbildung 11 ersichtlich.

Seite 7



Waagrecht

7. Welche Vorgabe regelt die Grenzwerte für die Strahlenbelastung?
9. Was genau wird im Körper durch Röntgenstrahlung geschädigt?
10. Röntgenstrahlung ist eine ... Strahlung.
11. Nenne neben der Röntgendiagnostik noch ein Anwendungsgebiet der Röntgenstrahlung in der Medizin.

Senkrecht

1. Bei welcher medizinischen Untersuchung entsteht die höchste Strahlenbelastung?
2. Durch das Kontrastmittel können ... am Röntgenbild besser sichtbar gemacht werden.
3. Eines der Anwendungsgebiete von Röntgenstrahlen ist der ... im Flughafen.
4. Welches Material wird zur Abschirmung von Röntgenstrahlen verwendet?
5. Eine Eigenschaft der X-Strahlen ist ihre ...
6. Da Röntgenstrahlung ionisierend ist, kann sie Zellen ...
7. Röntgenstrahlen sind für das Auge nicht ...
8. Knochen erscheinen am Röntgenbild hell, weil sie die Röntgenstrahlen ...

Lösungswort:

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13

Abbildung 12: Kreuzworträtsel Auszug

Arbeitsblattes.

Diese Methode wurde gewählt, da mit Hilfe eines Kreuzworträtsels wichtige Begriffe hervorgehoben und noch einmal wiederholt werden können. Es dient somit als gute Zusammenfassung des gerade erworbenen Wissens und unterstreicht jene Wörter, welche mit Röntgenstrahlung in Verbindung gebracht werden sollen.

Tutor-Leitfaden

Der Tutor-Leitfaden wurde erstellt um den SchülerInnen der 12. Schulstufe eine Hilfestellung zu ihrem Tutoring mit den SchülerInnen der 8. Schulstufe zu bieten. Der Leitfaden soll sowohl als Gedächtnisstütze dienen, sowie durch die richtigen Lösungen und Tipps hilfreich beim Tutoring zu Seite stehen.

Der Leitfaden besteht aus den Lösungen zu den Aufgaben am Arbeitsblatt sowie verschiedenen Tipps. Die Tipps bestehen aus einer Anleitung, was die

Auf der letzten Seite wurde ein Kreuzworträtsel (teilweise abgebildet in Abbildung 12) platziert um die wichtigsten Begriffe zur Röntgenstrahlung zu festigen. Das Rätsel kann mittels Lösungswort kontrolliert werden. Je nachdem wie gut der/die SchülerIn ist, ist es möglich das Kreuzworträtsel ohne Hilfe zu lösen oder aber auch entweder mit Hilfe des Tutors oder mit Hilfe des vorhergehenden Teils des

Tutoren/TutorInnen zu tun haben, sowie möglichen Fragen der Tutees (natürlich auch deren Antworten) und hilfreichen Fragestellungen, mit denen den Schützlingen geholfen werden kann, sollten diese bei einer Aufgabe nicht weiterkommen.

Der im Querformat erstellte Leitfaden bietet auf der linken Seite die passenden Hilfestellungen zum Arbeitsblatt und auf der rechten Seite dessen Lösungen. Um eine Abgrenzung zum Arbeitsblatt und dessen Lösungen zu schaffen wurde der Teil mit den Tipps und Hilfestellungen in einer anderen Farbe gehalten.

Auf **Seite 1**, welche auch als Deckblatt des Heftes dient wird zunächst erklärt, was sich im Tutor-Leitfaden alles befindet und wie er zu handhaben ist. Außerdem werden folgende Tipps für ein erfolgreiches Peer-Tutoring zur Verfügung gestellt:

- Sei geduldig mit deinem Tutee!
- Hilf so, dass er möglichst viel selbst macht und überlegt.
- Lasse deinem Tutee genügend Zeit zum Überlegen!
- Hilf nur, wenn Hilfe gebraucht wird.
- Lass ihn ausreden!
- Erkundige dich, ob er die Inhalte verstanden hat.

Außerdem werden noch verschiedene Hilfssätze mit auf den Weg gegeben:

- Probiere es doch einmal aus.
- Versuche es doch noch mal anders.
- Was steht denn im Text?
- Erinnere dich an ...
- Denk mal an ...

Auf der **Seite 3**, wird darauf hingewiesen, dass niemand alles beantworten kann und sie so auch nicht auf jede Frage des Tutees eine Antwort parat haben müssen. Außerdem werden unter anderem auch mögliche Schwierigkeiten der Tutees und deren Erklärung aufgelistet, wie zum Beispiel die Wellenlänge.

Auf **Seite 5**, welche dem Lückentext gegenübersteht, wird deutlich betont, dass die Tutees selbst überlegen sollen, und ihnen mit Hilfe des Kärtchens mit den Lösungswörtern geholfen werden kann, dieses aber danach sofort wieder weggelegt werden soll um für das nächste Wort kein Schummeln zu ermöglichen.

Seite 7 beinhaltet unter anderem auch mögliche Synonyme für die verschiedenen Anwendungsgebiete, zum Beispiel für Werkstoffprüfung: Werkstoffüberprüfung, Qualitäts(über)prüfung, Material(über)prüfung, Werkstoffanalyse, Materialanalyse. Und die TutorInnen werden darauf hingewiesen, sich nicht auf eine bestimmte Begriffsnennung zu versteifen, sondern eben einen der gleichbedeutenden Begriffe auch als richtig gelten zu lassen.

Für die Infoboxen über die Röntgendiagnostik und Strahlentherapie werden den TutorInnen auf **Seite 9** mögliche Schwierigkeiten und deren Antworten als Hilfestellung angeboten. Zum Beispiel wird der Begriff der Ordnungszahl = Anzahl der Protonen eines chemischen Elements, erklärt.

Um das Bilderrätsel gut betreuen zu können, wird ihnen unter anderem auf **Seite 11** geraten, dass Rätsel zuerst vollständig von den Tutees ausfüllen zu lassen und erst dann die Antworten gemeinsam mit ihnen durchzugehen.

Auf **Seite 13** wird geraten, dass die Tutees zunächst die Texte über Strahlenschutz, Einheit der Strahlendosis und gesetzliche Regelung durchlesen zu lassen und erst danach sollen die TutorInnen sich erkundigen, ob der Inhalt richtig verstanden wurde. Außerdem werden wieder mögliche Verständnisschwierigkeiten aufgelistet und kurz beantwortet.

Auf der **letzten Seite** wird ebenfalls geraten zunächst die Tutees alleine arbeiten zu lassen, wobei diese auch im vorherigen Arbeitsblatt nachsehen können, ob sie die richtige Antwort finden können. Erst dann sollen die TutorInnen eingreifen und mit hilfreichen Fragen, wie „Welches Wort hat dieselbe Bedeutung?“ oder „Wie viele Buchstaben muss das Wort haben?“ helfen.

Vortrag Strahlung allgemein

Mit einem Vortrag direkt vor der Unterrichtsinervention zur Röntgenstrahlung wurden den SchülerInnen allgemeine Grundlagen über Strahlung nähergebracht. Der Vortrag, welcher ungefähr zehn Minuten dauerte, wurde von fünf Studierenden⁵ gehalten, die dann darauffolgend ebenfalls ein Mentoring leiteten. Ein Studierender sprach über die allgemeinen Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung und Licht und zu den anderen Strahlungsarten (Mikrowellen, Infrarot, Ultraviolett und Röntgen) trugen jeweils ein Student/eine Studentin die wichtigsten Eigenschaften vor.

Im Vortrag wird zunächst geklärt, was elektromagnetische Strahlung ist und wie sie sich ausbreitet. Außerdem wird der Begriff der Wellenlänge und somit das Spektrum und die verschiedenen Strahlungsarten erklärt. Verdeutlicht wird dies mit einem Experiment, indem ein Prisma, welches das sichtbare Licht in seine Spektralfarben aufteilt, ins Licht gehalten wird.

Um einen allgemeinen Überblick über elektromagnetische Strahlung zu schaffen, wurden ein Handout und ein Plakat zusammengestellt, welches die wichtigsten Eigenschaften aufzählt. Am Handout wurde eine Grafik, zusehen in Abbildung 13, abgedruckt und wichtiges zusammengefasst:

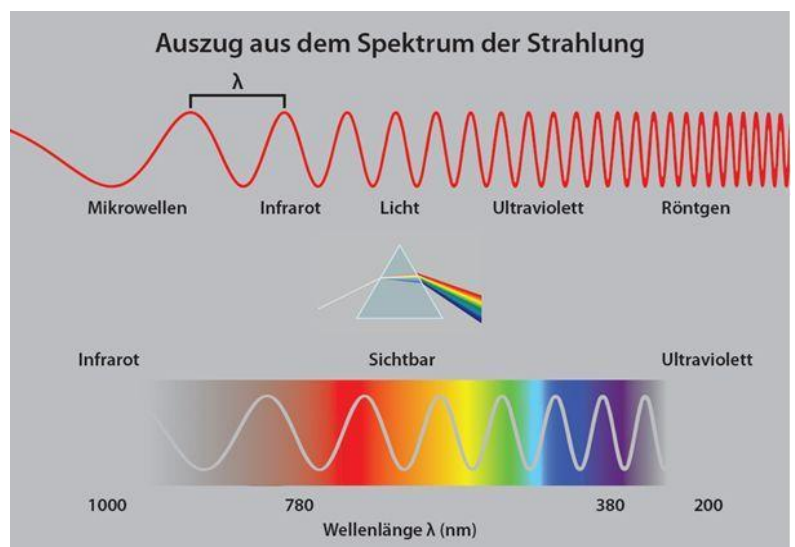


Abbildung 13: Grafik Handout

- Jeder Körper gibt Strahlung ab.
- Strahlung ist überall.
- Strahlung ist die Ausbreitung von Wellen mit Lichtgeschwindigkeit.
- Ein Merkmal der Strahlung ist die Wellenlänge.

⁵ Aus dem Projektpraktikum Strahlung - Vorbereitung und Durchführung eines Projekts zum Thema "Strahlung" in Schulen, geleitet von Mag. Thomas Plotz, Wintersemester 2014, Universität Wien

- Durch die Wellenlänge werden verschiedene Strahlungsarten unterschieden. Beispielsweise: Mikrowellen, Infrarot, sichtbares Licht, Ultraviolett-Strahlung, Röntgenstrahlung
- Das Spektrum ist eine Übersichtskarte für die Strahlungsarten.
- Das Prisma spaltet das sichtbare Licht in seine Spektralfarben auf.

6 Forschungsergebnisse

Dieses Kapitel widmet sich der Forschungsarbeit. Zunächst wird die Methodik geklärt, wie die Forschung durchgeführt wurde und die Ergebnisse ausgewertet wurden. Anschließend werden die daraus resultierenden Ergebnisse dokumentiert.

6.1 Methodik

Die Unterrichtsintervention wurde an vier Bundesrealgymnasien in Wien durchgeführt. Der Wissensstand und die Vorstellungen der SchülerInnen der 12. Schulstufe wurden insgesamt drei Mal durch denselben Evaluationsbogen abgefragt. Zunächst wurde vor der Unterrichtssequenz eine Präevaluation durchgeführt. Dann wurde direkt, nachdem die Maturantinnen selbst TutorInnen waren, die Zwischenevaluation durchgeführt. Die Postevaluation erfolgte nach drei Wochen.

Es wurden gesamt ungefähr 60 SchülerInnen befragt, davon wurde an zirka 29 SchülerInnen die Unterrichtsintervention zum Thema Röntgenstrahlung erprobt. Die restliche Anzahl diente als Kontrollgruppe und wurde ebenfalls mit Hilfe von Cross-Age Peer Tutoring mit einer anderen Strahlungsart (Mikrowelle, UV-Strahlung, Infrarot-Strahlung) vertraut gemacht. Die Kontrollgruppe wurde nur zwei Mal während der Prä- und Postevaluation befragt. Aufgrund von vielen Krankheitsfällen der SchülerInnen, musste, um einen qualitativ aussagekräftigen Datensatz zu erhalten, die Schüleranzahl reduziert werden. Dadurch bestanden letztlich die Interventionsgruppe aus 18 SchülerInnen und die Kontrollgruppe aus 24. So konnte gewährleistet werden, dass die für die Auswertung relevanten Daten von SchülerInnen stammten, die alle Phasen ihrer jeweiligen Gruppe von Befragung und Intervention durchlaufen haben.

Um die Entwicklung während der Intervention nachvollziehen zu können und dennoch die Privatsphäre der SchülerInnen zu schützen, wurden die Fragebögen jeweils mit einem Code versehen.

6.1.1 Evaluationsbogen

Der Evaluationsbogen setzte sich aus einem zweiseitigen Fragebogen über Röntgenstrahlung und einem ebenfalls zweiseitigen Fragebogen einer anderen Strahlungsart (Mikrowelle, UV-Strahlung oder Infrarot-Strahlung) zusammen. Die Reihenfolge der Fragebögen variierte. Auf dem Deckblatt wurde der Schülercode und das Geschlecht vermerkt. Die SchülerInnen hatten zwischen 10 und 15 Minuten Zeit um den Fragebogen auszufüllen.

Die Forschungsfragen lassen sich in drei Kategorien einteilen. Zu ersten Kategorie zählen die beiden ersten Fragen, sie sollen den allgemeinen Zustand abfragen, inwieweit die SchülerInnen mit dem Begriff Röntgenstrahlung bzw. mit Röntgenstrahlen selbst schon in Kontakt gekommen sind. Die zweite Kategorie zählen jene Fragen, in denen Fachwissen abgefragt wird, dazu zählen die Fragen 5, 6, 7 und 9. Diese Fragen zielen darauf ab, ob und wie sich aufgrund der Unterrichtsmethode CAPT Faktenwissen von den SchülerInnen gemerkt wird. Die letzte Kategorie bilden jene Fragen, in denen nicht nur das Wissen der SchülerInnen abgefragt wird, sondern auch ihre Vorstellungen und Einschätzungen zum Thema. Hierzu zählen die Fragen 3, 4, 8, 10 und 11. Aufgrund der offenen Fragestellungen und der Forderung nach einer Begründung haben die SchülerInnen die Möglichkeit ihr Wissen mit eigenen Worten zu formulieren, wodurch sich womöglich Fehlvorstellungen herauskristallisieren.

Im Folgenden werden alle Fragen des Fragebogens aufgeführt und begründet wieso diese Fragenstellung und Antwortmöglichkeit gewählt wurde.

Frage 1

Ist dir der Begriff „Röntgenstrahlung“ bekannt?

Frage 2

Wurdest du schon einmal geröntgt?

Bei Frage 1 und Frage 2 konnten die SchülerInnen entweder Ja oder Nein ankreuzen. Sie wurden gewählt, um abschätzen zu können inwieweit die Maturantinnen schon mit der Strahlungsart in Berührung gekommen sind.

Frage 3

Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung?

- a) sichtbar, nicht sichtbar, weiß nicht*
- b) ionisierend, nicht ionisierend, weiß nicht*
- c) gefährlich, nicht gefährlich, weiß nicht*
- d) Welle, Teilchen und beides*

Diese Frage soll das Wissen über die Eigenschaften von Röntgenstrahlung abfragen. Jedoch wird mit der Frage über die Gefährlichkeit auch abgefragt, wie sie SchülerInnen die Strahlung einschätzen und welche Vorstellung sie davon haben.

Frage 4

Knochen erscheinen im Röntgenbild hell. Versuche dies zu erklären.

Für diese Frage wurden fünf Zeilen zur Beantwortung zur Verfügung gestellt. Aufgrund der offenen Fragestellung wurde nicht nur Wissen abgefragt, sondern vielmehr die Vorstellung über Röntgenstrahlung. In dieser Frage kommt zum ersten Mal ein medizinischer Aspekt zum Tragen. Da dies in der Unterrichtsintervention direkt behandelt wird, ist die Beantwortung dieser Frage in den verschiedenen Phasen der Evaluation interessant zu beobachten.

Frage 5

Nenne die physikalische Einheit der Strahlendosis.

Frage 6

Wer hat die Röntgenstrahlung entdeckt?

Frage 7

Wie wird die Röntgenstrahlung noch bezeichnet?

Die Fragen 5 bis 7 dienen zur Überprüfung des Faktenwissens. Es wurden keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben, sondern Zeilen zur Beantwortung geschaffen.

Frage 8

Versuche die Entstehung von Röntgenstrahlung zu erklären.

Die Antwort zu dieser Frage wurde als richtig gewertet, wenn die Entstehung grob beschrieben wurde. Eine vollständige und korrekte Erklärung war nicht erforderlich, da die Frage eher dazu dienen sollte die vorhandenen Vorstellungen abzufragen, als das explizite Wissen der SchülerInnen.

Frage 9

Welche Anwendungsbereiche für Röntgenstrahlung kennst du?

Hier soll überprüft werden, wie viel die SchülerInnen bereits wissen oder durch die Unterrichtsintervention im Gedächtnis behalten haben.

Frage 10

Wie schätzt du Röntgenstrahlung ein? Begründe!

unbedenklich – etwas bedenklich – gefährlich – sehr gefährlich

Frage 11

Gib an, wie sich Röntgenstrahlung abschirmen lässt. Begründe!

sehr leicht – leicht – aufwendig – sehr aufwendig

Die letzten beiden Fragen zielen direkt auf die Einschätzung und auf das Verständnis seitens der SchülerInnen ab. Nach der Datenauswertung kann man dann erkennen, in welchem Ausmaß die SchülerInnen für die Gefahr von ionisierender Strahlung sensibilisiert werden konnten.

6.1.2 Datenauswertung

Die Daten wurden in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und in dieser ausgewertet. Zunächst wurde eine quantitative Analyse gemacht, das bedeutet, es

wurden jegliche Antworten abgezählt, also wie viele kreuzten zum Beispiel bei Frage 1 ja oder nein an oder machten gar keine Angabe. Bei den offenen Fragen wurde gezählt, ob eine Antwort gegeben wurde oder nicht.

Anschließend wurde für alle offenen Fragen eine Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) durchgeführt. So wurden Kategorien für die Antworten bestimmt und diese danach quantitativ ausgewertet. Für die qualitative Inhaltsanalyse beträgt die Interrater-Reliabilität der getroffenen Kategorien 0,93. Diese begründet sich auf die Kodierung der Mitstudierenden des Projektpraktikums⁶.

6.2 Forschungsergebnisse

Im Folgenden werden zu jeder Fragenstellung die Ergebnisse dargelegt und mittels Diagrammen übersichtlich aufgezeigt.

Frage 1

Ist dir der Begriff „Röntgenstrahlung“ bekannt?

Allen 18 SchülerInnen der Interventionsgruppe sowie allen 24 SchülerInnen der Kontrollgruppe war der Begriff der Röntgenstrahlung in allen drei Phasen der Evaluation bekannt.

Frage 2

Wurdest du schon einmal geröntgt?

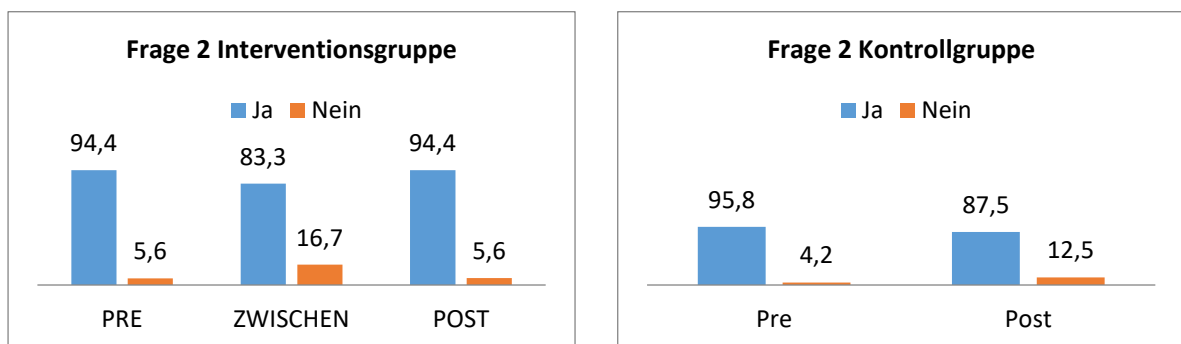


Diagramm 1: Frage 2 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

⁶ Projektpraktikum Strahlung - Vorbereitung und Durchführung eines Projekts zum Thema "Strahlung" in Schulen, geleitet von Mag. Thomas Plotz, Wintersemester 2014, Universität Wien

Die Entwicklung dieser Antworten während der Unterrichtsintervention ist sehr interessant zu beobachten. Zunächst geben 94,4% der Interventionsgruppe an, schon einmal geröntgt worden zu sein. In der Zwischenevaluation sinkt dieser Wert auf 83,3%. Am Ende der Unterrichtsintervention verändert sich der Wert erneut und geht auf seine Ausgangsposition zurück. Noch interessanter zu beobachten ist, dass sich auch in der Kontrollgruppe die Prozentzahl verändert. Auch hier geben zunächst 95,8% der SchülerInnen an, schon einmal geröntgt worden zu sein. In der Postevaluation sind es jedoch nur mehr 87,5%.

Woher kommt diese Umentscheidung? Kommen die Personen durch die Unterrichtsintervention auf den Gedanken, dass sie doch noch nicht geröntgt wurden? Aber wieso kommt dann drei Wochen später wieder der Umschwung? Eventuell haben die SchülerInnen diese Frage nicht sehr ernst genommen. Um eine Antwort auf diese Entwicklung zu finden, wäre ein Gespräch mit den jeweiligen Probanden von Vorteil gewesen, um genauer hinterfragen zu können, woher dieser Umschwung kommt. Dies ließ jedoch unter anderem der zeitliche Rahmen nicht zu.

Frage 3a

Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung?

sichtbar – nicht sichtbar – weiß nicht

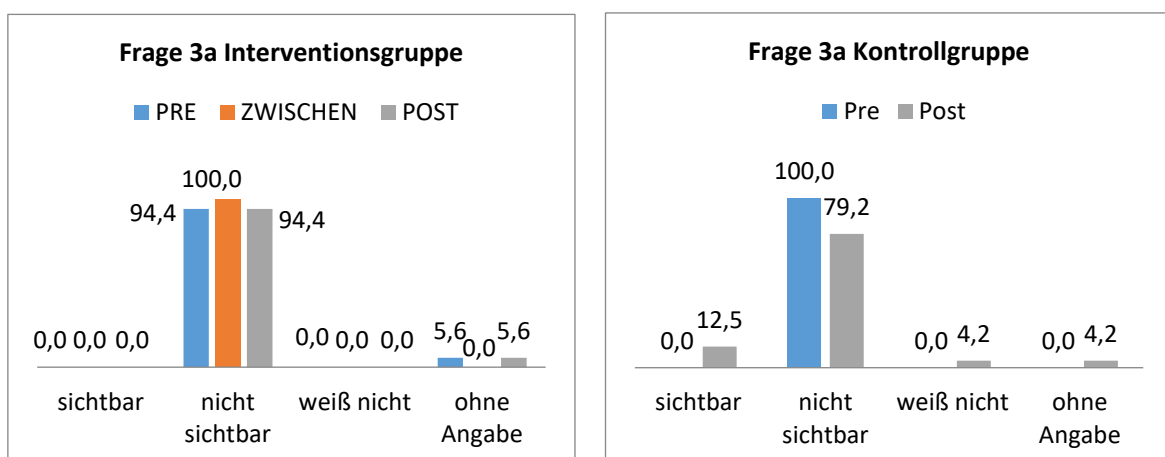


Diagramm 2: Frage 3a Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Nachdem die MaturantInnen selbst Tutor waren, beantworteten alle die Frage, ob Röntgenstrahlung sichtbar ist, richtig. Dieser Wert fällt jedoch wieder bei der dritten Evaluation sogar bis zum Anfangswert zurück.

Auch die SchülerInnen der Kontrollgruppe hatten den Vortrag über die allgemeinen Eigenschaften der Strahlung gehört und hatten ebenfalls eine Unterrichtsintervention von einer der anderen Strahlungsarten hinter sich. Beantworten die SchülerInnen in der Präevaluation die Frage geschlossen richtig, verteilen sich die Antworten annähernd gleichmäßig in der Postevaluation.

Frage 3b

Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung?

Ionisierend – nicht ionisierend – weiß nicht

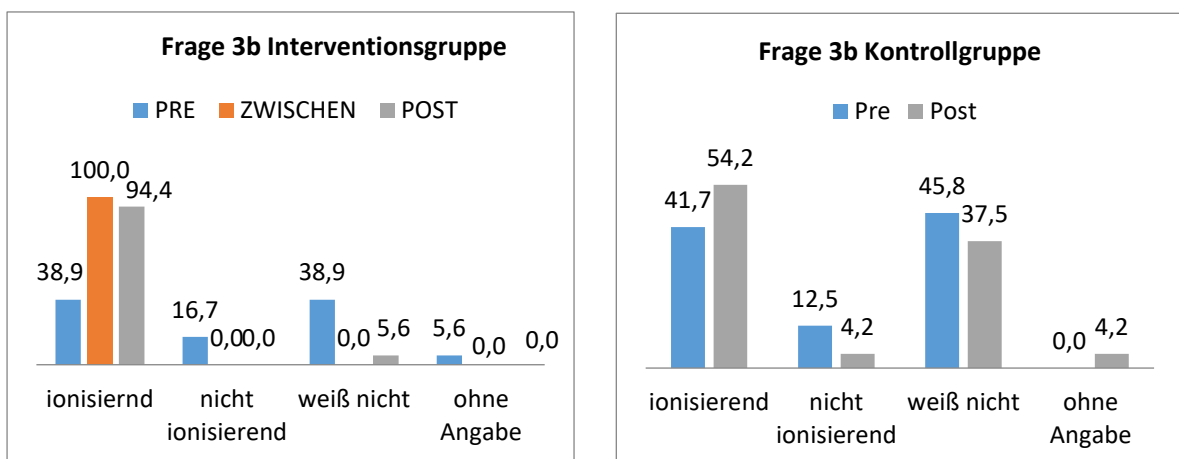


Diagramm 3: Frage 3b Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Bei Frage 3b zeichnet sich eine positive Entwicklung während der Unterrichtsintervention ab. Geben in der Präevaluation nur 38,9% an, dass die Strahlung ionisierend sei, steigert sich dieser Wert auf 100% und fällt in der Postevaluation nur um 5,6 Prozentpunkte, die auf die Antwort „weiß nicht“ entfallen. Außerdem gibt die Interventionsgruppe in der dritten Testphase keine falsche Antwort, sondern weicht auf die Möglichkeit von „weiß nicht“ aus.

Bei der Kontrollgruppe ist ebenfalls zwischen Prä- und Postevaluation eine positive Entwicklung zu vermerken. Der Anteil der SchülerInnen, welche Röntgenstrahlung als ionisierend benennen, steigert sich von 41,7% auf 54,2%. Die Zahl der Antworten für „nicht ionisierend“ fällt in der Postevaluation sogar um mehr als die Hälfte. Jedoch

steigert sich die Anzahl der SchülerInnen welche keine Angabe machen von 0% auf 4,2 Prozentpunkte.

Frage 3c

Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung?
gefährlich – nicht gefährlich – weiß nicht

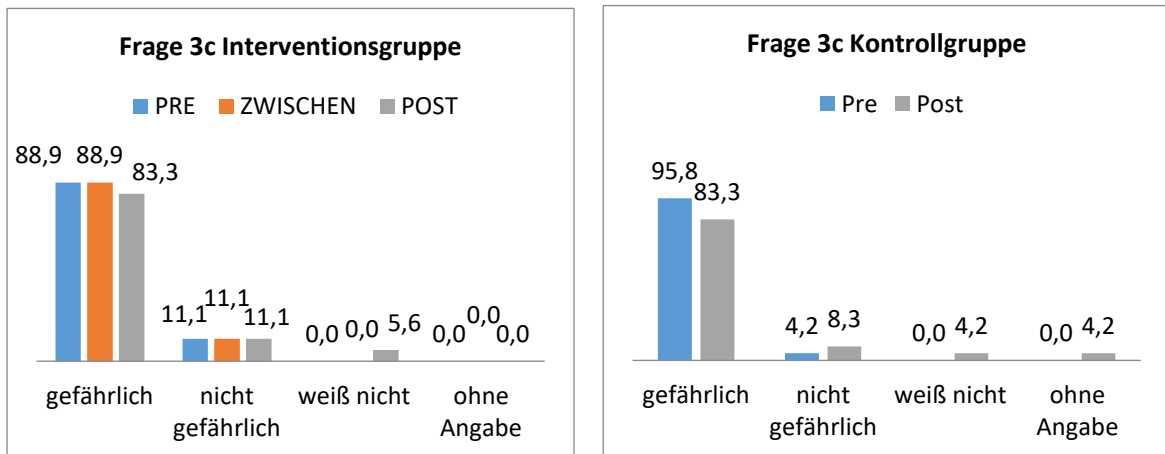


Diagramm 4: Frage 3c Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Die Einschätzung, ob Röntgenstrahlung gefährlich sei oder nicht, veränderte sich im Laufe der Intervention kaum. Interventions- und Kontrollgruppe erreichen hier das gleiche Ergebnis. 83,3% sehen in beiden Gruppen in der Postevaluation Röntgenstrahlung als gefährlich an.

Frage 3d

Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung?
Welle – Teilchen – beides

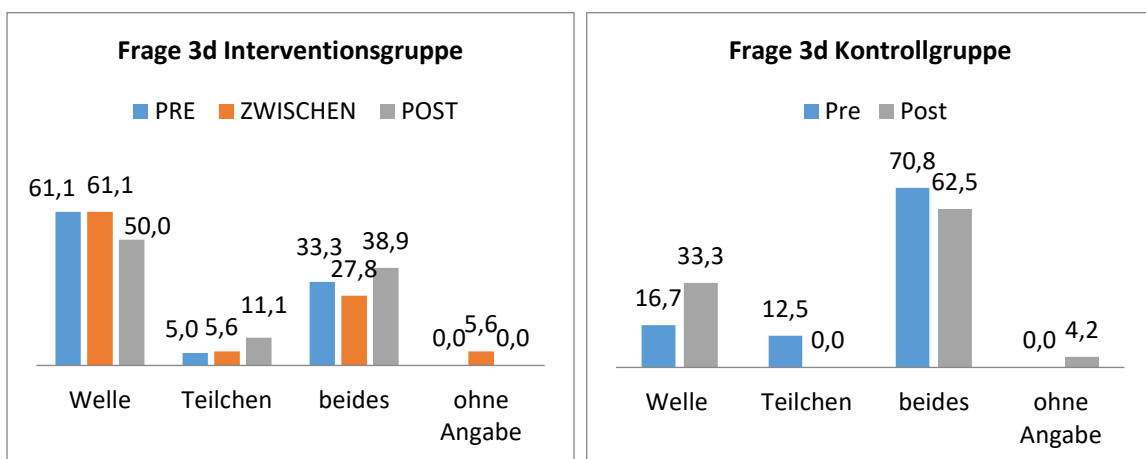


Diagramm 5: Frage 3d Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Die Streuung der Antworten zur Frage, ob Röntgenstrahlung eine Welle oder aus Teilchen besteht oder gar beides, bleibt während der gesamten Evaluation sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe, annähernd konstant. Auffällig ist, dass sich die Antworten der Interventionsgruppe hauptsächlich zwischen „Welle“ und „beides“ aufteilt, wohingegen die Kontrollgruppe ihren Schwerpunkt in der Prä-, und Postevaluation auf der Antwort „beides“ hat. Außerdem ist es interessant zu beobachten, dass in der Kontrollgruppe das Teilchenbild in der Präevaluation von 12,5% gewählt wurde, jedoch in der Postevaluation vollständig verschwindet.

Frage 4

Knochen erscheinen im Röntgenbild hell. Versuche dies zu erklären.

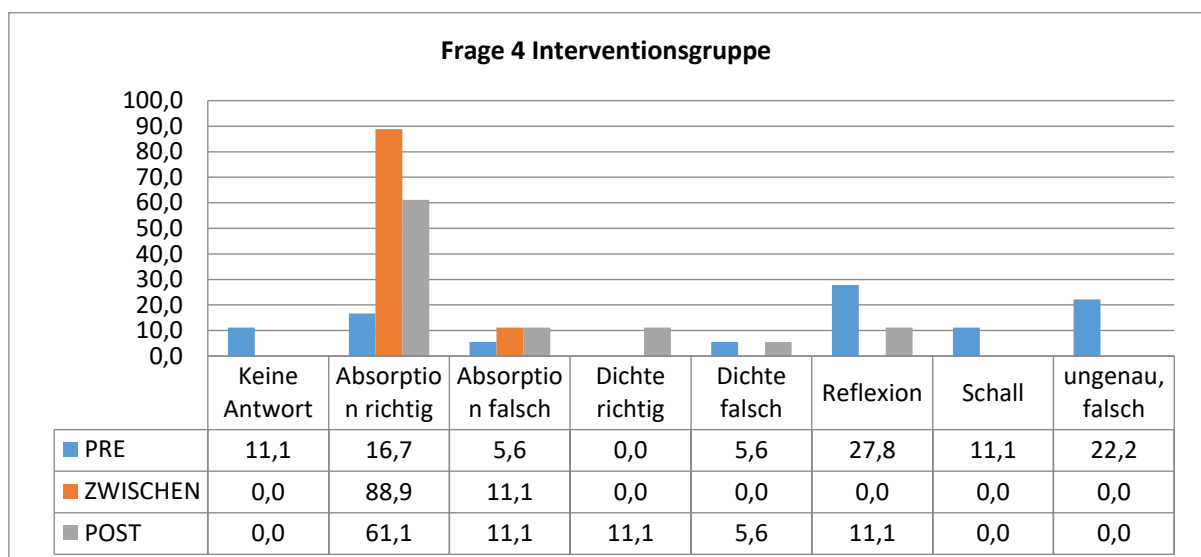


Diagramm 6: Frage 4 Interventionsgruppe

Bei dieser Frage wurde erstmalig auch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) angewendet. Die SchülerInnen mussten versuchen zu beschreiben, warum Knochen am Röntgenbild hell dargestellt werden. Die Antworten wurden in insgesamt acht Kategorien unterteilt.

- Keine Antwort
- Absorption richtig:

Jene Antworten, die die Absorption korrekt beschrieben hatten, wurden hier eingeordnet.

Zum Beispiel: „Knochen absorbieren Röntgenstrahlung, auf die Fotoplatte trifft an diesen Stellen dann keine Strahlung.“

- Absorption falsch:
Jene Antworten, die das Prinzip der Absorption zwar erfasst, aber falsch oder ungenau beschrieben hatten, wurden dieser Kategorie zugeordnet.
Zum Beispiel: *„Knochen absorbieren weniger aufgrund der hohen Dichte“*
- Dichte richtig:
Hier diente die Dichte als Argument.
Zum Beispiel: *„Dichte des Körpers bestimmt, welche Helligkeit vorliegt.“*
- Dichte falsch:
Zwar fand die Dichte in der Ausführung ihren Platz, die Argumentation jedoch war falsch.
Zum Beispiel: *„Gewebe ist dichter => erscheint dunkler“*
- Reflexion:
In diese Kategorie fielen Antworten, die besagen, dass Knochen Strahlung reflektieren würden und deshalb hell erscheinen.
Zum Beispiel: *„Knochen reflektieren Strahlung besser als Gewebe.“*
- Schall:
Wenn angeführt wurde, dass durch die Eigenschaften des Schalls Knochen hell erscheinen, wurde die Antwort dieser Kategorie zugeordnet.
Zum Beispiel: *„Vermutlich können Röntgenstrahlen durch nicht vollständig festes Gewebe hindurch, jedoch nicht durch komplett solides Material daher wird sie reflektiert und aufgezeichnet oder Resonanz?“*
- Ungenau, Falsch
Jene Antworten, die unvollständig, ungenau oder falsch waren, wurden hier eingeordnet.

Vor der Unterrichtsintervention ist in der Auswertung der Daten eine weite Streuung zu beobachten. In der Zwischenevaluation wird die Erklärung der Absorption sehr gut angenommen (88,9%) und die Vorstellung der Reflexion vollständig abgelegt. Drei Wochen nach der Beschäftigung mit dem Thema wird die Reflexion wieder von 11,1% als Argument verwendet. Jedoch behalten mehr als die Hälfte (61,1%) den die richtige Vorstellung der Absorption bei.

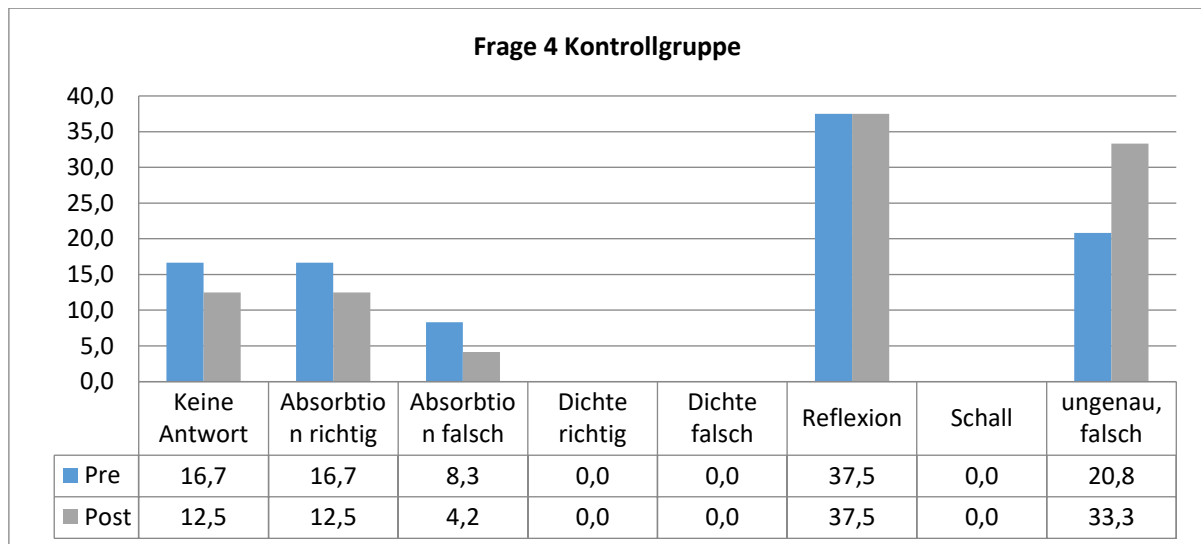


Diagramm 7: Frage 4 Kontrollgruppe

In der Prä- und Postevaluation liegt der Anteil derjenigen, die mit Reflexion argumentieren, konstant bei 37,5%. In dieser Gruppe findet der Gedanke der Dichte keine Anwendung, der der Absorption wurde von 16,7% in der Präevaluation richtig verwendet. Dieser Wert sinkt jedoch auf 12,5% in der Postevaluation.

Aus den Antworten der SchülerInnen lässt sich eine mögliche Schülervorstellung über Röntgenstrahlung ableiten. Begründungen wie „Knochen reflektieren Strahlung besser als Gewebe“ und „weil am Knochen die Röntgenstrahlung reflektiert wird, das restliche Gewebe nimmt besagte Strahlungen jedoch auf“ lassen darauf schließen, dass die MaturantInnen sich ein Modell der Reflexion aneignen, um die Frage beantworten zu können. Dies könnte am Begriff Strahlung selbst liegen, der eine Ableitung von Lichtstrahlen und deren Reflexion als schlüssig erscheinen lässt. Dieser Fragestellung wieso SchülerInnen sich auf die Reflexion berufen, geht Frau Müllauer in ihrer Diplomarbeit „Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II“ nach.

Frage 5

Nenne die physikalische Einheit der Strahlendosis

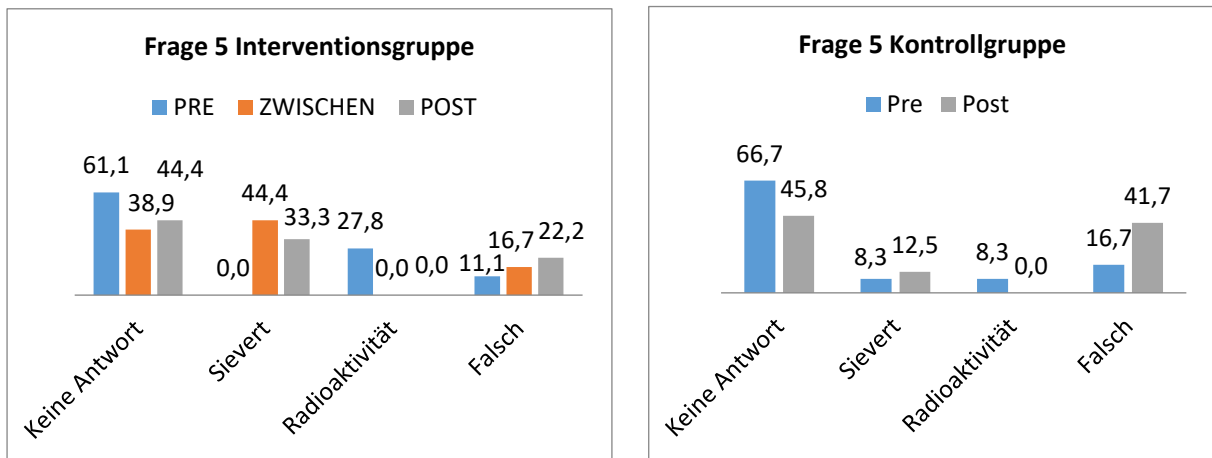


Diagramm 8: Frage 5 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Auch diese Frage wurde einer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) unterzogen. Die Antworten wurden in vier Kategorien unterteilt:

- Keine Antwort
- Sievert
Hier muss erwähnt werden, dass nicht auf die korrekte Schreibweise, sondern eher auf die Klangform des Geschriebenen geachtet wurde.
Zum Beispiel: „Siwat“ oder „Sivert“
- Radioaktivität
Alle Einheiten, welche mit Radioaktivität in Verbindung gebracht werden können, wurden in diese Kategorie eingeordnet.
Zum Beispiel: „Geiger“ oder „Bequerel“
- Falsch
Zum Beispiel: „Lambda“

Bei dieser Frage lässt sich beobachten, dass die Röntgenstrahlung die Verbindung mit Radioaktivität während der Unterrichtsintervention in der Interventions- als auch Kontrollgruppe verliert. Positiv vermerkt werden kann, dass die richtige Antwort um 33 Prozentpunkte in der Interventionsgruppe zulegen konnte.

Frage 6

Wer hat die Röntgenstrahlung entdeckt?

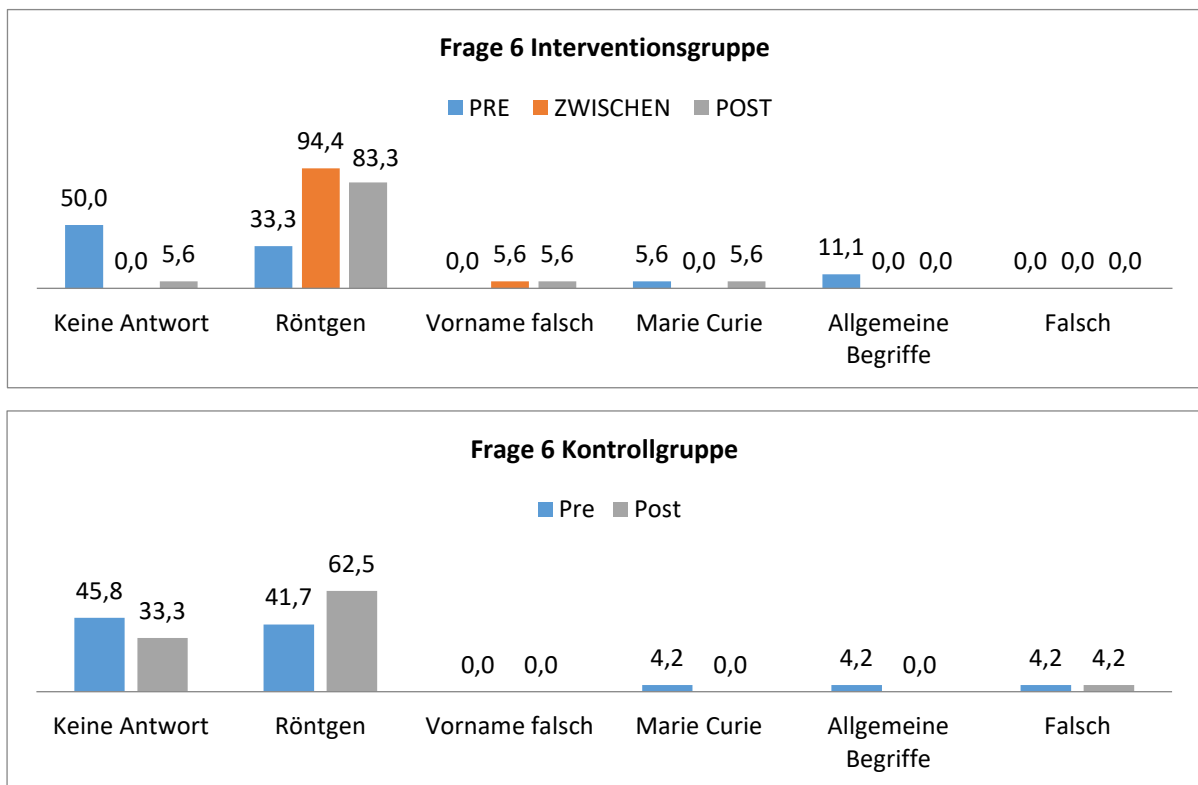


Diagramm 9: Frage 6 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Bei dieser Frage wurden die Kategorien wie folgt gewählt:

- Keine Antwort
- Röntgen:
Der korrekte und vollständige Name wurde genannt, oder nur der richtige Nachname.
- Vorname falsch:
Zwar wurde Röntgen richtig genannt, jedoch ein falscher Vorname angegeben.
- Marie Curie
- Allgemeine Begriffe
Begriffe, die zwar zur Röntgenstrahlung gehören, jedoch nicht den Entdecker nennen.
Zum Beispiel: „Wissenschaftler“ oder „ein Arzt“
- Falsch

Wie bei der vorigen Frage ist auch hier die Verbindung sichtbar, die Schülerinnen zwischen Röntgenstrahlung und Radioaktivität herstellen. Trotz Unterrichtsintervention bleibt der Gedanke, dass Marie Curie die Entdeckerin der Röntgenstrahlung sei, in der Postevaluation bestehen, obwohl diese Schülervorstellung in der Zwischenevaluation nicht mehr vorhanden war. Wie erwartet steigt die richtige Antwort von 33,3% auf 94,4% in der Zwischenevaluation an, dieser Wert sinkt jedoch wieder auf 83,3%. In der Kontrollgruppe geben erst 41,7% und dann 62,5% die richtige Antwort. Die Nennung von Marie Curie als Entdeckerin schwindet vollständig.

Frage 7

Wie wird die Röntgenstrahlung noch bezeichnet?

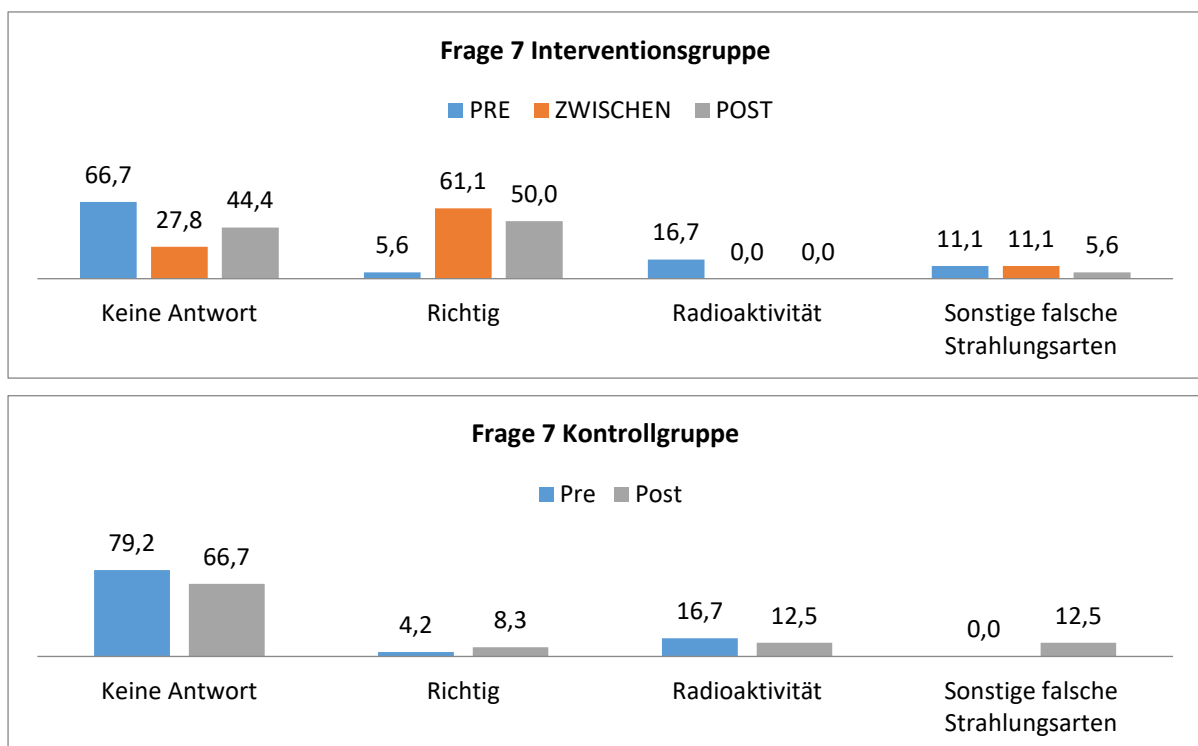


Diagramm 10: Frage 7 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe

Bei dieser Frage wurde auf den Begriff X-Ray(s) abgezielt, der im Film und im Arbeitsblatt erwähnt wird. Auch diese Frage wurde mit Hilfe der Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet. Auffallend oft wurde keine Antwort gegeben, die Verbindung zur Radioaktivität verschwindet nur in der Interventionsgruppe ab der Präevaluation.

Frage 8

Versuche die Entstehung von Röntgenstrahlung zu erklären.

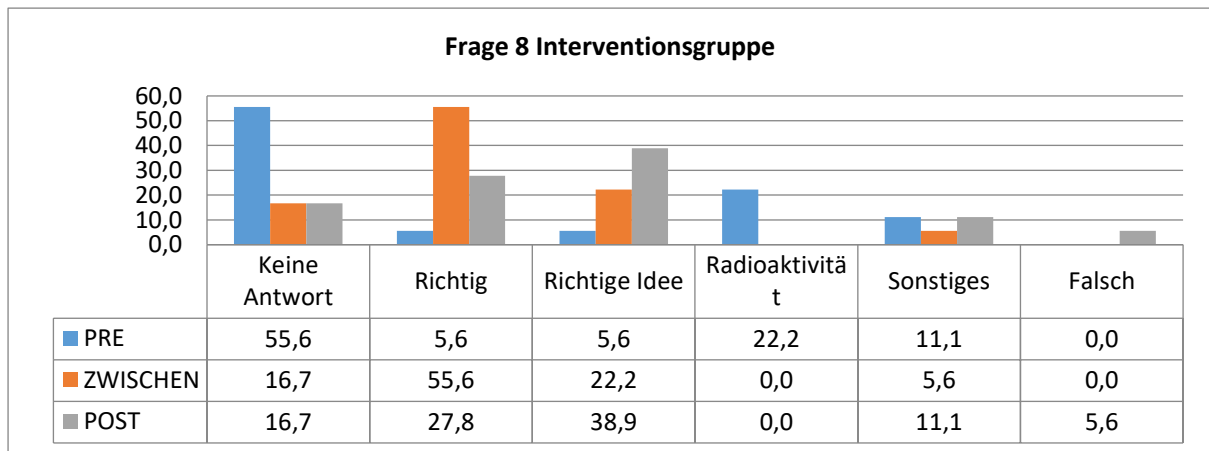


Diagramm 11: Frage 8 Interventionsgruppe

Die Antworten wurden in insgesamt sechs Kategorien eingeteilt und somit ebenfalls nach der Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet:

- Keine Antwort

- Richtig

Zum Beispiel: *„Elektronen werden im Vakuum von einem Pol zum anderen transportiert, vor Auftreffen abgeleitet, wegen hoher Geschwindigkeit entsteht Strahlung“*

- Richtige Idee

Die Idee an sich war zwar korrekt, sie wurde aber nicht vollständig oder nicht richtig ausgeführt oder beschrieben.

Zum Beispiel: *„eine Röhre (Vakuum) werden Teilchen so schnell bewegt, dass sie eine Wellenlänge erreichen > Röntgenstrahlung“*

- Radioaktivität

Antworten, die auf einen Zusammenhang mit Radioaktivität schließen ließen, wurden dieser Kategorie zugeordnet.

Zum Beispiel: *„Ist eine Strahlung eines instabilen Atomkerns“*

- Sonstiges

Begriffe, die zwar zur Röntgenstrahlung zu zuordnen waren, jedoch nicht mit der Fragestellung in Bezug standen, wurden hier eingeordnet.

Zum Beispiel: *„Röntgen hat die Röntgenstrahlung zufällig gefunden.“*

- Falsch

In der ersten Testphase wird von 55,6% der SchülerInnen auf eine Antwort verzichtet, in der Zwischen- und Postevaluation sind es nur noch 16,7%.

Positiv zu vermerken ist, dass direkt nach dem Tutoring der Anteil der richtigen Antworten bei 55,6% liegt. In der Postevaluation sinkt dieser Wert zwar auf 27,8%, ergänzt sich jedoch mit der Kategorie „richtige Idee“ mit 38,8% auf insgesamt 66,6%. Eines der Unterrichtsziele wird damit als erfüllt angesehen, da mehr als 50% der SchülerInnen zumindest die Idee der Röntgenstrahlung verinnerlicht und korrekt wiedergegeben haben.

Die Schülervorstellung der Radioaktivität nimmt hier zwar mit 22,2% einen gewissen Anteil, sie verschwindet jedoch ab der Zwischenevaluation vollständig.

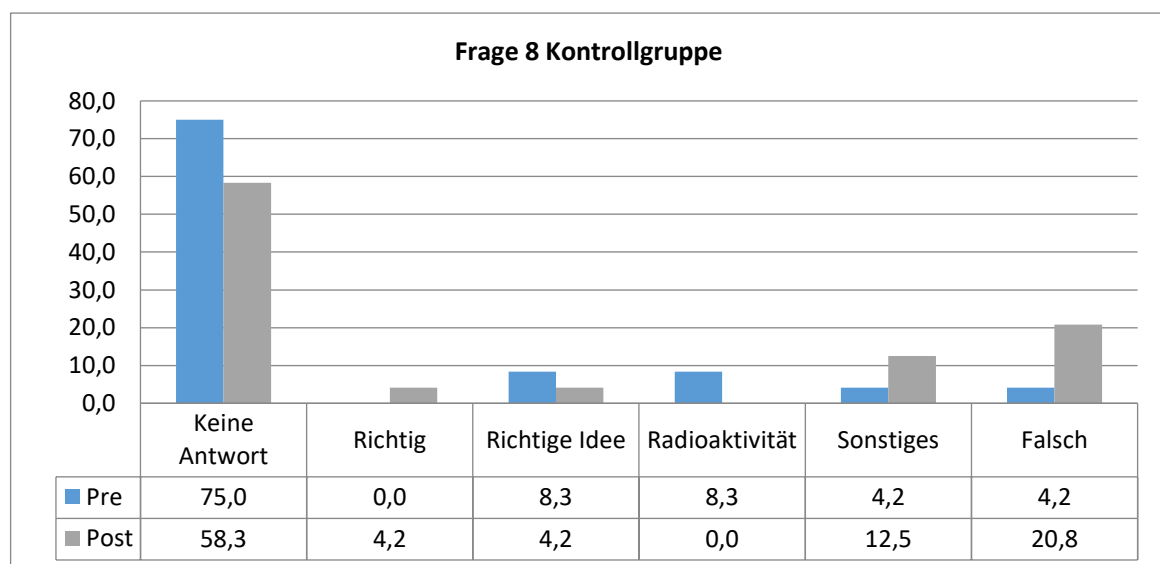


Diagramm 12: Frage 8 Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe wurde sehr oft keine Antwort gegeben. Auch in der Postevaluation haben mehr als die Hälfte der SchülerInnen sich nicht zu der Frage geäußert. Die richtige Antwort oder die richtige Idee erreichten weder in der Prä- noch in der Postevaluation mehr als 10% der SchülerInnen. Wurde anfangs noch mit Radioaktivität argumentiert, so schwindet dieser Wert vollständig. Auffallend ist, dass sich in der Postevaluation die Anzahl der falschen Antworten beinahe um ein Fünffaches erhöht hat

Frage 9

Welche Anwendungsgebiete für Röntgenstrahlung kennst du?

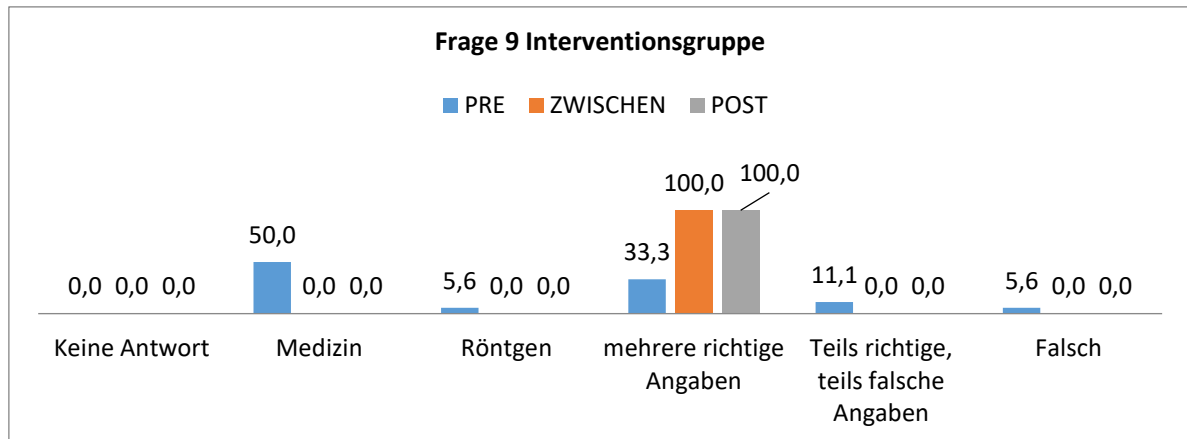


Diagramm 13: Frage 9 Interventionsgruppe

Bei der Testung vor dem Cross Age Peer Tutoring findet sich eine breite Verteilung von Anwendungsgebieten der Röntgenstrahlung in der Interventionsgruppe. Unter anderem werden die Begriffe Medizin, Krankenhaus, Verkehr und Flughafen genannt. Aber auch zu diesem Zeitpunkt war der Aspekt der Medizin schon stark vertreten, jedoch nicht sehr spezifiziert. Entweder kam der allgemeine Überbegriff Medizin oder es wurde das Röntgen im Krankenhaus wegen eines Knochenbruches oder beim Zahnarzt genannt. Nachdem sie das Arbeitsblatt mit ihrem Tutee gemeinsam bearbeitet hatten, wurden konsequent alle Anwendungsgebiete, welche in der Unterrichtsintervention besprochen wurden, angegeben.

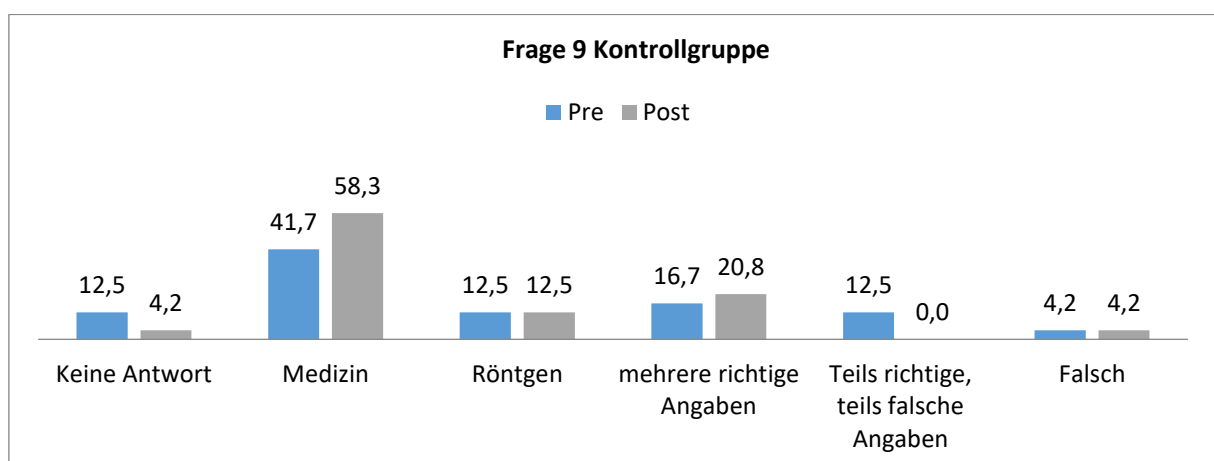


Diagramm 14: Frage 9 Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe wird der Röntgenstrahlung in beiden Phasen ein breites Spektrum an Anwendungsgebieten zugesprochen. Auffallend ist jedoch, dass sich jedes Mal mehr als 50% der SchülerInnen der Antwort enthalten hatten.

Frage 10

Wie schätzt du Röntgenstrahlung ein? Begründe!

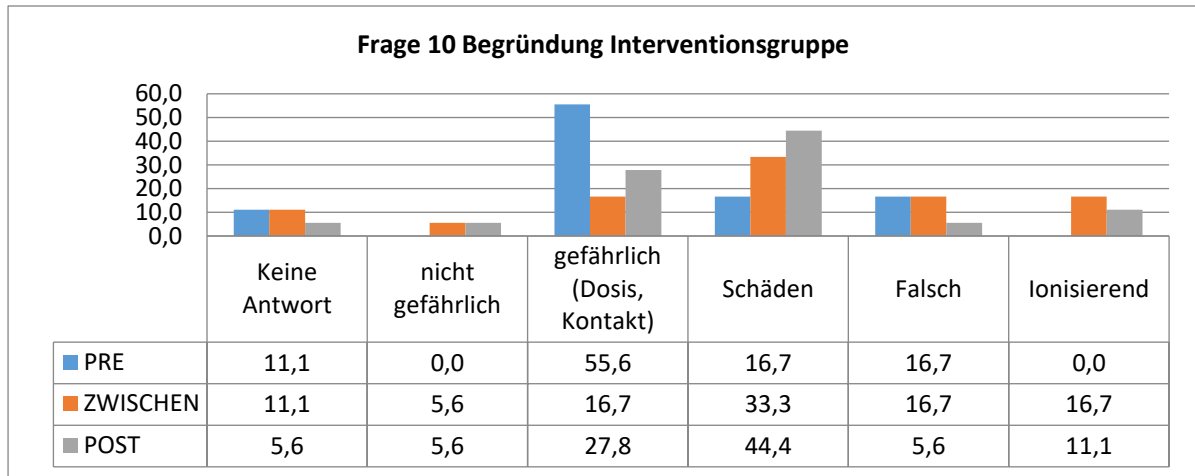


Diagramm 15: Frage 10 Begründung Interventionsgruppe

Die Frage 10 wurde auf zwei Arten analysiert. Zunächst wurde eine quantitative Analyse durchgeführt. Für die Begründung, die die SchülerInnen für ihre Einschätzung angegeben haben, wurde die Methode nach Mayring (2015) angewandt. Die sechs Kategorien hierfür lauten wie folgt:

- Keine Antwort
- Nicht gefährlich
Wenn Röntgenstrahlung als unbedenklich und nicht gefährlich eingeschätzt wurde, wurde die Antwort dieser Kategorie zugeordnet.
Zum Beispiel: „*Leicht sich zu schützen*“
- Gefährlich (Dosis, Kontakt)
Wenn die Gefährlichkeit von Röntgenstrahlung mit der Dosis und der Häufigkeit des Kontaktes in Zusammenhang gebracht wurde, wurden hier eingeordnet.
Zum Beispiel: „*zuviel Kontakt kann Gewebe zerstören*“
- Schäden
Röntgenstrahlen wurden als gefährlich eingestuft, weil sie Schäden verursachen.
Zum Beispiel: „*weil sie, wenn sie in den Körper eindringt, die Zellstrukturen schädigt*“

- Falsch

Die Frage wurde falsch beantwortet.

Zum Beispiel: „UV-Strahlung ist nicht ganz ungefährlich“

- Ionisierend

Falls die Gefährlichkeit der Röntgenstrahlen mit ionisierender Strahlung argumentiert wurde, wurde sie hier zugeordnet.

Zum Beispiel: „Zerstörung von Zellen (ionisierend)“

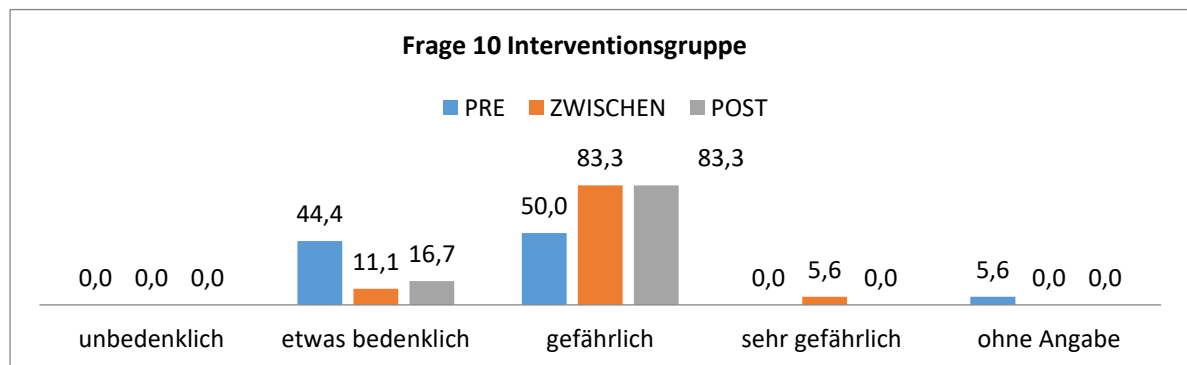


Diagramm 16: Frage 10 Interventionsgruppe

In der Präevaluation entscheiden sich zunächst 44,4% dafür, dass Röntgenstrahlung etwas bedenklich sei, 50% schätzen sie als gefährlich ein. Während und nach der Unterrichtsintervention verändert sich die Einschätzung der SchülerInnen, sodass nun sowohl in der Zwischen- als auch in der Postevaluation 83,3% der SchülerInnen der Meinung sind, dass Röntgenstrahlung gefährlich sei.

Auch an der Begründung, warum sie nun die Strahlung als gefährlich ansehen, lässt sich ein Trend erkennen. Wird zuerst die Gefährlichkeit auf die Dosis oder auf häufigeren Kontakt bezogen, wandelt sich dies eher dann von „Gefährlich“ in „Schäden“ um. Außerdem kann man beobachten, dass zunächst ionisierend nicht als Begründung genommen wird. Erst nach der Unterrichtsintervention wird die Ionisation zusätzlich zu anderen Gründen für die Gefährlichkeit genannt.

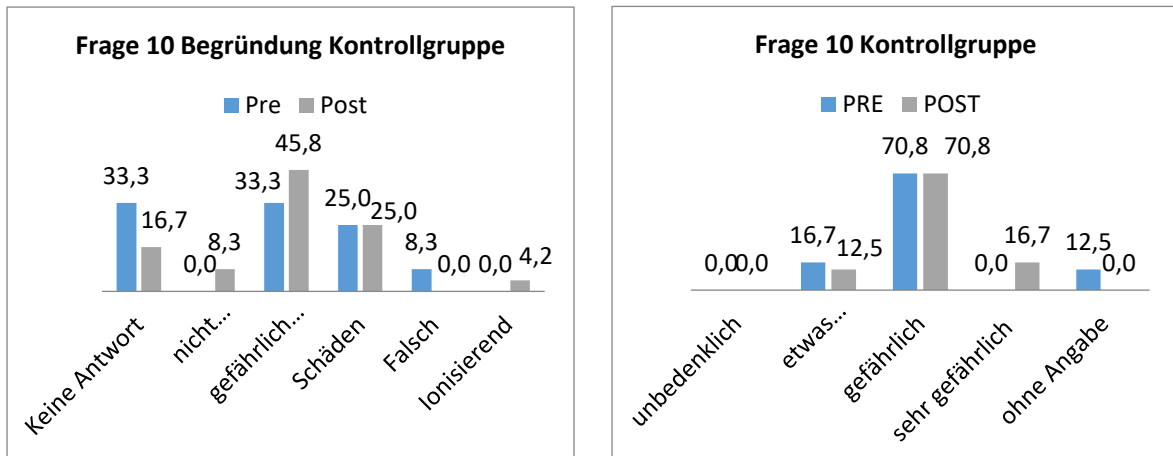


Diagramm 17: Frage 10 mit Begründung Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe schätzt Röntgenstrahlung mit 70,8% als gefährlich ein. Dies spiegelt sich auch in der Begründung wieder. In der Präevaluation geben 33,3% an, dass die Strahlung aufgrund ihrer Dosis oder der Dauer des Kontaktes gefährlich sei. In der Postevaluation steigt dieser Wert um mehr als zehn Prozentpunkte. In beiden Phasen der Evaluation geben ein Viertel der SchülerInnen an, dass Strahlung deshalb gefährlich sei, weil sie Schäden verursache. Auch bei dieser Gruppe kommt erst in der Postevaluation der Gedanke, dass Röntgenstrahlung aus diesem Grund gefährlich sei, da sie ionisierend ist.

Frage 11

Gib an, wie sich Röntgenstrahlung abschirmen lässt. Begründe!

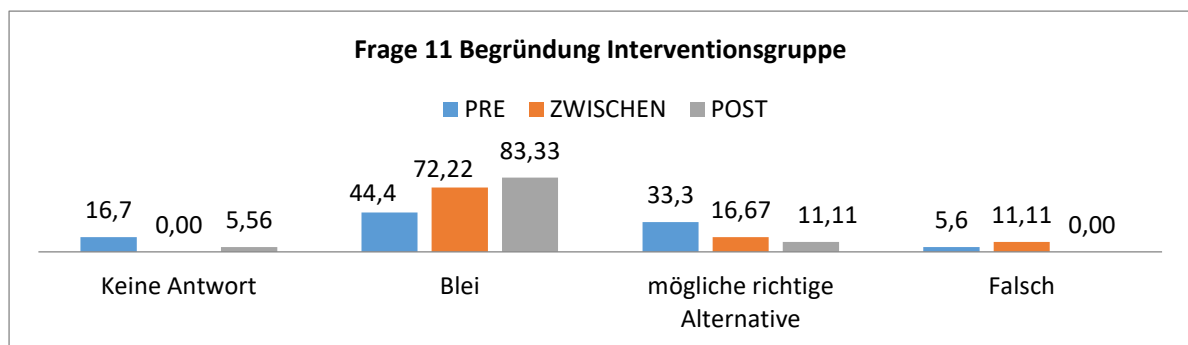


Diagramm 18: Frage 11 Begründung Interventionsgruppe

Diese Frage wurde wie die letzte auf zwei verschiedene Arten ausgewertet. Erst folgte eine quantitative Analyse, dann eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015). Es entstanden folgende vier Kategorien:

- Keine Antwort
- Blei

- Mögliche richtige Alternative

Zum Beispiel: „Man kann Röntgenstrahlen abschirmen, z.B. Beton, aber nicht sehr leicht, kann nicht absolut abschirmen“

- Falsch

Zum Beispiel: „Blattpapier reicht aus, oder ein mit Wasser gefüllter Ballon“

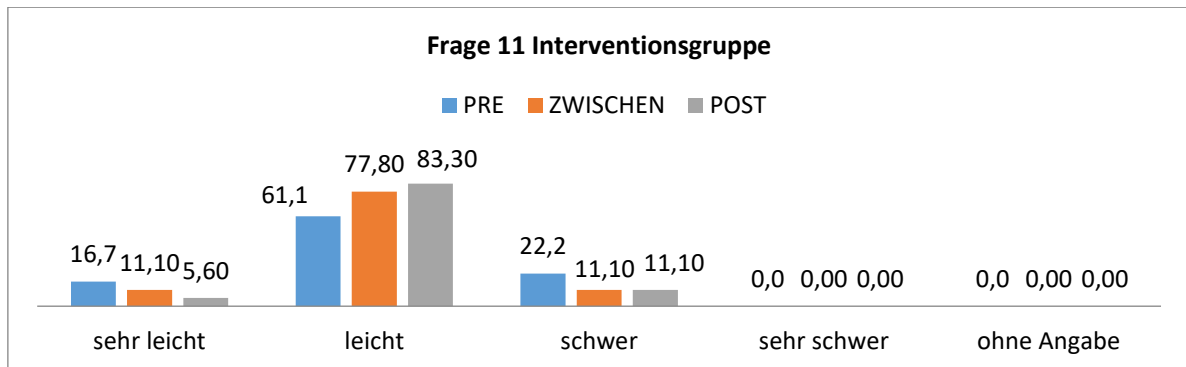


Diagramm 19: Frage 11 Interventionsgruppe

Zu Beginn der Intervention schätzen die SchülerInnen es als eher leicht ein, Röntgenstrahlung abzuschirmen. Diesen Gedanken nehmen am Ende der Unterrichtsintervention mehr als Dreiviertel der SchülerInnen an. Da Bleiwesten und -schürzen vermutlich wegen Zahnarztbesuchen bereits bekannt waren, gaben 44,4% der SchülerInnen in der Präevaluation an, dass Blei eine wirksame Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung sei. Aufgrund der Unterrichtsintervention verdoppelt sich dieser Wert beinahe. Anzumerken ist, dass die möglichen richtigen Alternativen mit zunehmender Bleiennennung in den Hintergrund rückten und deren Anteil von 33,33% auf 11,11% sank.

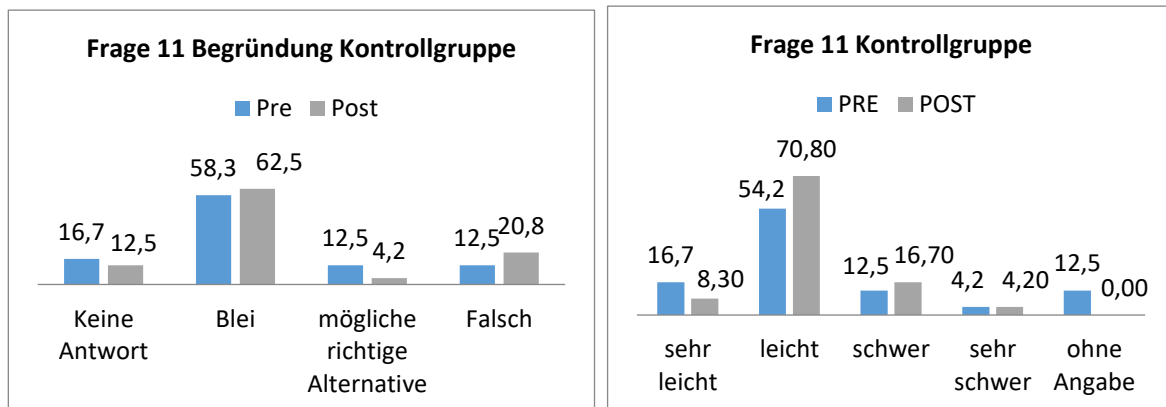


Diagramm 20: Frage 11 mit Begründung Kontrollgruppe

Die Verteilung der Antworten in der Kontrollgruppe ist jener der Interventionsgruppe ähnlich. Auffallend ist, dass gegenüber der Interventionsgruppe die falschen Begründungen nicht verschwinden, sondern sich von 12,5% auf 20,8% erhöhen.

6.3 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Die Fragen des Fragebogens können in drei Kategorien unterteilt werden.

Die erste Kategorie beinhaltet die ersten beiden Fragen, welche klären sollen, inwieweit die SchülerInnen mit Röntgenstrahlung in Berührung gekommen sind. Alle SchülerInnen der Intervention und Kontrollgruppe kannten den Begriff „Röntgenstrahlung“. Die Beantwortung der Frage, ob die SchülerInnen schon einmal geröntgt worden waren, stieß anscheinend auf Unverständnis. Denn sowohl in der Interventions-, als auch in der Kontrollgruppe ändert sich die Antwortverteilung. In der Kontrollgruppe steigt die Anzahl der SchülerInnen, welche angeben noch nicht geröntgt worden zu sein, in der Postevaluation um 8,3 Prozentpunkte. In der Interventionsgruppe sind zwar die Werte in der Prä-, und Postevaluation gleich, jedoch steigt der Wert kurzfristig in der Zwischenevaluation um 11,1 Prozentpunkte. Für die erste Kategorie lässt sich auf jeden Fall die Behauptung aufstellen, dass die Unterrichtsintervention Einfluss auf die Antworten der SchülerInnen hatte. Ob dies speziell auf die Unterrichtsmethode CAPT schließen lässt, lässt sich nicht beurteilen.

Die zweite Kategorie der Fragen sollte das Faktenwissen der SchülerInnen abfragen. Hier lässt sich ein positiver Einfluss der Unterrichtsintervention erkennen. Die Anzahl der richtigen Antworten zu den Wissensfragen steigt signifikant. Zum Beispiel steigert sich die richtige Nennung des Namens des Entdeckers in der Interventionsgruppe von 38,3% in der Präevaluation auf 83,3% in der Postevaluation. Außerdem lässt sich eine Entwicklung in Bezug auf die Verbindung von Röntgenstrahlung mit Radioaktivität erkennen. Nennen für die Einheit der Röntgenstrahlung vor der Unterrichtsintervention noch 27,8% der Interventionsgruppe eine Einheit in Bezug zur Radioaktivität, verschwindet dieser Wert vollständig in der Postevaluation. Selbst in der Kontrollgruppe verringert sich der Wert um 4,2 Prozentpunkte.

Besonders die Nennung von Anwendungsgebieten zeigt eine positive Bilanz. Die Interventionsgruppe steigert sich von rund 33% zu 100% bei der Angabe von richtigen Gebieten.

Die dritte Kategorie an Fragen beinhaltet nicht nur eine offene Fragenstellung, sodass die SchülerInnen die Möglichkeit haben ihre Vorstellungen und Wissen mit eigenen Worten zu beschreiben, sondern fragt auch nach der Einschätzung der Gefährlichkeit von Röntgenstrahlung. Hier lässt sich erkennen, dass gleich nach der Unterrichtsintervention die richtige Erklärung für die helle Abbildung von Knochen von 16,7% auf 88,9% ansteigt, jedoch leider auf 61,1% in der Postevaluation sinkt. Dennoch können nach dem CAPT mehr als 50% der SchülerInnen der Interventionsgruppe erklären, wieso ein Knochen auf einem Röntgenbild hell dargestellt wird.

Auch die Frage nach der Entstehung von Röntgenstrahlung kann von der Interventionsgruppe direkt nach der Unterrichtsintervention von 55,6% richtig beantwortet werden. In der Postevaluation sinkt dieser Wert zwar auf 27,8%, doch dafür steigert sich der Prozentwert der SchülerInnen welche zumindest die richtige Idee der Entstehung von Röntgenstrahlung beschreiben können um 6,7 Prozentpunkte auf insgesamt 38,9%.

Die Unterrichtsintervention bewirkt außerdem, dass mehr als 80% der SchülerInnen Röntgenstrahlung danach als gefährlich einschätzen, das entspricht einer Steigerung von mehr als 30%. Interessanterweise verändert sich auch die Begründung für die SchülerInnen, wieso Röntgenstrahlung gefährlich ist. Denn nennen vor der Unterrichtsintervention noch 55,6% als Begründung die Häufigkeit des Kontaktes bzw. die Dosis der Röntgenstrahlung, fällt dieser Wert in der Postevaluation auf unter 30%. Dafür steigt jedoch die Begründung, dass Röntgenstrahlung aufgrund von Schäden gefährlich sei, von 16,7% auf beinahe 45%.

Aufgrund der Auswertung zeigt sich im Allgemeinen eine positive Auswirkung der Unterrichtsintervention und somit des Cross-Age Peer Tutorings bei Röntgenstrahlung, auf die SchülerInnen.

7 Interpretation

Ausgehend von einem geringen Wissensstand über das im CAPT behandelte Thema lässt sich ein Höchstwert direkt nach dem Tutoring erkennen, der jedoch in den Wochen nach dem Tutoring wieder abfällt.

Aus der Auswertung der Evaluationen lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

Radioaktivität

In der Präevaluation werden die Konzepte der Röntgenstrahlung mit jenen der Radioaktivität verbunden. In den Fragen zur Entstehung, Entdeckung und Einheit der Röntgenstrahlung fand sich vor der Unterrichtsintervention ein relativ hoher Anteil an Antworten, in denen mit der Radioaktivität argumentiert wurde. Positiv zu bemerken ist, dass aufgrund der Unterrichtsintervention schon bei der Zwischenevaluation dieser Anteil vollständig in der Interventionsgruppe verschwindet. Aber auch in der Kontrollgruppe wird dieser verschwindend gering.

Auf Basis dieser Erkenntnis lässt sich das entwickelte Arbeitsmaterial gut verwenden, um diese mögliche Fehlvorstellung von Röntgenstrahlung ist gleich Radioaktivität aufzuheben.

Ein möglicher Grund, warum Röntgenstrahlung und Radioaktivität von den SchülerInnen vertauscht wird, könnte unter anderem auch daran liegen, dass in manchen Schulbüchern der Unterstufe (vgl. das Kapitel 3.2.1) Röntgenstrahlung im Kapitel für Radioaktivität angeführt und besprochen wird.

Reflexion

Die Antwort auf die Frage, warum Knochen hell am Röntgenbild erscheinen, gibt Einblick in eine weitere Schülervorstellung. Fast ein Drittel der MaturantInnen bedient sich hier der Vorstellung der Reflexion. Es ist möglich, dass sie sich mit dem schon bekannten Modell der Optik weiterhelfen, in dem Lichtstrahlen reflektiert werden. Müllauer befasst sich in ihrer Diplomarbeit eingehend mit der Frage, woher diese eventuell vorhandene Fehlvorstellung der Reflexion kommt. Nach dem Tutoring verschwindet diese Schülervorstellung, taucht in der Postevaluation aber mit mehr als 10% wieder auf.

Das bedeutet, dass die SchülerInnen zumindest nicht langfristig auf ihr altes Modell verzichten wollen. Um dem entgegenzuwirken, kann das Arbeitsmaterial an diese Schülervorstellung angepasst werden.

Schäden

Zunächst schätzen 50% Röntgenstrahlung als gefährlich ein und 55,6% geben als Begründung einen Zusammenhang der Gefährlichkeit mit Dosis und Dauer des Kontaktes an. Dies verändert sich im Laufe der Unterrichtszeit. In der Post-Evaluation geben 83,3% an, dass Röntgenstrahlung gefährlich ist, doch nur mehr 27,7% liefern die gleiche Begründung wie zuvor. Stattdessen wurde nun als Begründung „gefährlich, weil schädlich“ mit 44,4% geliefert.

Dieser Wandel von gefährlich aufgrund der Dosis zu verursacht Schäden kann sehr gut mit dem Arbeitsmaterial erklärt werden. Denn im Arbeitsblatt wird nicht die Gefährlichkeit direkt angesprochen, sondern immer nur von einer schädigenden Wirkung. Dies wurde zum Teil bewusst so gewählt, da die SchülerInnen gegenüber der Gefahr von Röntgenstrahlung zwar sensibilisiert werden sollten, aber es sollte ihnen keine Angst eingejagt werden. Denn sie sollen sich beim nächsten Zahnarztbesuch nicht weigern sich röntgen zu lassen, weil sie meinen, dass es zu gefährlich sei.

8 Kritik und Ausblick

Ein Kritikpunkt an dieser Forschungsarbeit ist die relativ gesehen geringe Anzahl von 18 SchülerInnen, welche alle drei Phasen der Evaluation durchgeführt haben. Daher lassen sich die Ergebnisse nicht generalisieren. Dies trifft ebenfalls auf die Unterscheidung von Mädchen und Jungen zu. Auch die Schulen wurden nicht zufällig, sondern aufgrund der guten Erreichbarkeit und der Kooperation mit der Universität Wien gewählt, was auch gegen eine Verallgemeinerung der Ergebnisse spricht.

Das Unterrichtsmaterial könnte bei nochmaliger Verwendung adaptiert beziehungsweise verbessert werden. Zum Beispiel könnten jene Wörter, welche beim Lückentext eingesetzt werden müssen, besser ausgewählt werden. Hier könnte man versuchen, Begriffe und Wörter zu verwenden, welche später mit Röntgenstrahlung in Verbindung gebracht werden sollen.

Bei einer erneuten Untersuchung müsste man sich wieder der Frage stellen, inwieweit ein Wiederholungseffekt für die SchülerInnen entsteht, wenn sie zwei bzw. drei Mal den selben Evaluationsbogen ausfüllen und ob dieser Effekt vernachlässigbar ist.

Unklarheiten oder Interpretationsschwierigkeiten von Antworten der SchülerInnen könnten mit Hilfe von Interviews vermieden werden. Dies war im Zuge dieser Forschungsarbeit aufgrund von zeitlichen und organisatorischen Gründen nicht möglich.

Weitere Forschungsarbeiten können auf die vorliegende Untersuchung und den daraus schließenden möglichen Fehlvorstellungen der SchülerInnen anknüpfen. In weiteren Untersuchungen könnte ein Vergleich zwischen den Unterrichtsmethoden CAPT und zum Beispiel fragenentwickelnder Unterricht gezogen werden. Außerdem wäre interessant, ob sich ein Unterschied von der Wirksamkeit des CAPTs zwischen Stadt und Land zeigen würde. Auch ob sich CAPT geschlechterspezifisch auswirkt, könnte man untersuchen.

Literaturverzeichnis

- Abraham, D. (2013). *Cross Age Peer Tutoring in Physics. Wissenszuwachs mit einer neuen Unterrichtsmethode?* Diplomarbeit, Universität Wien.
- Apolin, M. (2013). *Big Bang. Physik 7.*
- Barth, M. (2012a). Von Röntgen bis Compton. Einblick in die historische Entwicklung der Röntgenphysik (131), 48–50.
- Barth, M. (2012b). Warum das Thema "Röntgenstrahlung" unterrichten? . Didaktische Überlegungen. *Unterricht Physik* (131).
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1994). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education* 12 (2), 145–160.
- Buchgeister, M. (2012). Röntgenstrahlen - Schattenbilder oder mehr? . Anwendungen von Röntgenstrahlen in der Medizin. *Unterricht Physik* (131).
- Bundesministerium für Bildung. Lehrplan AHS Physik Unterstufe.
- Bundesministerium für Bildung. Lehrplan AHS Physik Oberstufe.
- Duit, R. Schülervorstellungen-von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 4–10.
- Fürböck, S. & Plotz, B. (2015). *Mehrfach Physik 4. Teil 1 - Wissen und Verstehen* (1. Aufl.).
- Gruber, W. & Rupp, C. (2006). *ganz klar. Physik 4* (1. [Aufl.]).
- Hanel, P. (1991). Lernen durch Lehren oder Schüler übernehmen Lehrerfunktion. *Staatsinstitut für die Ausbildung der Lehrer an Realschulen*, Heft 4, S. 31–34. www.idl.de.
- Hans Niedderer, H. S. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies*, 74–98.
- Heran-Dörr, E. (2012). *Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht*. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Himmer, B. (2012). *Cross-Age Peer Tutoring in Physics. Einflussfaktoren auf Vorstellungen zu einfachen Gleichstromkreisen*. Diplomarbeit. Wien.
- Jaros, A., Nussbaumer, A. & Nussbaumer, P. (2002). *Physik compact* (1. Aufl.). Wien: öbv&hpt.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 34 (13), 2–6.
- Kalita, S. & Zollmann, D. (2006). Investigating Students' Ideas About X-rays While Developing Teaching Materials für a Medical Physics Course. *Physics Education Research Conference*, 193–196.
- Kaufmann, E., Zöchling, A., Masin, C. & Grois, G. (2014). *Physik verstehen 4* (1. Aufl.).
- Kircher, E. & Schneider, W. B. (2002). *Physikdidaktik in der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer.
- Korner, M. (1-2/2013). Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht. Eine ungewöhnliche Unterrichtsmethode stellt sich vor. *PLUS LUCIS*, S. 11–15.
- Korner, M. (2015). *Cross-age peer Tutoring in Physik. Evaluation einer Unterrichtsmethode* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 186). Berlin: Logos-Verl. (Zugl.: Wien, Univ., Diss., 2015).
- Korner, M. & Urban-Woldron, H., Hopf, M. (2012). *Abschlussbericht zum Sparkling Science Projekt "Cross-Age Peer Tutoring in Physik"*. Wien: Universität Wien, AECC Physik.
- Lackner, A. & Wukovich M. (2017). *Schwereelos 4: Dorner* (Prüfexemplar).
- Libarkin, J. C., Asghar, A., Crockett, C. & Sadler, P. (2011). Invisible Misconceptions. Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. *Astronomy Education Review* 10 (1), 010105-010105-12. doi:10.3847/AER2011022

- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (Beltz Pädagogik, 12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Müllauer, C. (2016). „Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II“, Universität Wien, AECC Physik. Wien.
- Neumann, S. (2013). Der Tisch ist ja etwas Natürliches- warum sollte er Strahlung aussenden? . Was sich Schülerinnen und Schüler unter Strahlung vorstellen. *PLUS LUCIS* (1-2), 8–10.
- Neumann, S. & Hopf, M. (2011). Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff 'Strahlung'? . *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, 157–176.
- 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. doi:10.1007/s10956-012-9369-9
- Neumann, S. & Hopf, M. (2013). Children's Drawings About "Radiation"—Before and After Fukushima. *Research in Science Education* 43 (4), 1535–1549. doi:10.1007/s11165-012-9320-3
- Plotz, T. (2017). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *physics education* 52 (1), 14004. doi:10.1088/1361-6552/52/1/014004
- Sexl, R. (2012). *Physik 7* (1. Aufl.).
- Spieß, L., Schwarzer, R., Behnken, H. & Teichert, G. (2005). *Moderne Röntgenbeugung. Röntgendiffraktometrie für Materialwissenschaftler, Physiker und Chemiker*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Tipler, P. A., Mosca, G., Pelté, D. & Basler, M. (2007). *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* (2., dt. Aufl., rev. Nachdr). Berlin: Spektrum Akad. Verl.
- Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (Hrsg.). (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern. Überarbeitete Fassung. *IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel*.
- Ziegler, M. T. (2012). *Lernprozesse und Rollenverständnis beim Cross Age Peer Tutoring. Eine qualitative Studie zum Thema ebener Spiegel und Spiegelbild im Rahmen eines Sparkling-Science-Projektes*. Diplomarbeit. Wien.
- Zinn, B. (Februar 2008). *Physik lernen, um Physik zu lehren. Eine Möglichkeit für interessanten Physikunterricht*. Dissertation, Universität Kassel.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Elektromagnetisches Spektrum (vgl. Tipler et al., 2007, S.971)	14
Abbildung 2: Aufbau einer Röntgenröhre (vgl. Sexl 2012, S.109)	14
Abbildung 3: Röntgenspektrum (vgl. Spieß et al., 2005, S.8)	16
Abbildung 4: Icons Arbeitsblatt	34
Abbildung 5: Beginn Arbeitsblatt Cartoon	34
Abbildung 6: Infobox Röntgenstrahlung allgemein	35
Abbildung 7: Lückentext	36
Abbildung 8: Aufgabe Anwendungsgebiete	37
Abbildung 9: Infobox Röntgendiagnostik	38
Abbildung 10: Auszug Zuordnungsaufgabe Röntgenbilder	39
Abbildung 11: Infobox Strahlenschutz	39
Abbildung 12: Kreuzworträtsel Auszug	40
Abbildung 13: Grafik Handout	43

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Frage 2 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	49
Diagramm 2: Frage 3a Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	50
Diagramm 3: Frage 3b Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	51
Diagramm 4: Frage 3c Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	52
Diagramm 5: Frage 3d Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	52
Diagramm 6: Frage 4 Interventionsgruppe	53
Diagramm 7: Frage 4 Kontrollgruppe	55
Diagramm 8: Frage 5 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	56
Diagramm 9: Frage 6 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	57
Diagramm 10: Frage 7 Interventionsgruppe und Kontrollgruppe	58
Diagramm 11: Frage 8 Interventionsgruppe	59
Diagramm 12: Frage 8 Kontrollgruppe	60
Diagramm 13: Frage 9 Interventionsgruppe	61
Diagramm 14: Frage 9 Kontrollgruppe	61
Diagramm 15: Frage 10 Begründung Interventionsgruppe	62
Diagramm 16: Frage 10 Interventionsgruppe	63
Diagramm 17: Frage 10 mit Begründung Kontrollgruppe	64
Diagramm 18: Frage 11 Begründung Interventionsgruppe	64
Diagramm 19: Frage 11 Interventionsgruppe	65
Diagramm 20: Frage 11 mit Begründung Kontrollgruppe	65

Anhang

Anhang 1: Abstract Deutsch.....	XIII
Anhang 2: Abstract English.....	XIV
Anhang 3: Arbeitsblatt.....	XV
Anhang 4: Tutorleitfaden.....	XXII
Anhang 5: Kärtchen Lückentext	XXIX
Anhang 6: Evaluationsbogen.....	XXX

Abstract Deutsch

In der vorliegenden Diplomarbeit wird die Wirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring, kurz CAPT, beim Thema Röntgenstrahlung aufgezeigt. Hierfür wurde eine Unterrichtsintervention mit SchülerInnen der 12. Schulstufe an vier Bundesrealgymnasien in Wien durchgeführt. Speziell dafür wurde ein Arbeitsmaterial entwickelt, welches die MaturantInnen zunächst mit Studierenden bearbeiteten und eine Woche später gemeinsam mit SchülerInnen der 8. Schulstufe. Der Wissensstand und Lernfortschritt der SchülerInnen der 12. Schulstufe wurde in drei Phasen mit Hilfe eines Fragebogens untersucht. Direkt vor der Unterrichtsintervention, dann direkt nachdem die MaturantInnen die Rolle getauscht hatten und selbst TutorInnen waren und abschließend nach einem zeitlichen Abstand von drei Wochen.

Aufgrund der Auswertung der Ergebnisse zeigt sich im Allgemeinen eine positive Auswirkung der Unterrichtsintervention und somit des Cross-Age Peer Tutorings beim Thema Röntgenstrahlung auf die SchülerInnen. Außerdem lassen sich aus den gewonnenen Ergebnissen mögliche Schülervorstellungen ableiten.

Ein Kritikpunkt an dieser Forschungsarbeit ist die relativ gesehen geringe Anzahl von 18 SchülerInnen, welche alle drei Phasen der Evaluation durchgeführt haben. Daher lassen sich die Ergebnisse nicht generalisieren, hierfür sind noch umfangreichere Untersuchungen notwendig.

Abstract English

In this diploma thesis, the effectiveness of cross-age peer tutoring, or CAPT, is shown about x-ray radiation. For this purpose, a lesson with pupils at the 12th school level was carried out at four federal gymnasiums in Vienna. For that special classroom aids were developed, which the students first worked with students of physics and a week later together with pupils of the 8th school grade. The knowledge and learning progress of the pupils at the 12th grade was examined in three phases with a questionnaire. Directly before the teaching, immediately after the students had replaced the role and were themselves tutors and after a time interval of three weeks. Because of the evaluation of the results, a positive effect of the teaching and thus of the cross-age peer tutoring in x-ray radiation on the pupils is generally shown. It is also possible to deduce potential preconceptions of the students.

A criticism of this research work is the relatively small group of 18 students, which have undergone all three phases of the evaluation. So the results cannot be generalized, more extensive investigations are necessary.

Röntgenstrahlung

Bestimmt hast du schon mal das Wort „Röntgenstrahlung“ gehört, oder du wurdest vielleicht einmal selbst geröntgt, weil du dir einen Arm oder ein Bein gebrochen hast. Aber was ist Röntgenstrahlung eigentlich und wer hat diese entdeckt?



Lies dir den folgenden Text gut durch.

Die **Röntgenstrahlung** wurde am 8. November **1895** von Wilhelm Conrad **Röntgen** entdeckt.

Diese Art von Strahlung hat eine Wellenlänge im Bereich von **0,001nm bis 10nm**. Sie ist für das Auge **nicht sichtbar** und befindet sich im Spektrum nach der UV-Strahlung.

Die Röntgenstrahlung ist eine **ionisierende Strahlung**. Das bedeutet, sie ist in der Lage Elektronen aus Atomen oder Molekülen zu entfernen, sodass positiv geladene Ionen zurückbleiben.

Sie breitet sich geradlinig aus und kann **Materie**, je nach Dichte, unterschiedlich stark **durchdringen**. Je dünner oder leichter das jeweilige Material ist, desto besser werden die Strahlen durchgelassen.



Schaue dir den Film zur Röntgenstrahlung an und versuche dir so viel wie möglich zu merken, um im Anschluss den darunterliegenden Lückentext ausfüllen zu können.



Fülle nun den Lückentext mit Hilfe der Informationen aus dem Film aus! Fügt man die Anfangsbuchstaben in der richtigen durchnummerierten Reihenfolge aneinander, ergibt sich ein Lösungswort. Deine TutorIn kann dir bei Schwierigkeiten helfen!

Die Sicherheitsvorkehrungen am Flughafen sind sehr streng. Jedes Gepäckstück muss durch einen _____⁽¹⁾. Dieser macht jeden Koffer zur _____⁽⁵⁾ Box.

Die grundlegende Technik dafür ist schon mehr als 100 Jahre alt. Am 8. _____⁽³⁾ 1895 machte Wilhelm Conrad _____⁽¹⁰⁾ eine beeindruckende Entdeckung.

Beim Experimentieren mit einer Gasentladungsröhre leuchteten plötzlich fluoreszierende Kristalle, die zufällig auf seinem Arbeitstisch standen. Das machte ihn _____⁽⁷⁾.

Auch das _____⁽¹¹⁾ mit der Hand oder schwarzer Pappe hilft nichts, die Kristalle leuchteten dennoch.

Röntgen fand schnell heraus, dass die Strahlen unterschiedliche Materialien durchdringen und eine Fotoplatte belichten können.

Weltberühmt wird der Physiker, als er die _____⁽¹²⁾ seiner Frau ablichtete. Das war die erste Röntgenaufnahme eines menschlichen Körperteils und hatte vor allem große Bedeutung für die Medizin. Röntgen nannte die geheimnisvollen, unsichtbaren Strahlen X-Strahlen.

Röntgenstrahlen entstehen in einer luftleeren _____⁽¹⁶⁾.

Zwischen zwei Elektroden wird eine _____⁽⁸⁾ angelegt und der Minuspol stark erhitzt.

Dadurch treten _____⁽¹⁵⁾ geladene Teilchen aus, die zum Pluspol beschleunigt werden. Dort treffen sie mit ungefähr halber _____⁽¹³⁾ auf.

Die positiv geladenen Atomkerne der Anode bremsen die Elektronen schlagartig ab. Dabei wird _____⁽⁶⁾ frei – hauptsächlich in Form von Wärme. Nur etwa ein Prozent der Energie ist Röntgenstrahlung.

Als Röntgen seine Entdeckung veröffentlichte, setzte ein „Durchleuchtungsboom“ ein.

Es wurden zum Beispiel Röntgenaufnahmen gemacht von einem Mann, der _____⁽⁹⁾ spielt, einem verdauenden Magen, einer sich schminkenden Frau.

Beim Röntgenscanner am Flughafen erkennen die Kontrolleure bereits an der Farbgebung des Bildes, ob es sich um gefährliche Gegenstände handeln könnte. Endgültige Sicherheit erlangt man aber oft nur durch das _____⁽²⁾ des Koffers.

Er funktioniert so, dass das Gepäck mit _____⁽¹⁴⁾ Wellenlängen durchstrahlt wird. So kann man nicht nur die Form sondern auch das Material eines Gegenstands erkennen.

Eine weitere Anwendung findet die Röntgenstrahlung bei der Computer- _____⁽⁴⁾.

Hierbei rotiert der Röntgenapparat um den Körper, so wird er von allen Seiten durchleuchtet.

Lösungswort:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

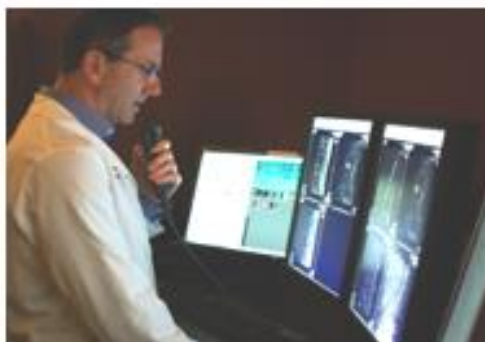


Wie du im Film bereits gesehen hast, gibt es für die Röntgenstrahlung einige Anwendungsgebiete. In den folgenden Abbildungen kannst du ein paar davon sehen. Besprecht gemeinsam mit deinem/r TutorIn, um welche Anwendungen es sich handelt.

Anwendungsgebiete



©ACK-Medienzent



©Fraunhofer ILR



Lies dir die folgenden Texte zu den medizinischen Anwendungen durch, um mehr über diese zu erfahren. Im Anschluss sollst du einige Fragen dazu beantworten können.

Röntgendiagnostik

Zur Röntgendiagnostik zählen **normale Röntgenuntersuchungen** sowie die **Computertomographie**.

Auf Röntgenbildern lassen sich helle und dunkle Flächen und Umrisse erkennen. Die **hellen Gebiete** entstehen, wenn Röntgenstrahlen **aufgenommen** werden. Das passiert bei chemischen Elementen mit **hoher Ordnungszahl**, z.B. bei Kalzium (Ordnungszahl = 20) in den **Knochen**.

Organe lassen Röntgenstrahlen leichter durch und werden deshalb auf den Röntgenbildern in unterschiedlichen **Graustufen** dargestellt.

Um also z.B. Magen, Darm, Venen und Arterien am Röntgenbild besser sichtbar zu machen, werden verschiedene **Kontrastmittel** verwendet.

Strahlentherapie

In der Strahlentherapie ist die Strahlenbelastung sehr viel höher als bei der Röntgendiagnostik. **Röntgenstrahlung** wird gezielt eingesetzt, um jenes **Gewebe zu zerstören**, welches entartet ist (Krebszellen). Dabei ist die Strahlendosis so zu wählen, dass sich gesundes Gewebe durch die Reparaturmechanismen in den Zellen ausreichend regenerieren kann.



Beantworte die folgenden Fragen und berate dich gegebenenfalls mit deinem/r TutorIn.

Versuche zu beschreiben, wie die dunklen Stellen am Röntgenbild entstehen.

Erkläre wie Organe und Venen am Röntgenbild besser sichtbar gemacht werden.



Jetzt hast du schon vieles über die Entstehung von Röntgenbildern erfahren. Versuche jeder Abbildung auf der linken Seite, das dazu passende Röntgenbild zuzuordnen!



1



2



3



4



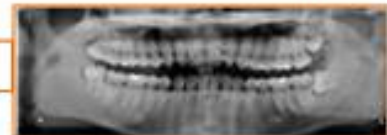
5



6



7





Wie im Film gezeigt, ist der Schutz vor ionisierender Strahlung sehr wichtig. Informiere dich darüber in den folgenden Infoboxen.

Strahlenschutz

Ionisierende Strahlung schädigt das Gewebe **direkt in der DNA (DNS)** einer Zelle.

Da wir ständig von natürlicher und kosmischer Strahlung umgeben sind, hat der Körper **Reparaturmechanismen** gegen deren schädigende Wirkung entwickelt.

Da sich unser Körper nur in einem gewissen Rahmen selbst regenerieren kann, wurden Schutzmaßnahmen gegen ionisierende Strahlung entwickelt.

Bei einer Röntgenuntersuchung wird nicht zu untersuchendes, empfindliches Gewebe durch eine **Bleiabschirmung** (z.B. Bleischürze, Bleiverglasung) vor der ionisierenden Strahlung geschützt.

Das Element Blei (Pb) besitzt wegen seiner hohen Ordnungszahl und hohen Dichte eine sehr gute Aufnahmefähigkeit der Röntgenstrahlung. Es ist sehr kostengünstig und leicht zu verarbeiten.

Einheit und Strahlendosis

Unter **Strahlenexposition** wird die **Einwirkung von ionisierender Strahlung** auf Lebewesen oder auf Materie zusammengefasst.

In der Physik wird die Einheit **Sievert (Sv)** für die Strahlendosis verwendet.

Die **natürliche Strahlenbelastung** setzt sich vorwiegend aus dem in der Natur vorkommenden radioaktiven Radon (Rn) und der kosmischen Höhenstrahlung zusammen. Der Wert am Boden beträgt **2,4 mSv pro Jahr**.

Bei den meisten medizinischen Untersuchungen liegt die Strahlendosis weit unter der natürlichen Strahlenbelastung: **0,1 bis 5 mSv** pro Röntgenaufnahme. Eine Ausnahme bildet die **Computertomographie** mit **10 mSv bis 20 mSv** pro Scan.

Zum Vergleich

Bei einem **Langstreckenflug** von Frankfurt nach Tokio beträgt die Belastung **0,1 mSv**.

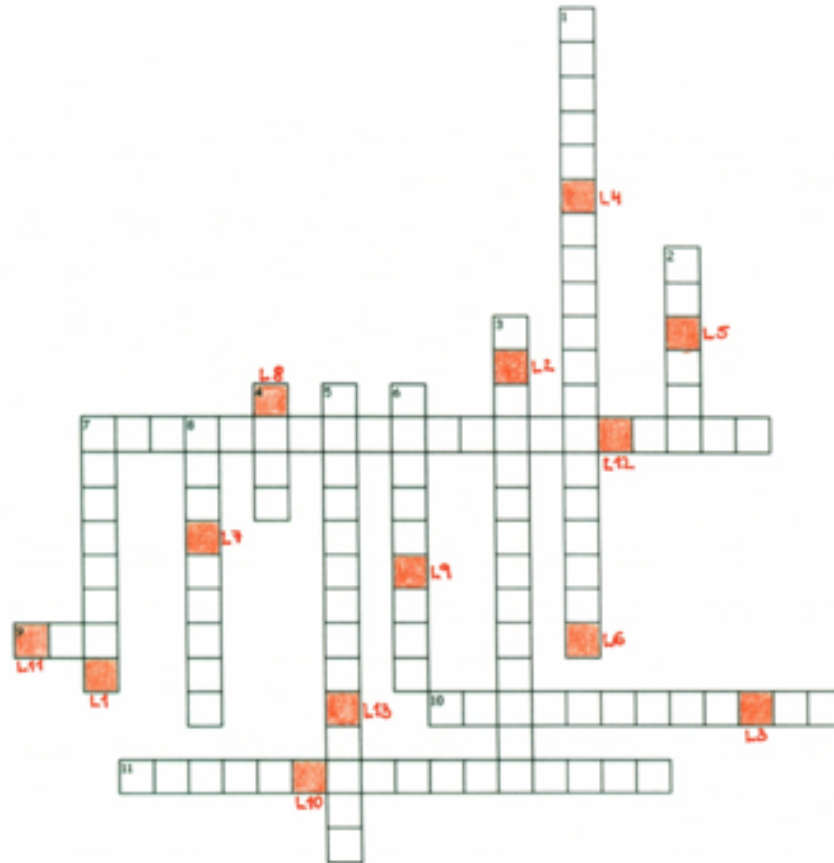
Gesetzliche Regelung

Gesetzlich werden die Grenzwerte für Strahlenbelastung im **Strahlenschutzgesetz** und untergeordneten Verordnungen, z.B. Röntgenverordnung festgelegt. Für die normale Bevölkerung beträgt die festgelegte, **maximale Jahresdosis 3,4 mSv** (ohne medizinische Maßnahmen). Die maximale erlaubte Jahresdosis für Personen, die beruflich mit Strahlung in Kontakt kommen (z.B. medizinisches Personal, Flugpersonal) beträgt 20 mSv.

Somit wird bereits mit einer Computertomographie der gesetzlich festgelegte Grenzwert erreicht.



Du hast jetzt sehr viel über Röntgenstrahlung in Erfahrung gebracht. Im folgenden Rätsel werden die wichtigsten Begriffe dazu nochmal gesucht. Fügt man die markierten Buchstaben in der richtigen durchnummerierten Reihenfolge aneinander, ergibt sich ein Lösungswort. Wenn du dir unsicher bist, steht dir deinE TutorIn mit Rat und Tat zur Seite.



Waagrecht

7. Welche Vorgabe regelt die Grenzwerte für die Strahlenbelastung?
9. Was genau wird im Körper durch Röntgenstrahlung geschädigt?
10. Röntgenstrahlung ist eine ... Strahlung.
11. Nenne neben der Röntgendiagnostik noch ein Anwendungsgebiet der Röntgenstrahlung in der Medizin.

Senkrecht

1. Bei welcher medizinischen Untersuchung entsteht die höchste Strahlenbelastung?
2. Durch das Kontrastmittel können ... am Röntgenbild besser sichtbar gemacht werden.
3. Eines der Anwendungsgebiete von Röntgenstrahlen ist der ... im Flughafen.
4. Welches Material wird zur Abschirmung von Röntgenstrahlen verwendet?
5. Eine Eigenschaft der X-Strahlen ist ihre
6. Da Röntgenstrahlung ionisierend ist, kann sie Zellen
7. Röntgenstrahlen sind für das Auge nicht
8. Knochen erscheinen am Röntgenbild hell, weil sie die Röntgenstrahlen

Lösungswort:

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13

Tutor-Leitfaden Röntgenstrahlung

Lieber Tutor, liebe Tutorin!

In diesem Heft findest du sowohl die Anleitung (rechte Seite), als auch die Lösungen (linke Seite) zum Unterrichtsmaterial.

Die Anleitung soll eine Unterstützung und Hilfe für dich sein.

Zu Beginn wäre es gut, wenn du dich mit deinem Tutee oder deinen Tutees bekannt machst. Steh ihm/ihnen mit Rat zur Seite und beachte folgende Tipps.

Tipps für erfolgreiches Peer-Tutoring:

- Sei geduldig mit deinem Tutee!
- Achte darauf, dass er möglichst viel selbst macht und überlegt!
- Lass deinem Tutee genügend Zeit zum Überlegen!
- Hilf nur, wenn Hilfe gebraucht wird!
- Lass ihn ausreden!
- Erkundige dich, ob er die Inhalte verstanden hat!

Hilfssätze:

- Probiere es doch einmal aus.
- Versuche es doch noch mal anders.
- Was steht denn im Text?
- Erwinnere dich an ...
- Denk mal an ...

Viel Spaß!

Röntgenstrahlung

Bestimmt hast du schon mal das Wort „Röntgenstrahlung“ gehört, oder du wurdest vielleicht einmal selbst geröntgt, weil du dir einen Arm oder ein Bein gebrochen hast. Aber was ist Röntgenstrahlung eigentlich und wer hat diese entdeckt?



Lies dir den folgenden Text gut durch.

Die **Röntgenstrahlung** wurde am 8. November **1895** von Wilhelm Conrad **Röntgen** entdeckt.

Diese Art von Strahlung hat eine Wellenlänge im Bereich von **0,001nm bis 10nm**. Sie ist für das Auge **nicht sichtbar** und befindet sich im Spektrum nach der UV-Strahlung.

Die Röntgenstrahlung ist eine **ionisierende Strahlung**. Das bedeutet, sie ist in der Lage Elektronen aus Atomen oder Molekülen zu entfernen, sodass positiv geladene Ionen zurückbleiben.

Sie breitet sich geradlinig aus und kann **Materie**, je nach Dichte, unterschiedlich stark **durchdringen**. Je dünner oder leichter das jeweilige Material ist, desto besser werden die Strahlen durchgelassen.



Schaue dir den Film zur Röntgenstrahlung an und versuche dir so viel wie möglich zu merken, um im Anschluss den darunterliegenden Lückentext ausfüllen zu können.



Fülle nun den Lückentext mit Hilfe der Informationen aus dem Film aus! Fügt man die Anfangsbuchstaben in der richtigen durchnummerierten Reihenfolge aneinander, ergibt sich ein Lösungswort. Deine TutorIn kann dir bei Schwierigkeiten helfen!

Die Sicherheitsvorkehrungen am Flughafen sind sehr streng. Jedes Gepäckstück muss durch einen **RÖNTGENSCANNER** ⁽¹⁾. Dieser macht jeden Koffer zur **GLÄSERNEN** ⁽²⁾ Box.

Die grundlegende Technik dafür ist schon mehr als 100 Jahre alt. Am 8. **NOVEMBER** ⁽³⁾ 1895 machte Wilhelm Conrad **RÖNTGEN** ⁽⁴⁾ eine beeindruckende Entdeckung.

Beim Experimentieren mit einer Gasentladungsröhre leuchteten plötzlich fluoreszierende Kristalle, die zufällig auf seinem Arbeitstisch standen. Das machte ihn **NEUGIERIG** ⁽⁵⁾.

Auch das **ABDECKEN** ⁽¹¹⁾ mit der Hand oder schwarzer Pappe hilft nichts, die Kristalle leuchteten dennoch.

Röntgen fand schnell heraus, dass die Strahlen unterschiedliche Materialien durchdringen und eine Fotoplatte belichten können.

Weltberühmt wird der Physiker, als er die **HAND** ⁽¹²⁾ seiner Frau ablichtete. Das war die erste Röntgenaufnahme eines menschlichen Körperteils und hatte vor allem große Bedeutung für die Medizin. Röntgen nannte die geheimnisvollen, unsichtbaren Strahlen X-Strahlen.

Röntgenstrahlen entstehen in einer luftleeren **GLASRÖHRE** ⁽¹⁶⁾.

Zwischen zwei Elektroden wird eine **SPANNUNG** ⁽⁸⁾ angelegt und der Minuspol stark erhitzt. Dadurch treten **NEGATIV** ⁽¹⁵⁾ geladene Teilchen aus, die zum Pluspol beschleunigt werden. Dort treffen sie mit ungefähr halber **LICHTGESCHWINDIGKEIT** ⁽¹³⁾ auf.

Die positiv geladenen Atomkerne der Anode bremsen die Elektronen schlagartig ab. Dabei wird **ENERGIE** ⁽⁶⁾ frei – hauptsächlich in Form von Wärme. Nur etwa ein Prozent der Energie ist Röntgenstrahlung.

Als Röntgen seine Entdeckung veröffentlichte, setzte ein „Durchleuchtungsboom“ ein.

Es wurden zum Beispiel Röntgenaufnahmen gemacht von einem Mann, der **TROMPETE** ⁽⁹⁾ spielt, einem verdauenden Magen, einer sich schminkenden Frau.

Beim Röntgenscanner am Flughafen erkennen die Kontrolleure bereits an der Farbgebung des Bildes, ob es sich um gefährliche Gegenstände handeln könnte. Endgültige Sicherheit erlangt man aber oft nur durch das **ÖFFNEN** ⁽⁷⁾ des Koffers.

Er funktioniert so, dass das Gepäck mit **UNTERSCHIEDLICHEN** ⁽¹⁴⁾ Wellenlängen durchstrahlt wird. So kann man nicht nur die Form sondern auch das Material eines Gegenstands erkennen.

Eine weitere Anwendung findet die Röntgenstrahlung bei der Computer-**TOMOGRAPHIE** ⁽¹⁰⁾.

Hierbei rotiert der Röntgenapparat um den Körper, so wird er von allen Seiten durchleuchtet.

Lösungswort:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
R	Ö	N	T	G	E	N	S	T	R	A	H	L	U	N	G

Seite | 4

Anleitung

Weise deine Tutees darauf hin, dass es zu jeder Zeit erwünscht ist, Fragen zu stellen.

Das Ziel ist es, dass die Tutees etwas Neues lernen.

!!! Du musst nicht alle Fragen, welche die Tutees stellen, beantworten können!!!

!!! Niemand ist allwissend !!!

INFOBOX:

Lass den Tutees zunächst die erste Seite in Ruhe durchlesen und erkundige dich, ob sie alles verstanden haben.

Mögliche Schwierigkeiten:

- Einheit der Wellenlänge: nm = Nanometer $= 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ = ein Millionstel Millimeter
- Bei Fragen zum Spektrum, verweise auf den allgemeinen Strahlungsteil

FILM:

Ziel: Die Tutees sollen einen Überblick über die Röntgenstrahlung bekommen.

Weise die Tutees darauf hin, dass sie beim Film gut aufpassen sollen, damit sie den Lückentext auf der nächsten Seite sorgfältig ausfüllen können.

Starte den Film und erfrage, ob die Lautstärke angenehm ist.

!!! Achte darauf, dass sie während des Films nicht den Lückentext bearbeiten!!!

Seite | 3



Wie du im Film bereits gesehen hast, gibt es für die Röntgenstrahlung einige Anwendungsgebiete. In den folgenden Abbildungen kannst du ein paar davon sehen. Besprecht gemeinsam mit deinem/r TutorIn, um welche Anwendungen es sich handelt.

Anwendungsgebiete



© NMR Medical GmbH

COMPUTERTOMOGRAPHIE



STRAHLENTHERAPIE



FLUGHAFENSICHERHEIT



RÖNTGENDIAGNOSTIK



© Charles D. B.

WERKSTOFFPRÜFUNG

LÜCKENTEXT:

Ziel: Die Tutees sollen das erworbene Wissen vertiefen.

Die Tutees sollen versuchen, den Lückentext mit dem im Film erworbenen Wissen möglichst selbstständig auszufüllen.

Bei Schwierigkeiten hilf ihnen, indem du sie fragst:

- Welche Begriffe sind möglich?
- Was denkst du könnte passen? etc.

Falls die Tutees dennoch nicht weiter wissen, hast du ein foliertes Kärtchen mit allen richtigen Begriffen zur Verfügung.

Zeige ihnen das Kärtchen und frage, ob sie ein Wort finden, dass passen könnte.

Lass das Kärtchen nicht offen liegen, sondern drehe es nach jedem Gebrauch wieder um!

!!! Sage ihnen das richtige Wort NICHT vor, sondern lasse sie alleine überlegen !!!

Hilf den Tutees die Lösungsbuchstaben in die richtigen Kästchen einzusetzen.



Lies dir die folgenden Texte zu den medizinischen Anwendungen durch, um mehr über diese zu erfahren. Im Anschluss sollst du einige Fragen dazu beantworten können.

Röntgendiagnostik

Zur Röntgendiagnostik zählen **normale Röntgenuntersuchungen** sowie die **Computertomographie**.

Auf Röntgenbilder lassen sich helle und dunkle Flächen und Umrisse erkennen. Die **hellen Gebiete** entstehen, wenn Röntgenstrahlen **aufgenommen** werden. Das passiert bei chemischen Elementen mit **hoher Ordnungszahl**, z.B. bei Kalzium (Ordnungszahl = 20) in den **Knochen**.

Organe lassen Röntgenstrahlen leichter durch und werden deshalb auf den Röntgenbildern in unterschiedlichen **Graustufen** dargestellt.

Um also z.B. Magen, Darm, Venen und Arterien am Röntgenbild besser sichtbar zu machen, werden verschiedene **Kontrastmittel** verwendet.

Strahlentherapie

In der Strahlentherapie ist die Strahlenbelastung sehr viel höher als bei der Röntgendiagnostik.

Röntgenstrahlung wird gezielt eingesetzt, um jenes **Gewebe zu zerstören**, welches erkrankt ist (Krebszellen). Dabei ist die Strahlendosis so zu wählen, dass sich gesundes Gewebe durch die Reparaturmechanismen in den Zellen ausreichend regenerieren kann.



Beantworte die folgenden Fragen und berate dich gegebenenfalls mit deinem/r TutorIn.

Versuche zu beschreiben, wie die dunklen Stellen am Röntgenbild entstehen.

Die dunklen Stellen entstehen dadurch, dass **Organe, Haut, Venen die Röntgenstrahlung**

besser durchlassen, als z.B. Knochen. Sie nehmen die Röntgenstrahlung nicht so gut auf.

Erkläre wie Organe und Venen am Röntgenbild besser sichtbar gemacht werden.

Organe und Venen werden durch **Kontrastmittel gut sichtbar gemacht. Das Kontrastmittel**

nimmt die Röntgenstrahlung mehr auf, weil es Elemente mit höherer Ordnungszahl beinhaltet.

ANWENDUNGSGEBIETE:

Ziel: Die Tutees sollen lernen, wo Röntgenstrahlung zum Einsatz kommt.

Versuche die Tutees durch Fragen an die Begriffe heranzuführen.

Versteife dich nicht auf die Lösungsbegriffe, sondern lass auch gleichbedeutende Wörter als richtig gelten.

Hilfreiche Fragen:

- Wo liegt der Unterschied von Bild 1 und 2? (Strahlentherapie: Zerstören von Krebszellen, Netzhaube zur Stabilisierung des Patienten (für genauere örtliche Bestrahlung), CT: am Bild sind die Röntgenbilder zu sehen)
- Welche Anwendung kann Röntgenstrahlung in der Medizin noch haben?
- Was ist auf Bild 3 abgebildet?
- Hast du dazu etwas im Film gesehen?
- Was kannst du am Bild erkennen?
- Was macht der Arzt mit den Röntgenbildern?
- Welchen Sinn kann es haben, ein Auto zu röntgen?
- Wie könnte man das nennen?

Gleichbedeutende Begriffe:

- Computertomographie: CT
- Strahlentherapie: Strahlentherapie, Krebstherapie, Röntgentherapie
- Flughafensicherheit: Röntgenscanner, Röntgengerät, Röntgenapparat
- Röntgendiagnostik: Röntgendiagnose, Röntgenbilder
- Werkstoffprüfung: Werkstoffüberprüfung, Qualitäts(über)prüfung, Material(über)prüfung, Werkstoffanalyse, Materialanalyse, ...



Jetzt hast du schon vieles über die Entstehung von Röntgenbildern erfahren. Versuche jeder Abbildung auf der linken Seite, das dazu passende Röntgenbild zuzuordnen!



INFOBOXEN:

Ziel: Die Tutees sollen die Funktion der Röntgenstrahlung in der Medizin verstehen, z.B.: Wie entstehen Röntgenbilder?

Lass den Tutees zunächst die beiden Infoboxen in Ruhe durchlesen und erkundige dich, ob sie alles verstanden haben.

Mögliche Schwierigkeiten:

- Ordnungszahl = Anzahl der Elektronen eines chemischen Elements
- Warum sind die Knochen weiß, obwohl keine Röntgenstrahlung auftrifft?
→ Die Röntgenbilder zeigen meist das Negativ!
- Kontrastmittel: Erfrage, welche Eigenschaft das Kontrastmittel haben muss?
→ Kontrastmittel besteht aus Elementen mit hoher Ordnungszahl

FRAGEN:

Ziel: Die Tutees sollen mit dem gerade erworbenen Wissen neue Erkenntnisse zum Thema Kontrastmittel und Röntgenbilder erlangen.

Lass die Tutees eigenständig Erklärung geben und Sätze bilden. Versteife dich nicht auf die Formulierung, sondern achte auf den Inhalt.

Wenn sie es nicht vollständig erklären können, versuche sie durch Fragen hinzuführen!

Wenn du zwei oder mehr Tutees hast, lasse sie ihre Vermutung zuerst aufschreiben, bevor du sie mit ihnen besprichst!



Wie im Film gezeigt, ist der Schutz vor ionisierender Strahlung sehr wichtig.
Informiere dich darüber in den folgenden Infoboxen.

Strahlenschutz

Ionisierende Strahlung schädigt das Gewebe **direkt in der DNA (DNS)** einer Zelle.

Da wir ständig von natürlicher und kosmischer Strahlung umgeben sind, hat der Körper **Reparaturmechanismen** gegen deren schädigende Wirkung entwickelt.

Da sich unser Körper nur in einem gewissen Rahmen selbst regenerieren kann, wurden Schutzmaßnahmen gegen ionisierende Strahlung entwickelt.

Bei einer Röntgenuntersuchung wird nicht zu untersuchendes, empfindliches Gewebe durch eine **Bleiabschirmung** (z.B. Bleischürze, Bleiverglasung) vor der ionisierenden Strahlung geschützt.

Das Element Blei (Pb) besitzt wegen seiner hohen Ordnungszahl und hoher Dichte eine sehr gute Aufnahmefähigkeit der Röntgenstrahlung. Es ist sehr kostengünstig und leicht zu verarbeiten.

Einheit und Strahlendosis

Unter **Strahlenexposition** wird die **Einwirkung von ionisierender Strahlung** auf Lebewesen oder auf Materie zusammengefasst.

In der Physik wird die Einheit **Sievert (Sv)** für die Strahlendosis verwendet.

Die **natürliche Strahlenbelastung** setzt sich vorwiegend aus dem in der Natur vorkommenden radioaktiven Radon (Rn) und der kosmischen Höhenstrahlung zusammen. Der Wert am Boden beträgt **2,4 mSv pro Jahr**.

Bei den meisten medizinischen Untersuchungen liegt die Strahlendosis weit unter der natürlichen Strahlenbelastung: **0,1 bis 5 mSv** pro Röntgenaufnahme. Eine Ausnahme bildet die **Computertomographie mit 10 mSv bis 20 mSv** pro Scan.

Zum Vergleich

Bei einem **Langstreckenflug** von Frankfurt nach Tokio beträgt die Belastung **0,1 mSv**.

Gesetzliche Regelung

Gesetzlich werden die Grenzwerte für Strahlenbelastung im **Strahlenschutzgesetz** und untergeordneten Verordnungen, z.B. Röntgenverordnung festgelegt. Für die normale Bevölkerung beträgt die festgelegte, **maximale Jahresdosis 3,4 mSv** (ohne medizinische Maßnahmen). Die maximale erlaubte Jahresdosis für Personen, die beruflich mit Strahlung in Kontakt kommen (z.B. medizinisches Personal, Flugpersonal) beträgt 20 mSv.

Somit wird bereits mit einer Computertomographie der gesetzlich festgelegte Grenzwert erreicht.

BILDERRÄTSEL:

Ziel: Die Tuttees sollen eine Verbindung zwischen Röntgenbild und realem Bild erkennen können.

Lass die Tuttees eigenständig arbeiten und kontrolliere das Rätsel erst, wenn sie fertig sind.

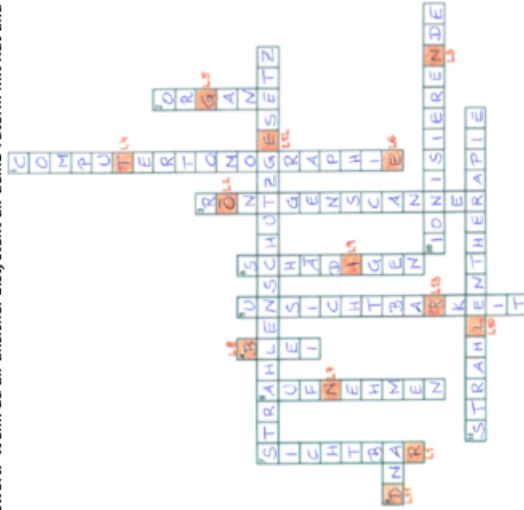
Sollte es Fehler geben, versuche sie zur Lösung hinzuführen, ohne ihnen das Ergebnis zu verraten.

Mögliche Schwierigkeiten:

- Bei Maus und Chamelion: Falls sie diese vertauschen, weise sie darauf hin, dass sie sich den Kopf oder die Beine genauer ansehen.



Du hast jetzt sehr viel über Röntgenstrahlung in Erfahrung gebracht. Im folgenden Rätsel werden die wichtigsten Begriffe dazu nochmal gesucht. Fügt man die markierten Buchstaben in der richtigen durchnummerierten Reihenfolge aneinander, ergibt sich ein Lösungswort. Wenn du dir unsicher bist, steht dir deinE TutorIn mit Rat und Tat zur Seite.



Waagrecht

7. Welche Vorgabe regelt die Grenzwerte für die Strahlenbelastung? **STRAHLENSCHUTZGESETZ**
9. Was genau wird im Körper durch Röntgenstrahlung geschädigt? **DNA**
10. Röntgenstrahlung ist eine **IONISIERENDE** Strahlung.
11. Nenne neben der Röntgendiagnostik noch ein Anwendungsgebiet der Röntgenstrahlung in der Medizin. **STRAHLENTHERAPIE**

Senkrecht

1. Bei welcher medizinischen Untersuchung entsteht die höchste Strahlenbelastung?
COMPUTERTOMOGRAPHIE
2. Durch das Kontrastmittel können **ORGANE** am Röntgenbild besser sichtbar gemacht werden.
3. Eines der Anwendungsgebiete von Röntgenstrahlen ist der **RÖNTGENSCANNER** im Flughafen.
4. Welches Material wird zur Abschirmung von Röntgenstrahlen verwendet? **BLEI**
5. Eine Eigenschaft der X-Strahlen ist ihre **UNSICHTBARKEIT**.
6. Da Röntgenstrahlung ionisierend ist, kann sie Zellen **SCHÄDIGEN**.
7. Röntgenstrahlen sind für das Auge nicht **SICHTBAR**.
8. Knochen erscheinen am Röntgenbild hell, weil sie die Röntgenstrahlen **AUFNEHMEN**.

Lösungswort:

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13
R	Ö	N	T	G	E	N	B	I	L	D	E	R

INFOBOXEN:

Ziel: Die Tutees sollen die Gefährlichkeit von Röntgenstrahlung besser einschätzen können.

Lass den Tutees zunächst die Infoboxen in Ruhe durchlesen und erkundige dich, ob sie alles verstanden haben.

Mögliche Schwierigkeiten:

- Natürliche Strahlung wird bei „Einheit und Strahlendosis“ erklärt
- Kosmische Strahlung:

Die kosmische Strahlung ist eine Strahlung aus dem Weltall, die von der Sonne, der Milchstraße usw. kommt.

- Blei hat die Ordnungszahl 82 (kann man im Periodensystem nachlesen)

- mSv = Millisievert = $1 \cdot 10^{-3}$ Sv = ein Tausendstel Sievert

- Welche Strahlung ist noch ionisierend? → Gammastrahlung

- Das CT übersteigt die max. Jahresdosis. Hierbei sind aber medizinische

Maßnahmen ausgeschlossen

Tomographie unterschiedlichen

Spannung

Energie Lichtgeschwindigkeit

Röntgen

neugierig Röntgenscanner

Hand

gläsernen Öffnen

Abdecken

Trompete November

Glasröhre

negativ

EVALUATION 1

SCHULE:

Datum:

KLASSE:

Kombination: **MW/R**

Schülercode _____

männlich  ☐

weiblich  ☐

Röntgen

Bitte kreuze deine Antworten an und beantworte die offenen Fragen.

(1) Ist dir der Begriff "Röntgenstrahlung" bekannt? ☐ JA ☐ NEIN

(2) Wurdest du schon einmal geröntgt? ☐ JA ☐ NEIN

(3) Welche charakteristischen Eigenschaften verbindest du mit Röntgenstrahlung (mehrere Antworten möglich)?

- | | | | |
|-----|-----------------------------------|---|----------------------------------|
| (a) | ☐ sichtbar | ☐ nicht sichtbar | ☐ weiß nicht |
| (b) | ☐ ionisierend | ☐ nicht ionisierend | ☐ weiß nicht |
| (c) | ☐ gefährlich | ☐ nicht gefährlich | ☐ weiß nicht |
| (d) | ☐ Welle | ☐ Teilchen | ☐ beides |

(4) Knochen erscheinen am Röntgenbild hell. Versuche dies zu erklären.

(5) Nenne die physikalische Einheit der Strahlendosis.

(6) Wer hat die Röntgenstrahlungen entdeckt?

Röntgen

(7) Wie wird die Röntgenstrahlung noch bezeichnet?

(8) Versuche die Entstehung von Röntgenstrahlung zu erklären.

(9) Welche Anwendungsbereiche für Röntgenstrahlung kennst du?

(10) Wie schätzt du Röntgenstrahlung ein?

1	2	3	4
unbedenklich	etwas unbedenklich	gefährlich	sehr gefährlich

Begründe!

(11) Gib an, wie sich Röntgenstrahlung abschirmen lässt.

1	2	3	4
sehr leicht	leicht	aufwändig	sehr aufwändig

Begründe!
