



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis
„Empirische Erhebung von
Schülervorstellungen zum Thema
Gefahren und Nutzen elektromagnetischer
Strahlung für den Menschen.“

verfasst von/ submitted by
Jennifer Scarlett Kappel, BA

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

Wien, 2020 / Vienna, 2020

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

A 190 412 333

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

Lehramtsstudium UF Physik
und UF Deutsch

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Thomas Plotz

Danksagung

An erster Stelle möchte ich allen Danken, die mich durch das Studium begleitet haben, mich inspiriert und gefordert haben, die an mich geglaubt und mich zu neuen Ansichten ermutigt haben.

Hiermit spreche ich meinen Dank an Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf aus, der sich dazu bereit erklärt hat, meine Diplomarbeit zu betreuen und mir dadurch die Möglichkeit auf eine fachdidaktische Arbeit geboten hat.

Ein besonderer Dank ist an Mag. Dr. Thomas Plotz zu richten, der diese Diplomarbeit mitbetreut hat und stets immer die richtigen Worte gefunden hat, wenn es um das Durchhalten und um Unsicherheiten ging. Erst durch ihn, konnte diese Diplomarbeit in dieser Form vorliegen.

Leittragende Figuren der Universität Wien, die das Physikstudium in einem neuen Licht erscheinen ließen und mich dadurch zur Höchstleistung motiviert haben, stellen ao. Univ.-Prof. i.R. Dr. Dr. h.c. Paul Wagner und Prof. Mag. Dr. Ilse Bartosch dar. Ein großer Dank ist ihnen auszusprechen, da ich durch sie ein neues Verständnis für die Physik entwickeln konnte.

Kummer, Angst, Leid, Freude, Mut, Hoffnung, Motivation, Liebe – all das war wichtig! All das war nötig! Daher spreche ich hier meinen allergrößten Dank aus, der sich an meine allerliebsten Freundinnen, Elisabeth, Lisa und Melanie, richtet. Wir haben das Studium gemeinsam gemeistert.

Vor allem meiner Oma möchte ich danken. Sie war immer die wichtigste Person in meinem Leben und war immer da für mich.

Papa und Mama, die vom ersten Tag an, an mich geglaubt haben und vor Beendigung des Studiums schon stolz auf mich waren, mich unterstützten und ermutigten, spreche ich hiermit einen großen Dank aus.

Der größte Dank gilt meinem Mann, der sich die Höhen und Tiefen des Studiums und des Schreibens mitangesehen hat und dennoch die Ruhe bewahrt hat. Wenn ich in der Dunkelheit stand und nicht mehr weiter wusste, warst du stets meine Sonne.

Plagiatserklärung

Hiermit erkläre ich, die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben. Alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommenen Textpassagen und Gedankengänge sind durch genaue Angabe der Quelle in Form von Anmerkungen bzw. in Text-Zitationen ausgewiesen. Dies gilt auch für Quellen aus dem Internet, bei denen zusätzlich URL und Zugriffsdatum angeführt sind. Mir ist bekannt, dass der Fall von Plagiat zur Nicht-Bewertung führt und der Studienprogrammleitung gemeldet werden muss. Ferner versichere ich, diese Arbeit nicht bereits andernorts zur Beurteilung vorgelegt zu haben.

Wien, am 27.02.2020

Jennifer Scarlett Kappel, BA

Abstract Deutsch

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, mittels empirischer Untersuchung die bereits vorhandenen Eindrücke von Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung zu bestätigen sowie zu erweitern. Das Themengebiet der Strahlung ist bisher – im Gegensatz zu anderen Themengebieten des Physikunterrichts – wenig untersucht worden. Der aktuelle Forschungsstand der AECC Physik der Universität Wien bietet hierbei die Grundlage für diese Arbeit, da die moderne Fachdidaktik Vorstellungen zu verschiedenen Themenbereichen der Physik erforscht, um diese innerhalb des Unterrichts effektiv einzuplanen und somit Fehlvorstellungen Seitens der Schüler und Schülerinnen entgegenzuwirken.

Diese Arbeit ist als Fortsetzung der Untersuchung von elektromagnetischer Strahlung bezüglich ihrer Eigenschaften der *Gefährlichkeit* und *Nützlichkeit* zu verstehen. So werden acht Schüler und Schülerinnen eines Wiener Oberstufenrealgymnasiums zur Befragung mittels Interviewleitfaden herangezogen.

Die Untersuchung zeigt, dass Schüler und Schülerinnen einige Fehlvorstellungen hinsichtlich des Impuls- und Energietransportes sowie dem damit verbundenen Faktor der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Materie aufzeigen. Die vorliegende Diplomarbeit lässt durch eine qualitative Inhaltsanalyse der Interviews in die Schülerperspektive eintauchen. Dieser Aspekt soll einerseits Lehrern und Lehrerinnen als Anhaltspunkt für die Konzeption des Unterrichts und andererseits als Anregung für weiterführende Untersuchungen dienen.

Abstract English

It is the aim of this diploma thesis to confirm and expand on existing insights on students' perceptions about electro-magnetic radiation by means of empirical research. Compared to other topics in teaching physics, the topic of radiation has not been researched widely so far. Theoretical base for this thesis is the state-of-the-art research of the AECC Physics of University of Vienna as modern didactics research students' perceptions on various topics in Physics to effectively account for them in teaching and therefore to counteract on students' misconceptions.

This thesis follows research of electro-magnetic radiation regarding its properties hazardousness and usefulness. For this purpose, interviews have been conducted with eight students of an upper secondary grammar school in Vienna.

This research shows some misconceptions of students concerning wave transport and momentum as well as related reciprocity of electro-magnetic radiation and matter. This diploma thesis provides insights into students' conceptions by means of a qualitative content analysis. This aspect serves the purpose of guiding teachers in designing lessons on the one hand, and offering stimulus for further investigations of the topic on the other hand.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Plagiatserklärung	III
Abstract Deutsch	V
Abstract English	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	IX
Abbildungen	IX
Tabellen	IX
<u>1. EINLEITUNG</u>	<u>1</u>
<u>2. FACHLICHE KLÄRUNG</u>	<u>3</u>
2.1 WAS IST ELEKTROMAGNETISCHE STRAHLUNG	3
2.2 WANN IST STRAHLUNG GEFÄHRLICH?	9
2.3 EXPOSITIONSMAßE, DOSISBEGRIFFE, MESSGRÖßEN, EINHEITEN	12
2.4 MEDIZINISCHER EINSATZ – „GEFÄHRLICHE“ STRAHLUNG „NÜTZLICH“ ANGEWANDT	16
<u>3. FACHDIDAKTISCHE THEORIE</u>	<u>22</u>
3.1 URSPRUNG DER SCHÜLERVORSTELLUNGEN	22
3.2 DIE NATUR DES KONSTRUKTIVISMUS	23
3.3 SPRACHBARRIERE: ALLTAGS- UND BILDUNGSSPRACHE	28
<u>4. ANFORDERUNGEN AN DEN PHYSIKUNTERRICHT</u>	<u>34</u>
4.1 DIDAKTISCHE REKONSTRUKTION: UMGANG MIT SCHÜLERVORSTELLUNGEN IM PHYSIKUNTERRICHT	34
4.2 SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUR ELEKTROMAGNETISCHEN STRAHLUNG	39
<u>5. VORÜBERLEGUNGEN ZUR FORSCHUNGSFRAGE</u>	<u>44</u>
5.1 FORSCHUNGSFRAGE	44
5.2 LEHRPLANBEZUG	45
<u>6. FORSCHUNGSMETHODE</u>	<u>46</u>
6.1 QUALITATIVE UNTERSUCHUNG VON INTERVIEWS	46
6.2 LEITFADENINTERVIEW	52
6.3 BESCHREIBUNG DER DURCHFÜHRUNG	60

<u>7.</u>	<u>AUSWERTUNGSMETHODE</u>	61
<u>8.</u>	<u>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</u>	66
8.1	BESTÄTIGUNG BEKANNTER SCHÜLERVORSTELLUNGEN	66
8.2	BESTÄTIGUNG WEITERER VORSTELLUNGEN ZUR IR- UND UV-STRAHLUNG	72
8.3	ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER KATEGORIEN	75
8.4	ERMITTLUNG NEUER ANSÄTZE ANHAND DER ANALYSE	98
8.5	VORSTELLUNGSWECHSEL DER PROBANDEN INNERHALB DES INTERVIEWS	100
<u>9.</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</u>	114
9.1	LIMITATIONEN	114
9.2	AUSBLICK	116
<u>10.</u>	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	118
Anhang		i
Interviewtranskripte		i
Notationshinweise		i
Interview S1		i
Interview S2		viii
Interview S3		xv
Interview S4		xxv
Interview S5		xxxii
Interview S6		xli
Interview S7		xlix
Interview S8		lxv

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

ABBILDUNG 1: VERANSCHAULICHUNG DER STRAHLUNGSARTEN UND DEREN EINTEILUNG INNERHALB DES ELEKTROMAGNETISCHEN SPEKTRUMS.....	5
ABBILDUNG 2: DARSTELLUNG EINER ELEKTROMAGNETISCHEN WELLE	7
ABBILDUNG 3: SCHWELLENDOSEN	16
ABBILDUNG 4: FACHDIDAKTISCHES TRIPLETT NACH KATTMANN ET AL.	34
ABBILDUNG 5: PHASENMODELL NACH MAYRING (2015)	49
ABBILDUNG 6: KATEGORIE 1 "STRAHLUNG IST GEFÄHRLICH"	63
ABBILDUNG 7: KATEGORIE 2 "STRAHLUNG IST NÜTZLICH"	64
ABBILDUNG 8: KATEGORIE 3 "GEFÄHRLICHE STRAHLUNG IST NÜTZLICH"	65

Tabellen

TABELLE 1: MERKMALE ZUR CHARAKTERISIERUNG DER STRAHLUNG	5
TABELLE 2: KURZÜBERBLICK: EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNGEN DER WELLENARTEN	7
TABELLE 3: BASISIDEEN NACH PLOTZ T. ZUM STRAHLUNGSUNTERRICHT ANHAND DES WELLENMODELLS	8
TABELLE 4: MERKMALE DER BILDUNGSSPRACHE	32
TABELLE 5: INTERVIEWLEITFADEN.....	60

*„Idee“ ist sprachwissenschaftlich mit „Eidos“ (griech. Bild) verbunden.
Eine neue Idee ist die spontane Entscheidung eines inneren Bildes von etwas,
das vorher nicht existierte.
Der Ursprung jedes kreativen Prozesses ist eine Idee.
Unsere Fähigkeit, neue Ideen zu haben, das heisst schöpferisch zu sein, ist die
Gabe,
die wir mit dem Schöpfer der allerersten, der ursprünglichen Idee teilen,
der Idee, aus der heraus die Welt geboren wurde.
Diese Gabe ist unser göttliches Erbe.*

(Hofmann A. 2003, S.48.f.)

1. Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit widmet sich der physikdidaktischen Untersuchung hinsichtlich der Fehlvorstellungen, die Schüler und Schülerinnen innerhalb des Unterrichts durch weniger günstige Begrifflichkeiten oder auch durch die Alltagswelt entwickeln können. Das elektromagnetische Spektrum mit ihren Strahlungsarten, das zum Teil aus sichtbarer und zum Teil aus nicht-sichtbarer Strahlung besteht, findet bereits in der Unterstufe ihre erste Nennung und sollte nach der Pflichtschule von Seiten der Schüler und Schülerinnen in die alltägliche Lebenswelt integriert werden, da „Strahlung“ allgegenwärtig ist.

Um Schülervorstellungen bestätigen oder erweitern zu können, benötigt man eine empirische Untersuchung, die sich gut durch ein Leitfadeninterview erheben lassen.

So steht bei der vorliegenden Arbeit die fachliche Klärung gleich am Beginn und bildet das zweite Kapitel. Dieses Kapitel erschließt die Folgerichtigkeit des elektromagnetischen Spektrums und weist auf den Umstand bzw. Unterschied zwischen EM-Strahlung und Teilchenstrahlung, ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung sowie Strahlung aus dem Kern oder der Hülle hin. Auch die Eigenschaften der einzelnen Strahlungsarten werden in einem Überblick vorgestellt. Ein weiterer Punkt des zweiten Kapitels stellt die Frage nach der Gefährlichkeit der Strahlungsart dar – also, ab wann sie gefährlich ist. Auf Expositionsmaße, den Dosisbegriff und die Messgrößen mit ihren Einheiten wird ebenfalls eingegangen. Beispiele für medizinische Einsatzbereiche der ionisierenden Strahlung schließen das Kapitel der fachlichen Klärung.

Das dritte Kapitel schreibt sich der fachdidaktischen Theorie zu und stellt zunächst den Ursprung von Schülervorstellungen vor. Anschließend wird eine Parallele zum Konstruktivismus gelegt, der für die Entwicklung von Schülervorstellungen eine erhebliche Rolle spielt. Der Faktor Sprache und Sprachbarrieren sowie Spracharbeit im Physikunterricht findet ebenso seine Berechtigung im dritten Kapitel, da über Kommunikation und Sprache viele Misskonzepte erfolgen können. So wird zwischen

der Alltags- und Bildungssprache grundlegend unterschieden und Merkmale angeführt.

Kapitel vier umfasst die Anforderungen an den Physikunterricht, die aus der didaktischen Rekonstruktion, welche die fachliche Klärung, die didaktische Strukturierung und das Erfassen von Schülerperspektiven umfasst, und die bereits bekannten Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung.

Welchem Interesse diese empirische Arbeit zugrunde liegt, wird in Kapitel fünf genauer beleuchtet. Hier wird die Entwicklung der Forschungsfrage sowie der Lehrplanbezug des Themas beschrieben und begründet.

Die detaillierte Beschreibung der Forschungsmethode der qualitativen Untersuchung von Interviews erfolgt im sechsten Kapitel. Auch das Forschungsinstrument, das Leitfadeninterview, ist innerhalb dieses Kapitels angeführt. Die Beschreibung der Durchführung der Testung bzw. des Interviews bildet das Ende des sechsten Kapitels.

Das Kapitel sieben widmet sich der Auswertungsmethode nach Mayring und umfasst die Ausarbeitung von Kategorien, die für die weitere Analyse, die in Kapitel acht durchgeführt wird, erforderlich sind.

Die Bestätigung bekannter Schülervorstellungen sowie Schülervorstellungen zur IR- und UV-Strahlung bilden den Anfang des Kapitels acht. Des Weiteren werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse der durchgeführten Analyse der Interviews hinsichtlich der zuvor erarbeiteten Kategorien, präsentiert und diskutiert. Den Abschluss des Kapitels bildet der Vorstellungswechsel der befragten Personen, der innerhalb der Interviews hinsichtlich der einzelnen Strahlungsarten aufgefallen ist.

Das neunte Kapitel bildet das Ende der vorliegenden Diplomarbeit und beschäftigt sich mit den Limitationen des Materials bzw. des Interviews an sich. Probleme und Verbesserungsvorschläge werden in diesem abschließenden Kapitel diskutiert. Außerdem bildet die Forschungslücke bzw. eine Forschungsfrage im Ausblick den Kernpunkt als Hypothese, die für weitere Untersuchungen hinsichtlich Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung von Relevanz ist.

Die transkribierten Interviews werden im Anhang zur Nachlese bereitgestellt.

2. Fachliche Klärung

„Es ist schwieriger, eine vorgefasste Meinung zu zertrümmern als ein Atom.“

(Albert Einstein 1879-1955)

2.1 Was ist elektromagnetische Strahlung

Zu Beginn soll auf die fachliche Klärung des Begriffes der Strahlung eingegangen werden. Dieser Umstand hat sich als eine Schwierigkeit erwiesen, da ein Begriff, der doch jedem aus dem Physikunterricht geläufig ist, aus physikalischer Perspektive kaum definiert wird. So kann hier auf Plotz (2017) verwiesen werden, welcher diesen Umstand innerhalb seiner Dissertation bereits aufgezeigt hat:

Eine allgemeine Definition für den Begriff Strahlung zu finden, stellt den Ausgangspunkt einer fachlichen Klärung dar. Beim Begriff der Strahlung bemerkt man, dass dies kaum zu bewerkstelligen ist. Weder Fach- noch Sachbücher stellen eine solche allgemeine Definition zur Verfügung. Spezifische Definitionen finden sich in unterschiedlicher Weise.¹

Auch Kiefer (2012) eröffnet sein erstes Kapitel mit dem Versuch den Begriff der Strahlung zu klären und wirft das Licht auf die Vorstellung der Menschen, wenn diese lediglich mit dem Begriff 'Strahlung' konfrontiert werden, wie folgt:

Das Wort „Strahlen“ birgt für viele Menschen – je nach Gemütslage – etwas Leuchtendes, oft auch Unheimlich-Mystisches. Im Alltag verbindet man damit Gedanken an die strahlenden Augen der Kinder oder von Liebenden, man denkt

¹ Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S.31

an das strahlende C-Dur gegen Ende von Mozarts „Zauberflöte“, wo es heißt „Die Strahlen der Sonne vertreiben die Nacht.“²

Es wird also in den Köpfen der Menschen meist eine andere Vorstellung hinsichtlich des Begriffs der 'Strahlung' generiert. Doch, weiß man auch, dass es sich um elektromagnetische 'Strahlung' handelt, so lässt sich der Begriff dennoch schwer in physikalischer Fachliteratur finden bzw. geht man meist davon aus, dass der Leser oder die Leserin bereits wissen muss, worum es sich bei der Definition dieser Begrifflichkeit handelt.³

Um die Vielfalt an Definitionen einzugrenzen, spricht Plotz (2017) bei der Charakterisierung der Strahlung von drei Merkmalen, welche in folgender Tabelle 1 zusammengefasst worden sind:

Teilchenstrahlung und EM-Strahlung	Hier wird zwischen Welle und Teilchen unterschieden, wobei diese Klassifizierung ebenfalls nicht eindeutig abzugrenzen ist. Hier wäre eine Unterscheidung über die Masse ein sinnvoller Zugang. Betrachtet man die Teilchenstrahlung, müssten die Teilchen eine Ruhemasse aufweisen. Jedoch würden hier Photonen ausgeschlossen werden und nur Elektronen sowie Neutronen usw. betrachtet werden.
Ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung	Hier findet die Unterscheidung über den Weg der Strahlungsenergie statt. Ist die Energie der Strahlung hoch genug, spricht man von einer ionisierenden Strahlung. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Gamma-, Röntgen- und UV-Strahlung. Radio-, Mikrowellen-, Infrarotstrahlung und sichtbares Licht zählen zur nicht-ionisierenden Strahlung.

² Kiefer, J. (2012): Strahlen und Gesundheit. Nutzen und Risiken. 1.Auflage. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 1

³ Vgl. Ebd. S.1.

Strahlung aus dem Kern oder aus der Hülle	Hier wird die Strahlungsquelle untersucht, wobei diese Quelle der Atomkern (Bsp.: β – Strahlung oder γ – Strahlung) oder die Hülle sein kann.
---	--

Tabelle 1: Merkmale zur Charakterisierung der Strahlung⁴

Anhand dieser Auflistung über die Einteilungsmöglichkeiten und der damit einhergehenden Charakterisierung des Begriffes Strahlung, wird, um weitere Schwierigkeiten zu vermeiden, in dieser Arbeit der Energieaspekt und somit eine Einteilung zwischen ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung herangezogen.

Diese Strahlungsarten werden innerhalb des elektromagnetischen Spektrums, einer guten Veranschaulichung für den Physikunterricht, um Schüler und Schülerinnen den Energiecharakter verdeutlichen zu können, zusammengefasst. Strahlung mit hoher Energie findet sich im hochfrequenten Bereich, Strahlung mit niedriger Energie im niederfrequenten Bereich des Spektrums wieder. Die nachstehende Abbildung 1 zeigt die Einteilung der Strahlungsarten anhand ihrer Wellenlänge bzw. Frequenz innerhalb des elektromagnetischen Spektrums:

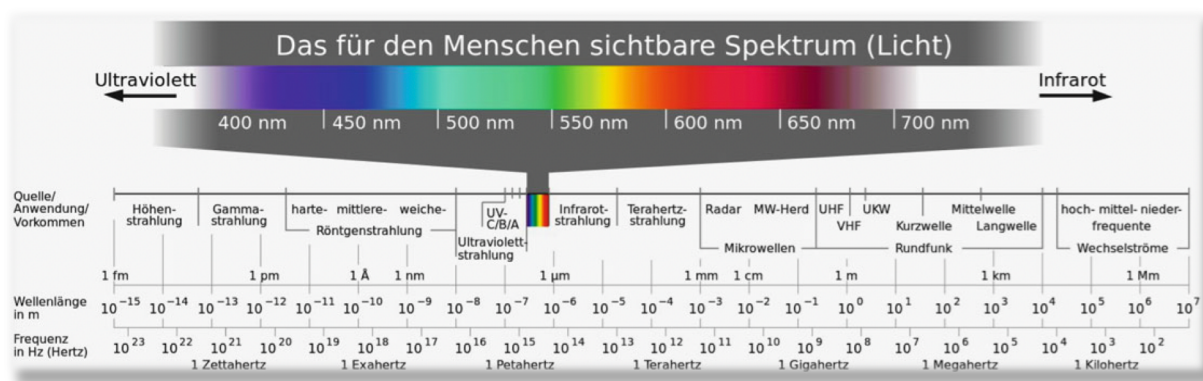


Abbildung 1: Veranschaulichung der Strahlungsarten und deren Einteilung innerhalb des elektromagnetischen Spektrums⁵

⁴ Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 32.f.

⁵ Hanslmeier, A. (2017): Das helle und das dunkle Universum. Was uns die Strahlung über Himmelsobjekte verrät. Berlin: Springer Spektrum. S. 6.

Um einen groben Überblick über die Einteilung, Eigenschaften und Anwendung der Strahlungsarten zu verschaffen, soll folgende Tabellen dienen:

Art der Wellen	Frequenz f in Hz	Wellenlänge λ in m	Eigenschaften	Anwendungen
Technischer Wechselstrom	30 – 300	$10^7 - 10^6$	Leichte Erzeugbarkeit, einfache Übertragbarkeit mithilfe von Leitern	Gewinnung und Übertragung elektrischer Energie
Tonfrequenter Wechselstrom	$3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^4$	$10^5 - 10^4$	Frequenzbereich entspricht dem des für den Menschen hörbaren Schalls	Übertragung von Sprache und Musik mit Leitungen (Telefonie)
Hertzsche Wellen	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^9$	$10^4 - 0,1$	Gute Ausbreitung in Luft, teilweise Reflexion an Schichten der Atmosphäre	Radio Mobilfunk Fernsehen Radar
Mikrowellen	$3 \cdot 10^9 - 10^{13}$	$0,1 - 3 \cdot 10^{-5}$	Eindringen in viele Stoffe und dabei Absorption	Mikrowellenherd Mikrowellen-therapie
Infrarotes Licht	$10^{13} - 3,8 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-5}$ bis $7,8 \cdot 10^{-7}$	Tiefes Eindringen in menschliche Haut, gute Absorption durch viele Stoffe	Wärmestrahlung (Infrarotstrahler) Infrarotfernbedienung
Sichtbares Licht	$3,8 \cdot 10^{14}$ bis $7,7 \cdot 10^{14}$	$7,8 \cdot 10^{-7}$ bis $3,9 \cdot 10^{-7}$	Vom Menschen mit dem Auge wahrnehmbar	Beleuchtung von Räumen (Lampen)
Ultraviolettes Licht	$7,7 \cdot 10^{14}$ bis $3 \cdot 10^{16}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$ bis 10^{-8}	Dringt durch äußere Hautschichten ein und ruft Veränderungen hervor (Bräunung, Sonnenbrand)	UV-Strahler (Höhensonne)
Röntgenstrahlung	$3 \cdot 10^{16} - 5 \cdot 10^{21}$	10^{-8} bis $6 \cdot 10^{-14}$	Unterschiedliches Durchdringen von weichem Gewebe und Knochen	Röntgendiagnostik und -therapie

Gammastrahlung und kosmische Strahlung	$> 3 \cdot 10^{18}$	$< 10^{-11}$	Großes Durchdringungs- vermögen von massiven Körpern	Fehlersuche in Strahlträgern oder in massiven Werkstücken
---	---------------------	--------------	--	--

Tabelle 2: Kurzüberblick: Eigenschaften und Anwendungen der Wellenarten⁶

Im späteren Kapitel 'Forschungsergebnisse' erinnern die Antworten der befragten Schüler und Schülerinnen an diesen Kurzüberblick hinsichtlich ihrer Eigenschaften und zum Teil ihrer Anwendungsbereiche.

Wie schon der Name verrät, setzt sich das elektromagnetische Spektrum aus elektrischen und magnetischen Feldvektoren zusammen, welche folglich eine elektromagnetische Welle beschreiben. Diese Errungenschaft geht auf die Maxwell-Gleichungen zurück, die hervorbringen, [...] *dass jedes veränderbare elektrische Feld auch ein magnetisches Feld erzeugt und umgekehrt.*⁷ Die nachfolgende Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar. So kann man gut erkennen, dass das E-Feld und das Magnetfeld senkrecht aufeinander stehen.

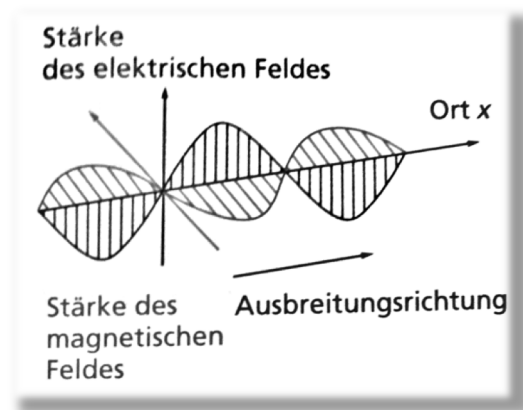


Abbildung 2: Darstellung einer elektromagnetischen Welle⁸

⁶ Duden (2011): Basiswissen Schule. Physik. Abitur. 3.Auflage. Berlin: Duden. S. 330.

⁷ Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S.36.

⁸ Duden (2011): Basiswissen Schule. Physik. Abitur. 3.Auflage. Berlin: Duden. S. 332.

Elektromagnetische Strahlung wird fast überall in der Literatur anhand ihrer Wellenlänge und Frequenz in verschiedene Bereiche eingeteilt, wobei das Produkt aus diesen beiden Aspekten (Wellenlänge und Frequenz) jeweils gleich der Lichtgeschwindigkeit ist⁹:

$$c = f * \lambda$$

Das elektromagnetische Spektrum kann mittels Teilchenmodell und/oder mittels Wellenmodell beschrieben werden. Für diese Arbeit wurde das Wellenmodell herangezogen. Plotz (2017) hat vier wichtige Basisideen zusammengetragen, welche in nachfolgender Tabelle aufgelistet sind:

1. <i>Elektromagnetische Strahlung wird anhand des Spektrums klassifiziert und geordnet. Jede Strahlungsart ist dort vertreten.</i>
2. <i>Elektromagnetische Strahlung benötigt für die Ausbreitung kein Medium. Jede Strahlung breitet sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus.</i>
3. <i>Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent. Wir leben in einem „Strahlungsbad“. Jede Strahlungsart umfließt uns in unterschiedlicher Intensität.</i>
4. <i>Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie sowie Impuls und wechselwirkt in unterschiedlicher Weise mit Materie.</i>

Tabelle 3: Basisideen nach Plotz T. zum Strahlungsunterricht anhand des Wellenmodells¹⁰

Wobei „Basisidee 4“ von Plotz (2017) als weitreichendste und fachlich komplexeste Idee beschrieben wird, da Schüler und Schülerinnen Probleme bei der Vorstellung hinsichtlich Energie- und Impulstransport innerhalb des Wellenbildes und hinsichtlich des Energiekonzepts aufweisen. Die Folge daraus besteht darin, dass eine

⁹ Vgl. Tipler P., Moska G. und Wagner J. (Hrsg.), (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. 7.Auflage. Heidelberg: Springer Spektrum. S. 989.

¹⁰ Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S.39.

Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung mit Materie von Seiten der Schüler und Schülerinnen her schwer bis gar nicht verstanden werden kann.¹¹

Innerhalb dieser Arbeit wurde diese Basisidee als Grundlage zur Ausarbeitung des Interviewleitfadens, der in einem späteren Kapitel vorgestellt wird, verwendet.

2.2 Wann ist Strahlung gefährlich?

Nachdem nun die `Aufgabe` des elektromagnetischen Spektrums geklärt wurde, soll in diesem Kapitel auf die Frage, ab wann Strahlung für den Menschen gefährlich ist sowie auf die Frage, anhand welcher Aspekte die angeführten Schwellenwerte gemessen wurden, eingegangen werden.

Physikalisch betrachtet ist diese Frage hinsichtlich ihrer Strahlungsenergie zu beantworten (s. Kap. 2.1, Tab. 1). *Röntgenstrahlung ist biologisch ebenso wirksam wie radioaktive Strahlung.*¹² Doch kommen hier weitere Faktoren hinzu, die nicht außer Acht gelassen werden sollten. Ionisierende Strahlung (Gamma-, Röntgen- und UV-Strahlung) und dessen biologischen Auswirkungen werden mit der jeweiligen Art der Strahlung, der Energiedosis und der Einwirkdauer in Verbindung gebracht. Eine hohe Strahlenbelastung, auch, wenn diese nur von kurzer Dauer ist, stellt für den Menschen eine besonders gefährliche Situation dar. Die Folgen einer Strahlenbelastung für den Menschen bestehen aus einer Zellveränderung, welche zweierlei Arten annehmen kann. Einerseits spricht man von somatischen Schäden – eine Veränderung der Körperzellen – sprich, Organschäden, Krebs, usw., andererseits werden genetische Schäden angeführt – eine Veränderung der Keimzellen, wie beispielsweise Sterilität, Erbkrankheiten und Missbildungen. Großer Abstand zur Strahlungsquelle, das Abschirmen der Strahlung durch eine Bleischürze und eine Verhinderung der Aufnahme der ionisierenden Strahlung können eine schädliche Zellveränderung verhindern.¹³

¹¹ Vgl. ebd. S.40.f.

¹² Duden (2010): Basiswissen Schule. Physik. 5. Bis 10. Klasse. 4.Auflage. Berlin: Duden. S. 345.

¹³ Vgl. Ebd. S. 345.

Doch was passiert, wenn Strahlung auf den menschlichen Körper trifft? Kiefer (2012) verweist bei der Abschwächung der Strahlung in Materie auf grundsätzliche Unterschiede, die nun genauer erläutert werden. In Kapitel 2.1 in Tabelle 1 ist eine Übersicht über die Einteilung hinsichtlich der Charakteristika der Strahlung zu finden. Nun soll ein genauerer Einblick erfolgen.

Wellenstrahlen werden lediglich geschwächt und nicht vollständig absorbiert, trifft diese auf Materie. Diesen Vorgang kann man mit dem zeitlichen Verlauf des radioaktiven Zerfalls gleichsetzen.¹⁴

„[...] Jede Materieschicht reduziert die Intensität jeweils um einen bestimmten Anteil, man kann also „Halbwertsschichten“ angeben, die von der Strahlenart, aber auch der Zusammensetzung des betrachteten Materials abhängen.“¹⁵

Dies bedeutet, dass beim Durchdringen der Strahlung durch das Material, die Strahlung lediglich schwächer wird – aber nicht vollständig verschwindet. Dieser Aspekt stellt in der Praxis des Strahlenschutzes eine wichtige Rolle dar. Die Teilchenstrahlung hingegen besitzt eine eindeutige Reichweite. Dies hängt von der jeweiligen Strahlungsart und vom getroffenen Material ab. Die Teilchenstrahlung transportiert Ladung, wobei Neutronen eine Ausnahme darstellen, da deren Abschwächung der Wellenstrahlung gleichkommt.¹⁶

Insgesamt ergibt sich dadurch, dass größere Eindringtiefen in den menschlichen Körper – spricht man nur über übliche Radionuklide – eigentlich nur energiereiche Röntgen- und Gammastrahlen, Neutronen und mit Einschränkungen auch Elektronen durchdringend wirken. Durch technische Anwendungen, wie beispielsweise bei der Strahlentherapie, kann man auch schwere geladene Teilchen auf so hohe Energien bringen, dass diese in tiefer gelegene Körperregionen eindringen können.¹⁷ Betrachtet man die Wirkung der optischen Strahlung (sichtbares Licht, UV-Strahlung, Infrarotstrahlung), so kann diese nur Vorgänge innerhalb der Haut beeinflussen. Die Eindringtiefe der Radio- und Mikrowellenstrahlung hängt von ihrer Frequenz ab. Kurz

¹⁴ Vgl. Kiefer, J. (2012): Strahlen und Gesundheit. Nutzen und Risiken. 1.Auflage. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 31.

¹⁵ Ebd. S. 31.

¹⁶ Vgl. ebd. S. 31.

¹⁷ Vgl. ebd. S. 31.

gesagt: [...] *Je geringer die Frequenz, desto größer die Eindringtiefe.*¹⁸ Auch beim Ultraschall werden niedrige Frequenzen verwendet, um die tiefer liegenden Organe zu untersuchen. Diese Aspekte verdeutlichen, wie wichtig das Durchdringungsvermögen der jeweiligen Strahlungsart für diagnostische Anwendungen ist, denn immerhin nutzt der Mensch nicht selten Strahlung, um den inneren gesundheitlichen Zustand des Körpers feststellen zu lassen.

Was passiert bei der Ionisation? Ionisierende Strahlen (Röntgen- und Gammastrahlen) geben ein Elektron ab, weshalb die Atomhülle Angriffspunkte bietet. Es kommt zu einem Stoßprozess zwischen eintreffenden Quanten und Elektronen was zur Folge hat, dass die freigesetzten Elektronen so hohe Energie besitzen, dass auf ihrem Weg weitere Ionisationen bewirken können. Diese Zahl ist größer als die Zahl der Ionisation durch Photonenstöße. Die Zahl der Photonenstöße ist abhängig von drei Faktoren. Einerseits hängt die Wahrscheinlichkeit der Photonenstöße von der Zahl der Elektronen und somit von der Dicke des Materials, die die Quanten auf ihrem Weg durch die Materie treffen, ab. Andererseits erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, komprimiert man die Materie, erhöht man die Dichte. Das Absorptionsvermögen eines Materials hängt von der jeweiligen Elektronendichte ab. Beim Vergleich unterschiedlicher Materialien in Bezug auf das Absorptionsvermögen, ist die Elektronendichte die maßgebende Größe. [...] *Je höher [...] die Ordnungszahl, desto größer das Absorptionsvermögen gegenüber Röntgen- und Gammastrahlen.*¹⁹

*„[...] Die Schwächung von ionisierender Photonenstrahlung steigt mit Dicke, Dichte und Ordnungszahl.“*²⁰

Die geladenen Teilchen (Elektronen, Protonen, Alphateilchen und schwerere Kerne) reagieren vor allem mit den Elektronen in der Atomhülle. Ungeladene Teilchen (Neutronen) wechselwirken durch einfache mechanische Stöße, wobei hier die Masse eine Rolle spielt. Neutronen werden vor allem durch wasserstoffreiche Materialien aber auch durch viele Kunststoffe geschwächt.²¹

¹⁸ Ebd. S. 32.

¹⁹ Vgl. ebd. S. 32.f.

²⁰ Ebd. S. 33.

²¹ Vgl. ebd. S. 33.

Nachdem die Frage, ab wann Strahlung für den Menschen gefährlich ist, durch der Antwort der ionisierenden Strahlung geklärt und auf die Charakteristika der Strahlung tiefer eingegangen wurde, werden im nächsten Kapitel die wichtigsten Strahlungsmessgrößen zusammengetragen und auf den Dosisbegriff bzw. auf die Schwellendosis eingegangen.

2.3 Expositionsmaße, Dosisbegriffe, Messgrößen, Einheiten

Kiefer²² (2012) schafft in seinem dritten Kapitel eine klare Übersicht über die Strahlungsmessgrößen und deren Einheiten und erklärt, wann der Begriff der Dosis seine Berechtigung findet und wann nicht. Die für diese Arbeit benötigten Aspekte folgen nun in knapper Ausführung.

Das Expositionsmaß ist für Laien eher weniger bis gar kein Begriff, da sich im Volksmund eher der Begriff „Dosis“ für jegliche Strahlungsart eingeschlichen hat. Diese Ausdrucksweise ist jedoch mit einer gewissen Vorsicht zu genießen, da diese Bezeichnung eigentlich nur bei ionisierender Strahlung am ehesten zutrifft. Eine korrektere bzw. neutrale Benennung stellt das Expositionsmaß dar.²³

*[...] Strahlung bedeutet Transport von Energie, das Ausmaß ihrer Absorption bestimmt letztlich die Wirkung.*²⁴ Daraus folgt, dass alle Expositionsmaße über die Energieübertragung miteinander verbunden sind, jedoch auf unterschiedliche Weise, wie die nachfolgenden Zeilen erkennen lassen werden.

Ionisierende Strahlung

Wie zuvor erwähnt, findet der „Dosisbegriff“ hier noch am ehesten seine Berechtigung. In der Pharmazie bedeutet die Dosis die „Substanzmenge pro Körpermasse“ und trägt die Einheit mg/kg. Angelehnt an die Pharmazie sieht das bei der

²² Vgl. ebd. S. 37-41.

²³ Vgl. ebd. S. 37.

²⁴ Ebd. S. 37.

Strahlenwechselwirkung ähnlich aus, man spricht von der „absorbierten Energie pro Masse“ mit der Einheit J/kg.

Hier ist zu beachten, dass die Einheitenkombination J/kg auch in ernährungstechnischen Zusammenhängen verwendet wird (z.B.: Energiegehalt von Lebensmitteln). Dadurch wurde an Stelle der Strahlendosis das „Gray“ (Gy) eingeführt, welches auf den englischen Strahlenbiologen und Physiker Louis H. Gray (1905-1965) zurückführt.²⁵

Daher gilt:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

An dieser Stelle soll auch erwähnt werden, dass es eine Reihe an Kenngrößen hinsichtlich ihrer Wechselwirkung von Strahlung und Materie gibt. Zwei davon findet man doch häufiger in der Literatur und werden „Äquivalenzdosis“ und „effektive Dosis“ genannt.²⁶ Beide Begrifflichkeiten verdanken ihren Ursprung dem Strahlenschutz und ergeben sich durch die Tatsache, dass [...] *verschiedene Arten ionisierender Strahlung eine unterschiedliche biologische Effektivität* [...] ²⁷ nach sich ziehen. Diese Tatsache zeigt sich durch die Multiplikation der physikalischen Dosis (Gy) mit einem „Strahlungswichtungsfaktor“. Dadurch ergibt sich die neue Größe, die „Äquivalenzdosis“, [...] *welche die Einheit Sievert (Sv) – benannt nach dem schwedischen Physiker Rolf Sievert (1896-1966)* [...] ²⁸, trägt. Dieser „schwankende“ Wichtungsfaktor ergibt sich durch Forschungsergebnisse an Tierexperimenten, da keine Daten für den Menschen vorliegen und unterliegt der ständigen Anpassung an neuen Erkenntnissen durch die ICRP (International Commission on Radiological Protection).²⁹

Die effektive Dosis wird zur Risikoabschätzung stochastischer Schäden, die Mutationen in der Keimbahn oder Krebs durch die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe, hervorbringen, angewendet. Ihre Einheit wird ebenfalls in Sievert angegeben.³⁰

²⁵ Vgl. ebd. S. 37.

²⁶ Vgl. ebd. S. 38.

²⁷ Ebd. S. 38.

²⁸ Ebd. S. 230.

²⁹ Ebd. S. 230.

³⁰ Vgl. ebd. S. 38.

Radioaktive Strahlung

Hier hat es bereits aus unpraktischen Gründen eine Abänderung der Definition gegeben. Die Bezugsgröße der radioaktiven Strahlung war zunächst 1 g Ra-226 (Radium-226) und bekam den Namen Curie (Ci). Diese Einheit war jedoch innerhalb des internationalen SI-System schwer zu Händeln, dass aus diesem Grund Becquerel (Bq) eingeführt wurde.

Es gilt:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 * 10^{10} \text{ Bq}$$

1 Bq gilt als ein Zerfall pro Sekunde. In der Praxis findet man eher abgeleitete Werte (mCi oder MBq).³¹

Optische Strahlung

Auch bei der optischen Strahlung (UV-Strahlung, sichtbares Licht und Infrarotstrahlung) stellen die absorbierte Energie und die Wirkungsbeurteilung die wesentlichen Aspekte dar. Mit dem Begriff Dosis ist man hier allerdings nicht gut beraten, da optische Strahlung vom Gewebe selektiv absorbiert wird, anders als bei der ionisierten Strahlung.

Die optische Strahlung bedient sich also mit der Energiefluenz, was soviel bedeutet, wie die auftreffende Energie pro Fläche und verzeichnet die Einheit J/m².

Für die UV-Strahlung gibt es dennoch wieder eine Wichtung, da verschiedene Spektralbereiche verschiedene biologische Wirksamkeiten nach sich ziehen. So hat man sich allen Wellenlängen ein entsprechendes Gewicht zugewiesen. Als Referenz wird die Hautrötung und andere sichtbaren Effekte verwendet.³²

³¹ Vgl. ebd. S. 38.

³² Vgl. ebd. S. 39.

Terahertzstrahlung

Die Terahertzstrahlung liegt im elektromagnetischen Spektrum zwischen Mikrowellenstrahlung und Infrarotstrahlung. Sie benutzt – ebenso wie die optische Strahlung – die Energiefluenz als Messgröße.³³

Hochfrequenz- und Mikrowellenstrahlung

Auch hier ist kein Dosisbegriff sinnvoll, da nur akute Wirkungen von Bedeutung sind. Es gibt keinen Nachweis, dass bei längerer Einwirkung der Einzeleffekt summiert wird. Die entscheidende Rolle spielt die absorbierte Leistung – also die absorbierte Energie pro Zeiteinheit. Ihre Größe ist SAR (Specific Absorption Rate) und ihre Einheit wird in W/kg angegeben. Anzumerken ist, dass der SAR-Wert nicht direkt gemessen werden kann und dadurch oft die Energieflussdichte (in W/m²) oder die elektrische (V/m) oder die magnetische Feldstärke (A/m) herangezogen wird.³⁴

Elektromagnetische Wellen niedriger Frequenzen

Die Feldstärken sind die entscheidenden Größen: die elektrische Feldstärke in V/m und die magnetische Feldstärke in A/m. Bei Magnetfeldern wird hier statt der Feldstärke (H) die Flussdichte (B) mit der Einheit Tesla (T) verwendet.

Daher gilt³⁵:

$$1T = 10^4G$$

Ultraschall

Die entscheidende Größe ist [...] *die pro Flächen- und Zeiteinheit auftreffende Energie* [...]. Ihre Einheit ist W/m².³⁶

³³ Vgl. ebd. S. 39.

³⁴ Vgl. ebd. S. 40.

³⁵ Vgl. ebd. S. 40.

³⁶ Ebd. S. 40.

Schwellendosen

Kiefer (2012) verweist in seinem Kapitel `Spätwirkungen` auf die Dosischwelle akuter Strahlenfolgen, die der Mensch nicht überschreiten sollte, um gesundheitliche Risiken zu vermeiden. In Abbildung 3 sind geschätzte Schwellendosen angeführt, wobei hier bei diesen Werten die niedrigste nachweisbare Veränderung am betreffenden Organ als Bezugsquelle herangezogen wurde.³⁷

Organ bzw. Effekt	Schwellendosis (locker ionisierende Strahlen)
Haut	2 Gy (Organdosis)
Augenkatarakt	< 0,5 Gy (Organdosis)
Fertilität (Mann)	0,05 Gy (Organdosis)
Strahlensyndrom	2 Gy (Ganzkörper)
Mittlere Letaldosis	5 Gy (Ganzkörper)

Abbildung 3: Schwellendosen³⁸

Da die Schwellendosen in der Analyse der Interviews eine große Rolle spielen, sollen auch Beispiele für den medizinischen Einsatz der Strahlungsarten angeführt werden.

2.4 Medizinischer Einsatz – „gefährliche“ Strahlung „nützlich“ angewandt

Einen kleinen Überblick auf die Frage wie und durch welche Technologien „gefährliche“ Strahlung innerhalb der Medizin ihren „nützlichen“ Einsatz findet, wird dieses Kapitel darlegen. Die Strahlenmedizin ist heute in drei Fachgebiete aufgegliedert, die die *Röntgendiagnostik*, die *Nuklearmedizin* und die *Strahlentherapie* darstellen. In erster Linie sind die *Gamma-*, *Röntgen-* und *Elektronenstrahlung* als Einsatz für medizinische Zwecke zu nennen. Hinzuweisen ist auf jenen Aspekt, dass

³⁷ Vgl. ebd. S. 69

³⁸ Ebd. S. 69.

die Strahlung nicht nur durch technische Geräte am Menschen anzuwenden ist, sondern auch durch Präparate, die nukleare Strahlung emittieren, ihre Anwendung finden. Bei allen Strahlungsarten unterscheidet man zwischen den primären Effekten, bei der die einfallende Strahlung selbst mit der Materie wechselwirkt und den sekundären Effekten:

[...] „bei Photonen erfolgt die Wechselwirkung hauptsächlich mit den Elektronen. Im Fall von schweren Teilchen spielt zusätzlich die Wechselwirkung mit Kernen eine Rolle. Bei Neutronen erfolgt die Wechselwirkung fast ausschließlich mit den Atomkernen des Materials. Wenn bei den Primärprozessen genug Energie auf die Elektronen übertragen wird, dann können diese herausgelöst werden und selbst wieder als Ionisationsquelle für Sekundärprozesse dienen.“³⁹

Computertomographie (CT)

Die Computertomographie (CT), eine Schnittbildtechnik, um Erkrankungen im Körper feststellen zu können beruht auf dem Prinzip des Röntgenstrahlers. Röntgenübersichtsaufnahmen wurden durch die Spiral-CT ergänzt und stellt die Computertomographie die Basistechnik in der Radiologie dar.⁴⁰ Ob ein Kontrastmittelpräparat gegeben wird, entscheidet die Frage nach dem Gegenstand der Untersuchung. Eine Nativuntersuchung (kein Kontrastmittelpräparat) wird für Skelett- und Lungenaufnahmen sowie für einen Hämatomnachweis im Gehirn durchgeführt. Weichteile und Darm benötigen die Gabe eines Kontrastmittels.⁴¹

Digitales Röntgen

Die Röntgentechnik und das Prinzip des Projektionsverfahrens stellen eines der bekanntesten Diagnoseverfahren der Medizin dar. Beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch ein inhomogenes Objekt, werden diese in unterschiedlicher Weise abgeschwächt. Durch Wandlung der Strahlen in sichtbares Licht wird das Film-

³⁹ Worthoff W., Krojanski H., Suter D. (2012): Medizinphysik in Übungen und Beispielen. Berlin: Walter de Gruyter. S. 197.

⁴⁰ Vgl. Krukemeyer M., Wagner W. (Hrsg.), (2004): Strahlenmedizin. Ein Leitfaden für den Praktiker. Berlin: Walter de Gruyter. S. 1.

⁴¹ Vgl. ebd. S. 11.

Folien Verfahren ein Röntgenbild (Schattenbild) erzeugt. Die modernen Aufnahmetechniken sind mittlerweile digitaler Natur.⁴²

Diagnostische und interventionelle Radiologie

Auch hier kommt die Nutzung von Röntgenstrahlung zum Einsatz. Vor allem zur Untersuchung der Gefäße und Weichteile wird diese Methode unter Einsatz von Kontrastmittelpräparaten angewandt. Die kontrastmittelgefüllten Venen und Arterien des menschlichen Körpers absorbieren Röntgenstrahlung wodurch eine Rekonstruktion dieser möglich wird.⁴³

Nuklearmedizinische Diagnostik

Dieses Verfahren wird vor allem für die Organdiagnostik wie beispielsweise Lungen-, Herz-, Nierendiagnostik, u.v.m. angewandt. Es handelt sich um ein funktionsorientiertes Fachgebiet und stellt funktionelle Prozesse unter Einsatz von Radiopharmazeutika bildhaft dar. Die Bildgebung erfolgt mittels Gammakamera auf der physikalischen Grundlage der Szintillation, was [...] *eine quantitative Umwandlung höherenergetischer Quantenstrahlung in Licht in einem Szintillationskristall* [...] bedeutet. Zu beachten ist, dass die eingesetzten Radiopharmazeutika meist aus dem Radionuklid und Pharmakon zusammengesetzt sind, wobei allerdings für das Radionuklid die möglichst „reine“ Gammastrahlung und die Anpassung der Halbwertszeit an die Untersuchung die zentralen Anforderungen darstellen.

„Reine“ Gammastrahlung bedeutet, dass keine Alpha- und möglichst keine Betastrahlung auftreten soll.⁴⁴

⁴² Vgl. ebd. S. 39.

⁴³ Vgl. ebd. S. 59.f.

⁴⁴ Vgl. ebd. S. 101.ff.

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Dieses nuklearmedizinische Schnittbildverfahren verwendet kurzlebige Radionuklide und erlaubt eine Darstellung biochemischer Prozesse. Vor allem Tumorveränderungen, Metastasenaufreten oder die Differenzierung von bösartigen und gutartigen Strukturveränderungen sowie das Feststellen von Karzinomen und Primärtumoren sind durch die PET nachweisbar. Dieses Bildgebungsverfahren stellt im Gegensatz zum CT, die über die anatomische Struktur informieren kann, die biochemische und physiologische Funktion bildlich dar und entsteht durch Gammastrahlung, die beim Zerfall von Radionukliden auftritt. Anzumerken ist, dass die Strahlenbelastung im Rahmen anderer nuklearmedizinischer Verfahren bzw. der natürlichen Strahlenbelastung liegt.⁴⁵

Radioiodtherapie

Für Schilddrüsenerkrankungen wird das künstliche Iod-Isotop ¹³¹I mit der physikalischen Halbwertszeit von acht Tagen verwendet. Die β -Strahlung hat eine geringe Reichweite, die dem Durchmesser des Schilddrüsenfollikels entspricht und dadurch Nebenwirkungen vermeidbar sind.⁴⁶

Radiochemotherapie (RChT)

Sehr viele an Tumoren erkrankte Menschen werden durch eine Kombination aus Radiotherapie und zytostatischen Substanzen behandelt. An der Tumorzelle sind zusammenhängende Effekte durch möglichst gleichzeitige Anwendung ionisierender Strahlung in Kombination von Zytostatika zu beobachten.⁴⁷

⁴⁵ Vgl. ebd. S. 123-135.

⁴⁶ Vgl. ebd. S. 147.

⁴⁷ Vgl. ebd. S. 193.

Palliative Schmerztherapie mit Radionukliden

Prostata- und Mammakarzinome stellen eine häufige Erkrankung dar. Auffällig ist, dass bei diesen Patienten vorwiegend Knochenmetastasen nachgewiesen werden können. Diese Erkrankung verläuft mit einer ausgeprägten Schmerzsymptomatik, die einer Therapie bedarf. Zur nuklearmedizinischen Schmerztherapie sind in Europa drei Radionuklide zugelassen⁴⁸:

- Strontium[⁸⁹Sr]-chlorid
- Samarium[¹⁵³Sm]-EDTMP und
- Rhenium[¹⁸⁶Re]-HEDP

Brachytherapie

Die Brachytherapie ist eine operative Therapie, bei der ein Isotop (radioaktive Quelle) direkt in oder in die Nähe eines Tumors gebracht wird. Diese Methode lässt sehr hohe Strahlendosen im Tumor zu, ohne das umliegende Normalgewebe anzugreifen. Die Isotope werden je nach Art der Anwendung eingesetzt⁴⁹:

- Betastrahler (⁹⁰Strontium, ³²Phosphor)
- Gammastrahler (⁶⁰Kobalt, ¹⁹²Iridium) und selten
- Neutronenstrahler (²⁵²Californium)

Stereotaktische Bestrahlung und Radiochirurgie (Leksell Gamma-Knife)

Für Tumore, die sich im Gehirn befinden wurde ein gemeinsames Verfahren der Strahlentherapie durch die Stereotaxie und die Radiochirurgie hervorgebracht. Das Skalpell wird durch eine stark gebündelte Strahlung, die auf einen sehr kleinen Gewebsbezirk konzentriert ist, ersetzt. Die Strahlendosis wird hierbei von außen in den Kopf des Patienten eingestrahlt. Bei diesem Prinzip des Leksell-Gamma-Knife oder des Linearbeschleunigers handelt es sich um eine Photonentherapie. Die Stereotaxie

⁴⁸ Vgl. ebd. S. 161-165.

⁴⁹ Vgl. ebd. S. 241.

bedient sich aber auch mit dem Teilchenbeschleuniger für therapeutische Einsätze, wo die Strahlenqualität Protonen oder schwere Ionen darstellen.⁵⁰

Inoperative Strahlentherapie⁵¹

- **mit Elektronen (IOERT):** Linearbeschleuniger zählen zur modernen Strahlentherapie für intraoperative Gewebsveränderungen. Sie produzieren hochenergetische Elektronen mit einer Grenzenergie von ca. 4MeV-20MeV (Eindringtiefe von etwa 1,5cm-7cm), wodurch der Schutz des gesunden Gewebes gewährleistet werden soll.
- **mit Brachytherapie (HDR-IORT):** Die Strahler, die meist kleine radioaktive Drähte (¹⁹²Iridium) darstellen, werden in die Nähe des Tumors bzw. in das Tumorbett gebracht.

Bei Krukemeyer und Wagner (2004) finden sich noch viele weitere Therapieansätze, wo vermeintlich „gefährliche“ Strahlung unter medizinischen Gesichtspunkten zu einer äußerst „nützlichen“ Anwendung findet. Nachdem eine physikalische Klärung hinsichtlich der Strahlungsarten mit ihren Gefahren und Anwendungsbereichen vollzogen wurde, soll nun aus der fachdidaktischen Perspektive der Umgang mit den Strahlungsarten im Unterricht dargelegt werden.

⁵⁰ Vgl. ebd. S. 271.ff.

⁵¹ Vgl. ebd. S. 286.ff-

3. Fachdidaktische Theorie

3.1 Ursprung der Schülervorstellungen

„Schülervorstellungen beschreiben Dispositionen, d. h. Tendenzen von Schülerinnen und Schülern, physikalische Begriffe in einer bestimmten Weise interpretieren oder Phänomene in einer bestimmten Weise zu beschreiben, die sich von der fachphysikalischen Darstellung unterscheidet.“⁵²

So kann man davon ausgehen, dass im Denkverhalten der Schüler und der Schülerinnen mehrere Schülervorstellungen zum gleichen Sachverhalt nebeneinander zur physikalischen Vorstellung koexistieren.⁵³ Doch woher kommen diese Vorstellungen überhaupt? Schecker und Duit (2018) führen den Großteil der Schülervorstellungen auf einen außerschulischen Kontext zurück. Wobei zu erwähnen ist, dass auch innerhalb des Unterrichts (lehrbedingte Lernschwierigkeiten) Schülervorstellungen entwickelt werden können. Drei wichtige Aspekte als Ursache für Schülervorstellungen hinsichtlich physikalischer Vorgänge stellen nach Schecker und Duit die Sprache, Wahrnehmungsmuster sowie Alltagserfahrungen dar.⁵⁴

Hinsichtlich der Sprache ist vor allem die Umgangssprache für das Konstruieren von Fehlvorstellungen zu nennen. Auch innerhalb der Medien ist ein umgangssprachlicher Ausdruck gang und gäbe. So kommt es nicht selten vor, dass vom „Stromverbrauch“ anstatt der Nutzung elektrischer Energie gesprochen wird. Oder aber wird der Kraftbegriff zur Eigenschaft einer Person umfunktioniert. Dies bedeutet für den Schüler und die Schülerin, dass im Physikunterricht auch die richtige Fachsprache bzw. Bildungssprache gelernt werden muss, um Fehlvorstellungen vorzubeugen und zu entkräften.⁵⁵ Tanja Tajmel (2017) hat zum naturwissenschaftlichen Unterricht hinsichtlich der Physikdidaktik nicht nur die sprachliche Barriere innerhalb des

⁵² Hopf M., Schecker H., uvm. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum. S. 10.

⁵³ Vgl. ebd. S. 10.

⁵⁴ Vgl. ebd. S. 11.f.

⁵⁵ Vgl. ebd. S. 13.

Physikunterrichts aufgezeigt, die deutschsprachige Kinder betrifft, sondern auch auf die sprachlichen Defizite, die Kinder mit Deutsch als Zweitsprache mitbringen, hingewiesen. Einen Einblick in die physiksprachliche Entwicklung von der Alltagssprache hin zur Bildungs- bzw. Fachsprache gewährt das Kapitel 3.3.

Schülervorstellungen gehen, wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, auch auf Wahrnehmungsmuster zurück. Dies bedeutet vor allem, dass grafische Veranschaulichungen, die in den Medien und auch im Unterricht Verwendung finden, von den Schülern und den Schülerinnen nicht als Modell, sondern als Realität betrachtet wird.⁵⁶

Abschließend sollen noch die Erfahrungen, die die Kinder mitbringen, innerhalb des Physikunterrichtes nicht vernachlässigt werden, da die Schüler und Schülerinnen bereits im Alltag den Themen der Physik begegnet sind. Sinnliche Erfahrungen werden automatisch interpretiert und geordnet. Die durch das eigene Denken hergestellten Zusammenhänge werden für wahr gehalten, vor allem dann, wenn die Zusammenhänge mit vielen Eindrücken sinnvoll ergänzt werden können.⁵⁷ Dieser Aspekt findet sich im konstruktivistischen Denken wieder und wird im nachfolgenden Kapitel behandelt.

3.2 Die Natur des Konstruktivismus

Der Konstruktivismus beschäftigt sich, kurz gesagt, mit der Konstruktion der Wirklichkeit, welche sich auch im Gebiet der Schülervorstellungen wiederfindet. Doch zunächst soll geklärt werden, welche Aspekte der Konstruktivismus vereint.

Einen Versuch einen Einblick in den Bau und das Wesen der materiellen Welt zu offenbaren, ist das eigentliche Verlangen eines Naturwissenschaftlers/einer Naturwissenschaftlerin.⁵⁸ Es werden zur Veranschaulichung bestimmter Phänomene

⁵⁶ Vgl. ebd. S. 14.

⁵⁷ Vgl. ebd. S. 14.

⁵⁸ Vgl. Hofmann, A. (2003): Einsichten – Ausblicke. Essays. 3. Auflage. Solothurn: Nachtschatten Verlag AG. S. 24.f.

in der Naturwissenschaft Begriffe eingeführt, die physikalische Abläufe, chemische Verfahren oder biologische Prozesse beschreiben sollen. Im Folgenden wird genauer auf zwei Begrifflichkeiten zur besseren Beschreibung der "Wirklichkeit" eingegangen. Die "Wirklichkeit", welche erst durch die Wechselwirkung dieser beiden Begrifflichkeiten, nämlich der "inneren Welt" und der "äußeren Welt", zustande kommt.

Mit der "äußeren Welt" ist das gesamte materielle und energetische Universum gemeint, zu dem auch wir mit unserer Körperlichkeit gehören. Als innere Welt wird das menschliche Bewusstsein bezeichnet. Das Bewusstsein entzieht sich einer wissenschaftlichen Definition, [...]. Es kann nur umschrieben werden als rezeptives und kreatives geistiges Zentrum der menschlichen Persönlichkeit.⁵⁹

Es wird die Einteilung oder Abgrenzung zwischen geistiger und materieller Welt untersucht, wobei hier zwischen "äußerer" und "innerer Welt" zwei grundlegende Unterschiede bestehen. So nimmt man an, dass nur eine einzige "äußere Welt" existiert, während die Zahl der "inneren Welten" eine Größe aufweist, die mit der Anzahl menschlicher Individuen vergleichbar ist. Der zweite Unterschied zwischen diesen beiden Welten ist jener, dass „die Existenz der materiellen äußeren Welt objektiv nachweisbar ist, während die innere Welt eine rein subjektive geistige Erfahrung darstellt.“⁶⁰

Die "äußere Welt" kann folglich beobachtet und kategorisiert werden, während die "inneren Welten" nicht gemessen werden können. Diese Vorstellungen sind individuell aufzuzeichnen und zu sammeln, um diese einzeln und anschließend auf Gemeinsamkeiten zu untersuchen.

Die Definition der Wirklichkeit versteht sich nicht als eine transzendente und auch nicht als eine Wirklichkeit der theoretischen Physik. Man spricht von der Welt als Ganzes, wie der Mensch sie mit seinen Sinnen und als geistiges Wesen wahrnehmen kann. So ist die Wirklichkeit ohne dem erfahrenden Subjekt (ohne Ich) nicht denkbar. Wie schon zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, ergibt sich Wirklichkeit aus der Wechselbeziehung zwischen materiellen und energetischen Signalen, die von der Außenwelt und von Zentrum des Inneren des einzelnen Menschen kommen.⁶¹

⁵⁹ Ebd. S. 24.f.

⁶⁰ Ebd. S.25.

⁶¹ Vgl. ebd. S. 25.f.

Um diesen Vorgang der Entstehung der Wirklichkeit besser veranschaulichen zu können, wird nun ein Vergleich mit der Entstehung von Ton und Bild bei der Fernsehübertragung gezogen. Die materielle energetische „äußere Welt“ arbeitet als Sender. Das Bewusstsein, die „innere Welt“ bildet den Empfänger. Fehlt einer der beiden, kann keine menschliche Wirklichkeit zustande kommen. Sendet die „äußere Welt“ ein Bild, fungieren die Sinnesorgane des Menschen als Empfänger.

Das Auge stellt die optische Antenne für Bilder aus der „äußeren Welt“ dar, welches in der Lage ist, elektromagnetische Wellen zu empfangen, um ein Bild auf der Netzhaut entstehen zu lassen, welches mit dem vom Objekt ausgehenden Wellen, übereinstimmt. Diese Informationen gelangen durch den Sehnerv ins Gehirn, woraus das physische Phänomen des Sehens resultiert. Hier ist dennoch anzumerken, dass der innere psychische Bildschirm des menschlichen Auges nur einen sehr kleinen Teil des elektromagnetischen Spektrums ausmacht (s. Kap. 2.1, Abb. 1). Die restlichen Strahlen existieren für das menschliche Auge nicht. Diese Grenzen des Empfangens lassen sich auf alle Sinnesorgane anwenden.⁶²

Gedankenexperiment: Angenommen, die Antenne, die für die elektromagnetischen Wellen zuständig ist – sprich, das Auge – und der psychische Empfänger würden auf eine andere Bandbreite im elektromagnetischen Wellenspektrum reagieren, was für eine Welt würde gesehen werden? Beispiel Langwellen im Radiobereich: Der Mensch könnte in andere Länder sehen oder auf kurze Röntgenwellen, Gegenstände kämen dem Menschen durchsichtig vor und diese Welt wäre ebenso real, wie die jetzige. Die Metapher der Wirklichkeit ist das Produkt von Sender und Empfänger, also ein Zusammenspiel des subjektiven und des objektiven Bildes.⁶³

Durch den Versuch einer Veranschaulichung der Realität durch die Sender/Empfänger-Metapher, kann man deutlich erkennen, dass die Wirklichkeit kein fest umrissener Zustand sein kann. Sie ist das Ergebnis aus kontinuierlichen Prozessen, die, wie bereits erwähnt, aus materiellen und energetischen Signalen aus der „äußeren Welt“ und aus der kontinuierlichen Dechiffrierung (Umwandlung in physische Erfahrungen) der „inneren Welt“, entsteht. Die Wirklichkeit ist kein stationärer Zustand, sondern ein dynamischer Prozess. Was soviel bedeutet als, dass

⁶² Vgl. ebd. S. 30.ff.

⁶³ Vgl. ebd. S.32.f.

durch den Charakter der Wirklichkeit die Zeit erschaffen wird. Denn betrachtet man den umgekehrten Fall, wäre die Wirklichkeit ein stationärer Prozess, so gäbe es keinen Augenblick und somit auch keine Zeit. Die eigentliche Wirklichkeit findet also nur im Hier und Jetzt, im Augenblick statt.⁶⁴

Nicht nur philosophische Ansätze verhalten zu dieser Sicht der Wirklichkeit, auch die theoretische Physik bestätigte den Konstruktivismus. So soll Einstein 1926 in einem Gespräch zu Heisenberg gesagt haben: *„Es ist unmöglich, nur beobachtbare Größen in eine Theorie aufzunehmen. Es ist vielmehr die Theorie, die entscheidet, was man beobachten kann.“*⁶⁵

In Heisenbergs gesammelten Werken schrieb er selbst: *„Die Wirklichkeit, von der wir sprechen können, ist nie die Wirklichkeit an sich, sondern eine gewußte Wirklichkeit oder sogar in vielen Fällen eine von uns gestaltete Wirklichkeit [...]“.*⁶⁶

Nachdem nun das Wesen des Konstruktivismus geklärt wurde, wird eine Parallele zum Zustandekommen der Schülervorstellungen gezogen. Angelehnt an die philosophische Ansicht, die, wie man ein paar Zeilen weiter oben entnehmen kann, auch früher schon in der theoretischen Physik behandelt wurde, spricht man heute auch im Physikunterricht davon, dass jeder Schüler und jede Schülerin seinen oder ihren Bestand an Wissen und Vorstellungen durch seine oder ihre individuelle Verarbeitung von Sinneseindrücken (innere Welt) und Informationen (äußere Welt) konstruiert. So sind Begriffe, wie beispielsweise Kraft, Feld oder Quant für Schüler und Schülerinnen mithilfe der konstruktivistischen Perspektive erfolgreicher zu erwerben. Außerdem muss an dieser Stelle gesagt werden, dass Wissen weder direkt übergeben noch übernommen werden kann.⁶⁷

*„Der Allerweltsverstand hat unzählige prä- und quasi-wissenschaftliche Interpretationen der Alltagswelt zur Hand, welche er für Gewiß hält.“*⁶⁸

⁶⁴ Vgl. ebd. S.36.f.

⁶⁵ Watzlawick, P. (2019): Vom Unsinn des Sinns oder vom Sinn des Unsinn. 12.Auflage. München: Piper Verlag. S. 56.

⁶⁶ Ebd. S. 56.f.

⁶⁷ Vgl. Hopf M., Schecker H., uvm. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum. S. 24.

⁶⁸ Berger L., Luckmann T. (2016): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. 26.Auflage. Frankfurt am Main: Fischer Verlag. S. 23.

Ausgehend dieses Zitats, stellt sich die Frage nach der Aufgabe des Lehrkörpers. Diese besteht darin, auch in der konstruktivistischen Beschreibung des Lernens, für Lernende eine Lernumgebung zu schaffen, in welcher sie zu möglichst intensiven und adäquaten Konstruktionen von Vorstellungen angeregt werden. Spricht man vom Konstruktivismus, spricht man von der Erkenntnistheorie. Was hat das aber mit einer Lehr-Lernsituation zu tun? Die konstruktivistischen Ansätze konnten sich für Lehr-Lern-Prozesse nutzen – hier spricht man von der `konstruktivistischen Perspektive`.⁶⁹ Betrachtet man diese Theorie aus den Augen eines Säuglings, welcher zwar endlos vielen Reizen und Sinneswahrnehmungen unterliegt, jedoch aber keine inhaltliche Bedeutung festmachen kann, so kommt man zu dem Schluss, dass das Baby in den ersten Lebensmonaten erst lernen muss, Gegenstände aus optischen Reizen zu erzeugen. Das menschliche Gehirn ist durchwegs begabt aus zunächst scheinbar sinnlosen Daten Zusammenhänge zu entschlüsseln bzw. zu konstruieren.⁷⁰ Ein Kleinkind bildet relativ schnell erste Wissens- und Vorstellungselemente, da es beispielsweise das Gesicht der Mutter von anderen Gesichtern zu unterscheiden. An das erste Wissen wird angeknüpft und weiter ausgebaut, was wieder mit neuen Eindrücken verbunden ist. Doch, wie man innerhalb dieses Kapitels schon erkennen kann, muss jeder Mensch die jeweilige Bedeutung der Sinneseindrücke, denen er ausgesetzt ist, selbst konstruieren, wodurch keine eindeutige Feststellung darüber, was „wirklich“ ist, vorgenommen werden kann. Kommunikation ist der Schlüssel zur Übereinkunft welche Bedeutung dem Eindruck zugeschrieben wird.⁷¹

Abschließend kann man sagen, dass die konstruktivistische Perspektive des Lernens meint, [...] *dass jeder Mensch den Sinn dessen, was gelernt werden soll, selbst konstruieren muss* [...].⁷² Das bedeutet, dass neue Sinneseindrücke mit dem bereits vorhandenen Wissen in Beziehung gebracht wird, um das vorhandene Wissenssystem zu erweitern oder anders zu strukturieren. Wie bereits erwähnt, kann Wissen nicht direkt übernommen werden, was zur Folge hat, dass wissenschaftliche Bedeutungen von Seiten der Schüler und der Schülerinnen eigenständig konstruiert werden muss. Ihr Verständnis für physikalische Konzepte kann nur eigenständig aufgebaut werden.⁷³

⁶⁹ Vgl. Hopf M., Schecker H., uvm. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum. S. 24.

⁷⁰ Vgl. ebd. S. 25.

⁷¹ Vgl. ebd. S. 25.f.

⁷² Ebd. S. 26.

⁷³ Vgl. ebd. S. 30.

Da nun eine Klärung der konstruktivistischen Perspektive hinsichtlich des Lernens und die zum Teil dadurch zustande kommenden Schülervorstellungen vorgenommen wurde, soll im nächsten Kapitel über den sprachlichen Faktor im Physikunterricht gesprochen werden.

3.3 Sprachbarriere: Alltags- und Bildungssprache

Im vorangegangenen Kapitel ist auf den Aspekt der Kommunikation hinsichtlich der eigenen Konstruktion der Wirklichkeit sowie der daraus resultierenden Vorstellungen hingewiesen worden. Vor allem in der Physikdidaktik stellt der Faktor Sprache einen wichtigen Grundstein dar. Tanja Tajmel, die mit ihrer Forschung auch Kindern mit Migrationshintergrund einen fachsprachlichen Zugang gewährleisten will, hat sich ausführlicher mit dem sprachlichen Weg beginnend von der Alltagssprache hin zur Bildungssprache mithilfe der durchgängigen Sprachbildung befasst, welcher in dieser Arbeit ebenso seinen Platz finden soll.

Durchgängige Sprachbildung bedeutet, dass man Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund von der Alltagssprache hin zur Bildungssprache begleitet. So steht die Bildungssprache im Zentrum und stellt das Ziel der Durchgängigen Sprachbildung dar. Die Alltagssprache wird nebenbei in einem Zeitraum von 0,5-2 Jahre erlernt, die Bildungssprache erwirbt man mittels Hilfe in einem Zeitraum von 5-8 Jahren. Wichtig ist, dass Lehrkräfte auf den Unterschied zwischen Alltagssprache und Bildungssprache aufmerksam machen.

Die Schüler und Schülerinnen sollen die Unterschiede zwischen Alltagssprache und Bildungssprache aktiv in ihrem Sprachverhalten einsetzen können und auch sprachlich verstehen. Der Terminus Sprachbildung sollte nicht mit Sprachförderung verwechselt werden. Sprachförderung verweist darauf, dass sprachlich schwache Kinder eine besondere Förderung brauchen würden. Sprachbildung bedeutet in diesem Sinne nicht Förderunterricht, sondern die sprachliche Bildungsaufgabe steht

hier im Vordergrund. Sie soll über die gesamte Schullaufbahn und in jedem Unterricht präsent sein.⁷⁴

Die Durchgängige Sprachbildung ist an alle Schüler und Schülerinnen gerichtet, egal welcher Erstsprache sie mächtig sind. Wichtig ist, dass sie auch außerschulisch durchgeführt wird - hierbei ist eine Kooperation zwischen Lehrkräften, Schulen und Eltern ein wichtiger Aspekt. Die Aufgabe einer Schule ist es, dass bildungssprachliche Fähigkeiten schrittweise aufgebaut werden und fächerübergreifend durchgeführt werden. Außerdem muss die sprachliche Voraussetzung eines jeden Schülers und einer jeden Schülerin berücksichtigt werden.

Wie kann man die Durchgängige Sprachbildung hin zur Bildungssprache praktisch umsetzen? Dazu gibt es Ansätze wie beispielsweise LAC, CLIL, Language awareness und CALP, die Probleme aufzeigen und Grundlage für Umsetzungsmöglichkeiten darstellen. LAC bedeutet Language across the curriculum, was bedeutet, dass durch das ganze Curriculum hindurch - in allen Lernbereichen und Fächern – Konzepte der Sprachförderung entwickelt wurden, da manche Kinder aufgrund ihres sozialen Hintergrundes einen schlechteren Zugang zur Bildungssprache hatten/haben. CLIL heißt Content and language integrated learning, was soviel bedeutet, wie, dass Fremdsprachen und Sprachenlernen im Sachunterricht stattfinden. Die bilingualen Schulen vertreten das Konzept des "Integrierten Fremdsprachen- und Sachlernens". Language awareness bedeutet, dass Mehrsprachigkeit an Schulen zum Ausgangspunkt genommen wurde, um Sprachgefühl und Sprachbewusstheit zu fördern. Hierbei werden zwei Sprachen, die die Schüler und Schülerinnen "mitbringen", miteinander anhand von Klängen, Schreibweisen, Verwendung von Sprachstrukturmitteln, Bedeutung von Wörtern, usw. verglichen.⁷⁵ CALP bedeutet Cognitive academic language proficiency und macht darauf aufmerksam, dass gewisse Sprachkenntnisse bei Schülern und Schülerinnen vorhanden sein müssen, um spezifische schulische Situationen meistern zu können. So ist es, dass Kinder und Jugendliche, deren Unterricht in der Zweitsprache gehalten wird, einerseits über ein von der Alltagssprache abweichendes Sprachregister verfügen und andererseits die Bildungsinhalte, die in der Zweitsprache vermittelt werden, verstehen und

⁷⁴ Gogolin I., Lange I. (2010): Durchgängige Sprachbildung. Eine Handreichung. Münster: Waxmann Verlag. S.14.

⁷⁵ Ebd. S.15.

verinnerlichen sollen.⁷⁶ Ziel der Durchgängigen Sprachbildung ist, wie schon erwähnt, das Beherrschen der Bildungssprache.

Was bedeutet Bildungssprache? "Sprachliche Fähigkeiten entscheiden über die Bildungslaufbahn, über Abschlüsse und die künftige Berufslaufbahn."⁷⁷ Aus diesem Zitat lässt sich ableiten, dass Sprache innerhalb der Gesellschaft einen hohen Stellenwert zu verzeichnen hat. Sie ist mitverantwortlich, welchen beruflichen Werdegang man einschlagen kann. Je besser die Bildungssprache beherrscht wird, umso höher sind die Chancen von der Schule bis in den Beruf.

Die Bildungssprache beinhaltet zwei Bedeutungen, einerseits bezeichnet sie die Sprache, die in Einrichtungen und Institutionen verwendet wird, andererseits bezeichnet sie die Ausprägung des Deutschen. Dies bedeutet soviel, dass, je mehr die sprachlichen Anforderungen anwachsen, desto mehr unterscheidet sich die Ausprägung des Deutschen vom Repertoire der mündlichen Sprache. Die Schule fordert von den Schülern und Schülerinnen ein Auseinandersetzen mit neuen Themen und eine sprachliche Genauigkeit. Dies ist notwendig, um Aufgaben verstehen, verarbeiten, durchdenken und formulieren zu können. Beispiele dafür wären Textaufgaben, Hörbeispiele, usw. Auch wenn Wörter erkannt werden, können Verständnisfehler passieren. Weiters dient die Bildungssprache dazu, komplexe Inhalte sprachlich aufzunehmen und auszudrücken und dies unabhängig von einer konkreten Interaktionssituation. Das bedeutet, Bildungssprache soll immer abrufbar sein, in unterschiedlichen Situationen und bei unterschiedlichen Anforderungen richtig angewendet werden.⁷⁸

Alltagssprache und Bildungssprache müssen klar getrennt von den Schülern und Schülerinnen verstanden werden. Denn man redet in einer alltagssprachlichen Situation anders als in einer bildungssprachlichen Situation. Sprachliche Mittel müssen stets präzise gewählt werden, um eine universale Bedeutung zu sichern. Will man beispielsweise einen physikalischen Versuch in Worten fassen, fordert dies bildungssprachliche Kompetenz. Bildungssprache besitzt die Merkmale der "konzeptionellen Schriftlichkeit" - im Gegensatz zur Alltagssprache. So müssen sprachlich komplexe Strukturen verwendet werden, die sich an das Regelwerk der

⁷⁶ Ebd. S.16.

⁷⁷ Ebd. S.9.

⁷⁸ Ebd. S.11.

geschriebenen Sprache orientiert. Die Fachsprache selbst stellt eine Teilmenge der Bildungssprache dar, diese dient zur Kommunikation unter Fachleuten. Diese wird in berufsspezifischen Sachbereichen und Tätigkeitsfeldern verwendet. So beinhaltet Bildungssprache fachsprachliche Elemente im Bereich des Wortschatzes und der Unterrichtsfächer.⁷⁹

Die Merkmale der Bildungssprache lassen sich in folgender Tabelle⁸⁰ gut zusammenfassen:

Diskursive Merkmale betreffen den Rahmen und die Formen, die kennzeichnend für die Bildungssprache sind, u.a.:
• eine klare Festlegung von Sprecherrollen und Sprecherwechsel; • ein hoher Anteil monologischer Formen (z.B. Vortrag, Referat, Aufsatz); • fachgruppentypische Textsorten (z.B. Protokoll, Bericht, Erörterung) und • stilistische Konventionen (z.B. Sachlichkeit, logische Gliederung, ein dem Gegenstand angemessener Textumfang)
Lexikalisch-semantische Merkmale beziehen sich auf Eigenarten des Wortschatzes und auf einzelne Bedeutungen. Kennzeichnend für Bildungssprache sind u.a.:
• differenzierende und abstrahierende Ausdrücke (z.B. "nach oben transportieren" statt "raufbringen"); • Präfixverben, darunter viele mit untrennbarem Präfix und mit Reflexivpronomen (z.B. "erhitzen", "sich entfalten", "sich beziehen"); • nominale Zusammensetzungen (z.B. "Winkelmesser") und • normierte Fachbegriffe (z.B. "rechtwinkelig", "Dreisatz")
Syntaktische und textuelle Merkmale der Bildungssprache beziehen sich auf Besonderheiten im Satzbau und im Aufbau von Texten, u.a.:
• explizite Markierungen der Kohäsion (Textzusammenhang); • Satzgefüge (z.B. Konjunktionalsätze, Relativsätze, erweiterte Infinitive); • unpersönliche Konstruktionen (z.B. Passivsätze, man-Sätze);

⁷⁹ Ebd. S.12.

⁸⁰ Ebd. S.13.

• Funktionsverbgefüge (z.B. "zur Explosion bringen", "einer Prüfung unterziehen", "in Betrieb nehmen") und
• umfängliche Attribute (z.B. "die nach oben offene Richter-Skala", "der sich daraus ergebende Schluss").

Tabelle 4: Merkmale der Bildungssprache

Anhand dieser Tabelle kann man erkennen, dass Bildungssprache ein umfassendes Repertoire an sprachlichen Merkmalen besitzt, welche beispielsweise in einem Physikunterricht stetig benötigt werden und unabdingbar sind.

Barrieren hinsichtlich naturwissenschaftlicher Bildung

Insbesondere Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer fühlen sich häufig nicht kompetent genug, um dem Thema Sprache und Sprachförderung in ihrem Fachunterricht Platz einzuräumen.⁸¹ Die Lehrkräfte sind dazu angehalten, Sprachförderung in ihren Unterricht zu implementieren.⁸² Dies kann sich als schwierig erweisen, da eine Anzahl an Barrieren zu überwinden sind. Im Folgenden wären dies, sprachliche, kulturelle und institutionelle Barrieren, wobei diese Arbeit den Fokus auf die sprachlichen Barrieren legt.

Sprachliche Kompetenzen sind für den Bildungserfolg unerlässlich, will man ungleiche Bildungsvoraussetzungen der Schüler und Schülerinnen in der Schule nicht perpetuieren oder gar verstärken.⁸³

Kinder nicht-deutscher Herkunftssprache erfahren immer wieder einen Nachteil, dass lediglich ihre deutschsprachigen Kompetenzen im Unterricht anerkannt werden, jedoch nicht die Gesamtheit ihrer sprachlichen Kompetenzen.⁸⁴ Das deutschsprachige Repertoire multilingualer Kinder erscheint gegenüber deutsch-monolingualer Kinder defizitär. Was soviel bedeutet wie, dass eine "Störung" vorliegt, welche behoben werden muss. Dies führt zu Aussagen über "mangelhafte Sprachkenntnisse" oder

⁸¹Tajmel, T. (2012): Sensibilisierung von Lehrkräften. In: Röhner C., Hövelbrinks B. (Hg.): Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Basel: Juventa. S.198.

⁸² Ebd. S.198.

⁸³ Tajmel, T. (2013): Bildungssprache im Fach Physik. In: Gogolin, I., Lange I. (Hg.): Herausforderung Bildungssprache - und wie man sie meistert. Bd. 9. Münster: Waxmann Verlag. S.239.

⁸⁴ Ebd. S.240.

"geringe Sprachkompetenzen". Man muss also den Unterricht von einer defizitorientierten zu einer ressourcenorientierten Sicht verändern, somit eine Heterogenität als festen Bestandteil erachten und in den Unterricht miteinbeziehen und die sprachlichen Barrieren überwinden.⁸⁵

Spracharbeit im Physikunterricht

Der Physikunterricht muss sprachsensibel konzipiert und durchgeführt werden, um einen bewussten Umgang mit der Sprache als Medium herzustellen, damit sprachliche Schwierigkeiten nicht das Fachverständnis einschränken.

„Die didaktische Seite der Spracharbeit im Physikunterricht umfasst eine ganze Reihe von Themen, darunter Leitlinien der Spracharbeit, Standardsituationen des Fach- und Sprachlernens, Spracherwerbstheorien, Darstellungsformen, Sprachregister, Merkmale der Alltags-, Bildungs- und Fachsprache, Begriffsbildung und Konzeptwechsel.“⁸⁶

All diese Faktoren und Barrieren müssen zuerst berücksichtigt und überwunden werden, um einen Unterricht einer Klasse anzupassen und Sprache und Fachwissen vermitteln zu können.

Ein bekanntes Modell dafür, stellt die Didaktische Rekonstruktion dar, die im nächsten Kapitel Platz findet.

⁸⁵ Ebd. S.241.

⁸⁶ Kircher E., Girwidz R., Häußler P. (Hrsg.), (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3.Auflage. Berlin: Springer Spektrum. S. 650.

4. Anforderungen an den Physikunterricht

4.1 Didaktische Rekonstruktion: Umgang mit Schülervorstellungen im Physikunterricht

Eines der wichtigsten Hauptaugenmerke der Fachdidaktik liegt auf der fachlichen Klärung, wenn es darum geht, Unterricht über einen bestimmten Inhalt zu entwickeln (beispielsweise Energie, Photosynthese, etc.). Neben der fachlichen Klärung finden sich zwei weitere zentrale Bestimmungstücke für den Unterricht – einerseits die Erfassung der Schülerperspektive und andererseits die Didaktische Strukturierung. Diese drei Komponenten stehen zueinander in Wechselwirkung ergeben das fachdidaktische Triplet⁸⁷:

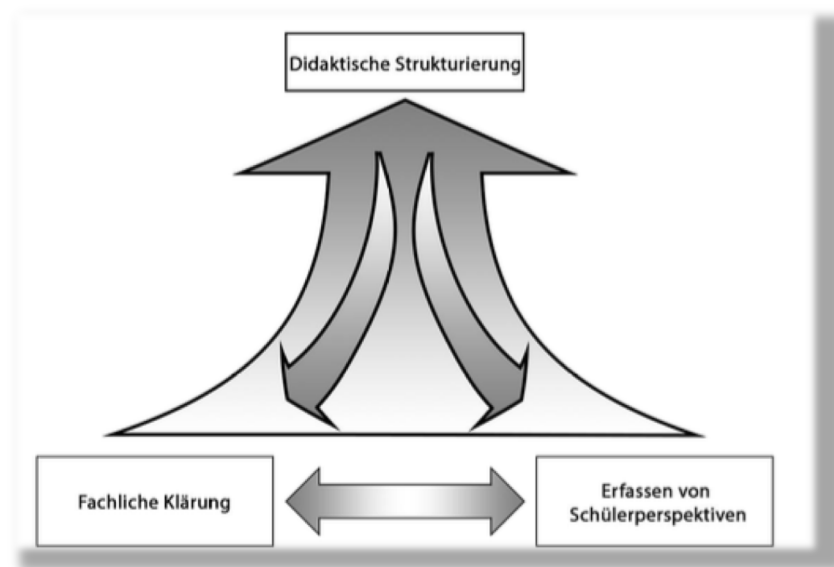


Abbildung 4: Fachdidaktisches Triplet nach Kattmann et al.⁸⁸

⁸⁷ Vgl. Kattmann U., Duit R., uvm. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 3 (3). S. 3.

⁸⁸ Ebd. S. 4.

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion findet seinen Ursprung im Konstruktivismus und beschreibt die Konstruktion des Unterrichts, in welchem Schülervorstellungen und fachliche Konzepte gleichwertig behandelt werden, wie folgt:

„Mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Vorstellungen, wie sie in Lehrbüchern und anderen wissenschaftlichen Quellen Ausdruck finden, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, daß daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann.“⁸⁹

Im Unterricht werden fachliche Sachverhalte stärker in gesellschaftliche, umweltliche und individuelle Zusammenhänge gebracht, als dies im Wissenschaftsbereich der Fall ist. Grund dafür ist das Ziel, dass Schüler und Schülerinnen um die Bedeutung der Sachverhalte innerhalb der alltäglichen Lebenswelt wissen. Da der Wissenschaftsbereich keine Vorgaben an den Schulgegenstand stellt, muss hier in pädagogischer Zielsetzung der Gegenstand erst hergestellt bzw. didaktisch rekonstruiert werden.⁹⁰

In Kapitel 2.2 wurde bereits das konstruktivistische Bild des „Lernens“ beschrieben. Kombiniert man diesen Umstand mit der Sicht des Lernens naturwissenschaftlicher Inhalte, lässt sich eine Parallele zum früheren Ansatz: „conceptual change“ ausmachen. Unter „conceptual change“ ist hier ein „Konzeptwechsel“ gemeint, wobei es nicht um das Auswechseln der „falschen“ Vorstellung gegen die „richtige“ geht. Forschungsergebnissen zu Folge soll dieser Umstand auch gar nicht gelingen. Diese Vorstellungen haben sich nämlich in Alltagssituationen als sehr nützlich bewährt – und das auch dann noch, sollte die wissenschaftliche Perspektive bereits erlangt worden sein. Eine bessere Beschreibung würde der Ausdruck der „Vorstellungsänderung“ als der „Konzeptwechsel“ bieten.⁹¹

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion vereint fachdidaktische, allgemeindidaktische und bildungstheoretische Traditionen zur Unterrichtsplanung. Rückzuführen sind die Wurzeln dieses Modells auf „Klafkis Ansatz der Didaktischen

⁸⁹ Ebd. S. 3.

⁹⁰ Vgl. ebd. S. 3.f.

⁹¹ Vgl. ebd. S. 6.

Analyse“, „das Strukturenmodell der Berliner Schule“ und „Frey’s diskursive Legitimierung von Unterrichtsinhalten“. ⁹²

Klafki sieht die Unterrichtsvorbereitung zur Bestimmung des Bildungsgehaltes der Gegenstände als wichtigsten Schritt, wobei die Didaktische Analyse Grundfragen an den Bildungsinhalt hinsichtlich Sinnzusammenhang, Sachzusammenhang und die Möglichkeit „exemplarisch“ zu wirken, stellt. Weitere drei Aspekte, die bei Klafki festzuhalten sind, stellen (1) „Primat der Didaktik“, (2) „exemplarischer“ Unterrichtsinhalt und (3) Ausarbeitung des „Elementaren“ dar. ⁹³

Hinsichtlich der Unterrichtsplanung geht Klafki also zunächst vom (1) „Primat der Didaktik“ aus. Dies bedeutet, dass die Entscheidung über die Bildungsinhalte der Entscheidung über Medien und Methoden vorausgeht. In diesem Punkt unterscheidet sich Klafkis Ansatz (bildungstheoretisch) grundlegend gegenüber dem Ansatz der Berliner Schule (lerntheoretisch). Mit dem Gesichtspunkt des (2) „exemplarischen“ Unterrichtsinhalts meint man, dass [...] *jeder Inhalt, der im Unterricht vermittelt wird, nicht allein um seiner selbst willen unterrichtet werden, sondern gewissermaßen „exemplarisch“ etwas Allgemeines erschließen [...] soll.* ⁹⁴ Der letzte Aspekt, der (3) Ausarbeitung des „Elementaren“, entsteht aus dem Prinzip des Exemplarischen und bedeutet, dass bei der Analyse die Herausarbeitung des Elementaren bzw. die Herausarbeitung der grundlegenden Ideen der Lerninhalte erfolgt. ⁹⁵

Das Strukturenmodell basiert auf der lerntheoretisch orientierten Didaktik. Dies bedeutet, dass die Variablen wie „Methoden“, „Medien“ und „Intentionen“, die in wechselseitiger Abhängigkeit stehen, den Unterricht bestimmen – anders als bei Klafki. Beeinflusst werden diese sogenannten Variablen durch anthropogene und soziokulturelle Voraussetzungen der Schüler und Schülerinnen. Die Didaktische Analyse und das Strukturenmodell sind grundsätzlich bis auf die Frage des „Primats der Didaktik“ nicht kompatibel. Der Kompromiss liegt also in der wechselseitigen Abhängigkeit der für den Unterricht bestimmenden Variablen, wobei aber dem Entscheid über beabsichtigte Bildungsziele innerhalb der Unterrichtsplanung eine

⁹² Vgl. S. 8.

⁹³ Vgl. ebd. S. 8.

⁹⁴ Ebd. S. 8.

⁹⁵ Vgl. ebd. S. 8.

gewisse Priorität zugeschrieben wird. Anzumerken ist, dass dieser Kompromiss auch für das Modell der Didaktischen Rekonstruktion gilt.⁹⁶

Frey's Diskursive Legitimierung von Unterrichtsinhalten liegt im elementaren Diskurs. Dies bedeutet, dass die Informationsangebote, die für das Curriculum in Betracht gezogen werden, auf die einfachsten/elementaren Aussageinhalte rückgeführt werden. Weiters werden die Informationsangebote weitestgehend so in ihrer Komplexität reduziert, um einerseits von Schülern und Schülerinnen verstanden zu werden und andererseits von Seiten der Schüler und Schülerinnen ein Alltagsbezug hergestellt werden kann. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf dem Verfahren selbst. Ziel ist es also die Informationsangebote in eine Sprache zu übertragen, die von allen Schüler und Schülerinnen verstanden wird – „*der elementare Diskurs schafft eine Verständigungsbasis.*“⁹⁷ Der Prozess der Elementarisierung nährt sich außerdem auch durch die Zielsetzungen der am Prozess Beteiligten. Das bedeutet, dass Unterrichtsinhalte auf die Basis bestimmter Zielvorstellungen ruckzuführen sind, die Frey als Didaktische Rekonstruktion bezeichnet. Frey's Begriff der Didaktischen Rekonstruktion beschränkt sich, im Gegensatz zum aktuellen Modell, darauf, Entscheidungen über Unterricht innerhalb eines rationalen Diskurses zu finden, zu kodifizieren und zu rechtfertigen. Der grundlegende Unterschied zum gängigen Modell findet sich in der Zielsetzung, dass Unterrichtsinhalte didaktisch so rekonstruiert werden sollen, dass sie von Seiten der Schüler und Schülerinnen verstanden werden können.⁹⁸

An dieser Stelle soll nun der Begriff der Elementarisierung noch genannt werden, der innerhalb des aktuellen Modells der Didaktischen Rekonstruktion eine wichtige Rolle spielt. Denn, [...] *es ist fachdidaktisches Allgemeinwissen, daß die Sachstrukturen der Wissenschaften nicht unmittelbar als Sachstruktur für den Unterricht übernommen werden können. Sie sind in aller Regel abstrakt und deshalb Schülerinnen und Schülern nicht zu vermitteln.*⁹⁹ Bei der Elementarisierung geht es darum die wissenschaftlichen Sachstruktur an die Fähigkeiten der Lernenden anzupassen. Die

⁹⁶ Vgl. ebd. S. 8.

⁹⁷ Vgl. ebd. S. 9.

⁹⁸ Vgl. ebd. S. 9.f.

⁹⁹ Ebd. S. 9.

Physikdidaktik bietet zum Begriff der Elementarisierung eine Reihe an folgenden Überlegungen:

- Elementarisierung als Vereinfachung: Die Elementarisierung angewandt als Vereinfachung bedeutet eine Reduktion der Komplexität und wird auch Didaktische Reduktion genannt. Anzumerken ist aber, dass es sich hierbei nicht um eine schlichte Simplifizierung handelt.
- Elementarisierung als Identifizierung: Es sollen die „Elementaria“, die tragenden „Grundideen“ bzw. die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des betrachteten Inhalts herausgearbeitet werden.
- Elementarisierung als Zerlegung: Der zu vermittelnde Inhalt wird in bestimmte Elemente zerlegt, sodass sich dadurch eine aufbauende Abfolge an Unterrichtsinhalten ergibt, welche von den Schülern und Schülerinnen gelernt werden können.¹⁰⁰

Um die wissenschaftliche Sachstruktur an die Fähigkeiten der Schüler und Schülerinnen anpassen zu können, benötigt man ein Wechselspiel der beiden ersten genannten Komponenten. Betrachtet man die Elementarisierung als Identifizierung, erkennt man Klafki's Prinzip des Elementaren. Unter diesem Aspekt wird klar ersichtlich, dass es hier nicht um eine „Vereinfachung“ allein geht, sondern darum, die elementaren Grundideen des zu vermittelnden Inhalts zu extrahieren, wobei die „fachliche Zulässigkeit“ und die „Erlernbarkeit“ berücksichtigt werden müssen.

Die Anwendung der Elementarisierung im aktuellen Modell der Didaktischen Rekonstruktion erfolgt aus einer konstruktivistischen epistemologischen Sicht und geht vom „vorläufigem“ Charakter der wissenschaftlichen Sachstruktur aus. Die Elementarisierung als „Identifizierung“ verfolgt unter diesen Umständen nicht das Auffinden von Aspekten eines bestimmten Inhalts, sondern wird als Konstruktionsprozess verstanden. *„Mit anderen Worten: Die Perspektive, mit der man an die „Identifikation“ der Elementaria herangeht, bestimmt mit, welche gefunden werden.“*¹⁰¹

¹⁰⁰ Vgl. ebd. S. 9.

¹⁰¹ Ebd. S. 9.

Betrachtet man den Stellenwert des Modells der Didaktischen Rekonstruktion hinsichtlich der Unterrichtsplanung, können fünf besondere Leistungen hervorgehoben werden: (1) Gestaltung der fachlichen Klärung als fachdidaktische Aufgabe (2) Schülervorstellungen sind notwendige Anknüpfungspunkte des Lernens (3) Vergleichbarkeit der Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern (4) Synergetische Effekte beim Verstehen fremder Vorstellungen und (5) Selbstkorrigierende Vorgehensweise.¹⁰²

Die Didaktische Rekonstruktion mit ihren Methoden (Analyse der Sachstruktur, Empirische Untersuchungen und Konstruktion von Unterricht) stellt einen wichtigen Aspekt innerhalb dieser Arbeit dar, da eine empirische Untersuchung an Schülervorstellungen im Bereich der elektromagnetischen Strahlung anhand von Interviews durchgeführt wird.

Das Folgekapitel behandelt gängige Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung, welche stets im Unterricht berücksichtigt werden sollten, um Fehlvorstellungen zu vermeiden.

4.2 Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung

„Alltagsvorstellungen bestimmen das Lernen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten „sehen“ kann.“¹⁰³

„Aber auch die Alltagssprache beeinflusst das Bild, das sich die Schüler von der Welt machen.“¹⁰⁴

In Kapitel 2.2 wurde bereits die Natur des Konstruktivismus und der Zusammenhang mit dem Gebiet der Schülervorstellungen beschrieben. Schüler und Schülerinnen besuchen den Physikunterricht mit bereits tief verankerten Vorstellungen zu

¹⁰² Vgl. ebd. S. 14.

¹⁰³ Kircher E., Girwidz R., Häußler P. (Hrsg.), (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3.Auflage. Berlin: Springer Spektrum. S. 658.

¹⁰⁴ Ebd. S. 658.

bestimmten Begriffen, Phänomenen und Prinzipien in Kombination mit vielen Alltagsvorstellungen, wobei sich sehr oft die wissenschaftlichen Vorstellungen mit den Lernendenvorstellungen nicht decken. Diese Tatsache stellt die Ursache für viele Lernschwierigkeiten dar.¹⁰⁵

„Lernen bedeutet, Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aktiv aufzubauen. Der Unterricht muss also an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und ihre Eigenaktivitäten fordern und fördern.“¹⁰⁶

Die Physikdidaktik hat sich diesem Problem zugewandt und eine Reihe an Schülervorstellungen erforscht. Relevante Studien zur elektromagnetischen Strahlung wurden von Neumann und Hopf (2012) mittels qualitativer Interviews durchgeführt, wodurch sich folgende Schülervorstellungen ergaben.

Strahlung ist nicht natürlich

Viele der befragten Schüler und Schülerinnen empfinden die Strahlung als etwas Unnatürliches, etwas „*vom Menschen Gemachtes*“. So soll laut Schüler und Schülerinnen gar keine in der Natur vorkommende Strahlung existieren und somit keine Strahlung von natürlichen Objekten emittiert werden kann. Dadurch geht hervor, dass die Strahlungsintensität abnimmt, je größer die Distanz zu Industrie und Städten ist.¹⁰⁷

Licht ist etwas anderes als Strahlung

Aus den Antworten der Schüler und Schülerinnen geht hervor, dass Lichtquellen wie beispielsweise Glühlampen oder die Sonne keine Strahlung abgeben, sondern lediglich Licht abgeben. Einige der Schüler und Schülerinnen sind der Meinung, dass Strahlung mithilfe einer Linse fokussiert und dadurch sichtbar gemacht werden kann. Dieser

¹⁰⁵ Vgl. ebd. S. 658.

¹⁰⁶ Ebd. S. 658.

¹⁰⁷ Vgl. Neumann S., Hopf M. (2012): Students Conceptions About 'Radiation': Results from an Explorative Interview Study of 9th Grade Students. In: Journal of Science and Technology. 21 (6). S. 829.

Vorgang soll, laut einiger Aussagen der Schüler und Schülerinnen, in einem Laser Pointer stattfinden.¹⁰⁸

Alle elektrischen Geräte emittieren schädliche Strahlung

Eine Vielzahl der Schüler und Schülerinnen sind der Annahme, dass vor allem elektrische Geräte „gefährliche“ Strahlung abgeben. Rückzuführen ist dieser Gedanke an den richtigen Gebrauch des Mobiltelefons (Mobiltelefon beim Schlafen ausschalten). Diesen Umstand haben einige Schüler und Schülerinnen auf generell alle elektrischen Geräte angewandt.¹⁰⁹

Strahlung ist verantwortlich für Umweltschäden

Laut befragter Schüler und Schülerinnen sei Strahlung – insbesondere ionisierende Strahlung – für diverse Umweltprobleme, wie Klimawandel, Ozonloch oder Verschmutzung verantwortlich.¹¹⁰

Strahlung und strahlende Partikel sind ident

Hier wird die Vorstellung vertreten, dass man sich nach einem atomaren Unfall hinhocken soll, damit die bestrahlte Fläche gering gehalten wird und dadurch weniger Strahlung auf der Kleidung haften bleiben kann. Sollte man einen Regenmantel tragen, könne man die Strahlung später abwaschen.¹¹¹

¹⁰⁸ Vgl. ebd. S. 829.

¹⁰⁹ Vgl. ebd. 829.

¹¹⁰ Vgl. ebd. S. 829.

¹¹¹ Vgl. ebd. S. 830.

Strahlung wird von Lebewesen abgegeben und hilft uns Gefühle auszumachen

Man spricht hier von einer Art „emotionaler“ Strahlung, die durch Menschen und Tiere abgegeben werden kann. Gleichgesetzt wird diese Vorstellung mit dem Konzept der „Aura“, die es ermöglicht die Gefühle anderer Menschen oder Tiere zu erkennen.¹¹²

Prinzipielle Vorstellungen zum Thema ‘Strahlung’

Neumann und Hopf verweisen auf eine Interviewstudie von Riesch und Westphal (1975), die zeigen konnten, dass Schüler und Schülerinnen den Begriff ‘Radioaktivität’ mit dem Begriff ‘Strahlung’ stark in Verbindung setzen. Die Jugendlichen meinten aber vielmehr, dass das Wort ‘Strahlung’ nichts anderes als den Transport radioaktiver Quellen bedeutet. Rückzuführen ist diese Fehlvorstellung auf die Verwechslung von ‘Kontamination’ und ‘Bestrahlung’. Weitere Studien (*Eijkelhof, 1990; Lyijnse, Eijkelhof, Klaassen, & Scholte, 1990; Millar & Jarnail Singh, 1996*) bekräftigten diese weit verbreitete Schülervorstellung. 1994 (*Boyes und Sanisstreet*) wurde eine größere Studie hinsichtlich Schülervorstellungen über den Ursprung, den Transport, den Nutzen und über die Gefahren von Radioaktivität und Strahlung durchgeführt. Schüler und Schülerinnen ordneten Quellen ionisierender Strahlung vor allem Kernkraftwerken und kaum natürlichen Quellen (kosmischer oder terrestrische Strahlung) zu. Sie machten radioaktive Quellen als Ursprung für unterschiedliche Umweltprobleme verantwortlich.¹¹³ Untersuchungen von Schülervorstellungen im Jahr 2001 (*Henriksen und Jorde*) ergaben, dass die Schüler und Schülerinnen vor allem ionisierender Strahlung eine künstliche und gefährliche Eigenschaft zuschrieben. Die Testpersonen unterschieden klar zwischen „guter“ und „schlechter“ Strahlung. Die „gute“ Strahlung wurde der in der Natur vorkommenden Strahlung zugeschrieben oder welche in der Medizin angewandt wird. Die „schlechte“ Strahlung wurde der Atomwaffe zugeordnet.¹¹⁴

¹¹² Vgl. ebd. S. 830.

¹¹³ Vgl. Neumann S., Hopf M. (2011): Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Strahlung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 17. S.160.f.

¹¹⁴ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 47.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass Neumann und Hopf (2012) Schüler und Schülerinnen bezüglich des Gefahrenpotenzial der verschiedenen Strahlungsarten befragten. In ihrer Vorstellung hinsichtlich elektromagnetischer Strahlung, sind zwei grundlegende Begriffspaare aktiviert worden, die einerseits in „künstlich – natürlich“ und andererseits in „gefährlich – nützlich“ kategorisiert werden. Plotz (2017) untersuchte im Rahmen seiner Dissertation diesen Sachverhalt und kam zu ähnlichen Ergebnissen.¹¹⁵ Das Begriffspaar „künstlich – natürlich“ stützt die Vorstellung, dass die Strahlungsquelle die Voraussetzung darstellt, ob es sich um künstliche oder natürliche Strahlung handelt. So schreiben manche Schülerinnen und Schüler die Sonne der natürlichen und beispielsweise die Mikrowelle der künstlichen Strahlungsquelle zu. Innerhalb dieser Arbeit ist die zweite Kategorie „gefährlich – nützlich“ von Bedeutung und wird dadurch gesondert erwähnt.

Gefährlich oder nützlich¹¹⁶

Schüler und Schülerinnen kategorisieren beim Thema Strahlung die Strahlungsarten nach ihrer Gefährlichkeit. Vor allem ionisierende Strahlung (Teilchenstrahlung und elektromagnetische Strahlung) wird als sehr gefährlich betrachtet. Dennoch fällt auf, dass manche Schüler und Schülerinnen der Annahme sind, dass Röntgenstrahlung im Gegensatz zu den anderen Strahlungsarten nicht so gefährlich sei, da diese in der Medizin verwendet wird. So wird diese „gefährliche“ Strahlung durch ihre „nützliche“ Anwendung „nützlich“ und „weniger gefährlich“. Auch das Dosisargument (Schwellendosen, s. Kap. 2.3, Abb. 3) wird von Seiten der Schüler und Schülerinnen durch die Aussage von Paracelsus unterstrichen:

*„Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis machts,
dass ein Ding kein Gift sei.“ (Paracelsus, 1965)*

Eine Kombination der Begriffspaare „künstlich – natürlich“, „gefährlich – nützlich“ findet man beispielsweise in der Vorstellung „Strahlung ist verantwortlich für

¹¹⁵ Vgl. Hopf M., Schecker H., uvm. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum. S. 234.

¹¹⁶ Vgl. ebd. S. 234.

Umweltschäden“, da sich hier der „künstliche“ und „gefährliche“ Aspekt treffen. Den Nutzen der verschiedenen Strahlungsarten sind Schülern und Schülerinnen eher weniger bekannt. Erst ab der Oberstufe werden von einem Teil der Schüler und Schülerinnen nützliche Alltagserfahrungen genannt, wie beispielsweise Krebsbehandlung, Desinfizieren mit UV-Strahlung, usw.¹¹⁷

Da nun die gängigen Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung genannt wurde, soll auf die Forschungsfrage eingegangen werden

5. Vorüberlegungen zur Forschungsfrage

5.1 Forschungsfrage

Nachdem die fachliche Klärung sowie die fachdidaktische Herangehensweise und der Umgang mit Schülervorstellungen hinsichtlich des Physikunterrichts vollzogen wurde, sollen Vorüberlegungen bezüglich der Untersuchung und die Forschungsfrage beschrieben und formuliert werden. Die vorliegende Diplomarbeit lehnt sich an bereits durchgeführte Studien durch Neumann und Hopf (2012) sowie Plotz (2017) an und dient als Fortsetzung der Untersuchungsreihe.

So meint die zweite Hypothese, die Plotz (2017) zur Gefahr von Strahlung formuliert hat, dass Schüler und Schülerinnen die Gefährlichkeit der Strahlung mit der Nützlichkeit der Strahlung entgegenrechnen könnten.¹¹⁸

Bei der Frage nach der Gefährlichkeit und Nützlichkeit von Strahlung wird bei Plotz (2017) von Polen gesprochen – so kann man sich beispielsweise die Gefährlichkeit als Pol und die Nützlichkeit als Gegenpol vorstellen. Eine Kombination der Gefährlichkeit und der Nützlichkeit der verschiedenen Strahlungsarten und daraus resultierende Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen stellt die zu erforschende Hypothese dar.

¹¹⁷ Vgl. ebd. S. 234.

¹¹⁸ Vgl. ebd. S. 92.

So können die Ergebnisse der Neumann und Hopf Studie (2012) über die geringe Einschätzung der befragten Schüler und Schülerinnen gegenüber Röntgenstrahlung und mit der einhergehenden Gefährlichkeit, erklärt werden. Wobei hier der **Dosisbegriff** innerhalb der Schüler- und Schülerinnenantworten eine große Rolle spielt.

Aus dieser Grundlage lässt sich die zentrale Forschungsfrage folgendermaßen formulieren:

„Weisen Schüler und Schülerinnen eine Schwellenwertsvorstellung hinsichtlich der Gefährlichkeit und der Nützlichkeit elektromagnetischer Strahlung auf?“

5.2 Lehrplanbezug

Der Lehrplanbezug sollte bei didaktischen Fragestellungen bzw. beim Erstellen einer Forschungsfrage betreffend des fachdidaktischen Bereichs berücksichtigt werden. Als Richtwert wird der Lehrplan der AHS-Oberstufe für Physik herangezogen.

In der 4. Klasse wird bereits das radioaktive Verhalten der Materie angeführt. So heißt es im Lehrplan, dass [...] *ausgehend von Alltagsvorstellungen der Schüler und Schülerinnen ein grundlegendes Verständnis wichtiger Vorgänge im Atomkern erzielt werden sollen. Außerdem sollen [...] Einsichten in Veränderungen im Atomkern als Ursache der „Radioaktivität“ gewonnen werden (Eigenschaften von Alpha-, Beta- und Gammastrahlen).*¹¹⁹ Weiters soll der radioaktive Zerfall als ständig auftretender Vorgang von Seiten der Schüler und Schülerinnen erkannt werden und [...] *grundlegende Vorgänge bei der Energieumsetzung in der Sonne, in Sternen und bei Kernreaktionen sollen verstanden werden (Kernfusion, Kernspaltung).*¹²⁰

Die Behandlung der elektromagnetischen Strahlung im Unterricht, findet ihren Platz innerhalb des Lehrplans unter dem Reiter „Elektromagnetische Wellen“ in der 7.Klasse

¹¹⁹ RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes. (2020): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne-allgemein bildende höhere Schulen. S. 99.

¹²⁰ Mayr, H. (2000): Lehrplan – Physik / Chemie – HS und AHS Unterstufe. In: Plus Lucis – Verein zur Förderung des physikalische und chemischen Unterrichts. 1/2000. S. 7.

– Kompetenzmodul 5. So sollen Schüler und Schülerinnen der Sekundarstufe II die Erzeugung und die Eigenschaften einer elektromagnetischen Welle am Beispiel des Lichts sowie an anderen Arten der elektromagnetischen Strahlung thematisieren und erklären können. Auch technische Anwendungen sowie ein sicherer und bewusster Umgang mit elektrischen Anlagen sollen von Seiten der Schüler und Schülerinnen entwickelt werden.¹²¹

Die befragten Testpersonen befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung in der Sekundarstufe II in der 9.Schulstufe und kannten bereits das elektromagnetische Spektrum mit ihren Strahlungsarten.

6. Forschungsmethode

6.1 Qualitative Untersuchung von Interviews

Das Werkzeug zur Erforschung von Schülervorstellungen stellt das qualitative Leitfadeninterview dar. Bereits Gropengießer (2008) weist auf die Erfassung von Lernendenvorstellungen mithilfe qualitativer Inhaltsanalyse der Interviews hin. Die Denkgebäude von Schüler und Schülerinnen sollen verstanden und demnach in Kategorien eingeteilt werden. Diese Kategorienbildung mit ihrer inhaltlichen Analyse erfolgt nach dem System nach Mayring (2015), welches in diesem Kapitel ihre Berechtigung findet und anschließend genauer beschrieben wird.¹²²

¹²¹ Vgl. ebd. S. 184.

¹²² Vgl. Gropengießer, H. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. 2.Auflage. Weinheim-Basel: Beltz. S. 172-189. S. 172.

„Qualitativ“ oder „Quantitativ“?

Für die vorliegende empirische Erhebung wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) herangezogen, da diese ein geeignetes Werkzeug zur Eruierung von Lernendenvorstellungen darstellt. Bei der qualitativen Inhaltsanalyse werden qualitative und quantitative Unterscheidungsmerkmale hervorgehoben, wobei Hussy, Schreier und Echterhoff (2010) die qualitative Inhaltsanalyse innerhalb der Mixed-Method-Ansätze eingliedern und somit als hybriden Ansatz betrachten. Die Unterscheidung wird durch drei Kriterien beschrieben. So kann man die qualitative und die quantitative Analyse hinsichtlich der *Begriffsform* unterscheiden. Stegmüller (1970) stellt fest, dass zwischen diesen beiden Begriffen kein Unterschied in der Realität ausgedrückt wird, sondern einzig und allein ein Unterschied in der Sprache zu finden ist. Die qualitativen oder auch „*klassifikatorischen*“ Begriffe stellen die einfachste Form dar und bilden den Inhalt von „Klassen“, wie beispielsweise Haus, Mensch, kalt, etc. Man kann behaupten, dass die meisten qualitativen Begriffe in die Alltagssprache fallen. Quantitative Begriffe bedienen sich durch „*metrische*“ Äußerungen wie Größenbegriffe, die dann als numerische Funktionswerte dargestellt werden können. Der Einsatz quantitativer Begriffe zieht durch die Metrisierung quantitative Begriffe nach sich, da bestimmte Größen auf den Prozess des Zählens zurückgeführt werden. Das zweite Kriterium, ob eine qualitative oder quantitative Analyse durchgeführt werden soll, liegt in der Unterscheidung des Skalenniveaus der zugrunde liegenden Messungen. Die letzte Unterscheidung erfolgt nach dem impliziten Wissensverständnis.¹²³

„Die Natur erklären wir, das Seelenleben verstehen wir.“ (Dilthey W., 1894)

Zu diesem Zitat äußert sich Rohrer (1967) mit einer Beschreibung einer Bewegung, die die *erklärende* naturwissenschaftliche Psychologie und die *verstehende* geisteswissenschaftliche gegenüberstellt. Der qualitative Ansatz analysiert nicht lediglich Zusammenhänge und Prozesse, sondern lebt vom „sichhineinzuversetzen“ und von einem „nachzuerleben“. Ein weiterer Unterschied findet sich in der Orientierung der Analyse. Die qualitative geht auf die Orientierung des „Besonderen“

¹²³ Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag. S. 17.ff.

und die qualitative auf die Orientierung des „Allgemeinen“ zurück. So spricht man bei der qualitativen Wissenschaft von einer induktiven und bei der quantitativen von einer deduktiven Vorgehensweise.¹²⁴

Das Phasenmodell

Um die Gegensätze „qualitativ“ und „quantitativ“ zu überwinden, muss zuerst ein qualitativer Schritt gesetzt werden, da quantitative Aussagen die „Quale“ voraussetzen. Im Zentrum dieser inhaltsanalytischen Anwendung steht das Kategoriensystem auf das zu untersuchende Material. Im Vorfeld müssen diese Kategorien jedoch erarbeitet und am Material getestet werden. Dieser Vorgang ist jedenfalls qualitativer Art und stellt den Hauptbestandteil der inhaltsanalytischen Arbeit dar. Die Ergebnisse hängen besonders von diesem qualitativen Analyseschritt ab, welcher zugleich die Basis für quantitative Analyseschritte darstellt. Das quantitative Instrument der Gegenstandserfassung kann angewandt werden, muss aber nicht. Den letzten Schritt der Analyse stellt der Rückbezug der Ergebnisse auf die Ausgangsfrage/Forschungsfrage durch Interpretation dar. Ein Überblick über die Abfolge der drei Phasen und ihr Verhältnis qualitativer und quantitativer Analyse im Forschungsprozess wird in der nachfolgenden Abbildung 5 ersichtlich:

¹²⁴ Vgl. Rohrer, H. (1976): Einführung in die Psychologie. München: Urban & Schwarzenberg. S. 96.

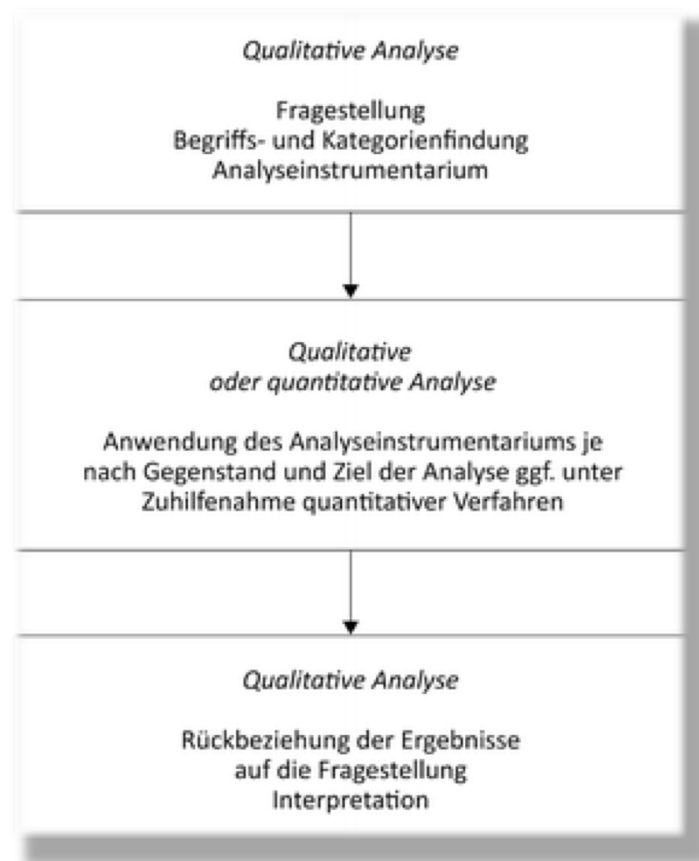


Abbildung 5: Phasenmodell nach Mayring (2015)

Unter Berücksichtigung des Phasenmodells soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es verschiedene Ansätze zum Verstehen sprachlichen Materials gibt, in welchen sich sehr vielfältige Quellen zur Konstruktion einer qualitativen Inhaltsanalyse finden lassen. Mayring (2015) verweist hierbei auf fünf¹²⁵ verschiedene Bereiche, in denen sich solche Ansätze finden lassen, welches das Material zu einer qualitativen Inhaltsanalyse darstellt:

- Kommunikationswissenschaften: Content Analysis
- Hermeneutik: Kunstlehre der Interpretation
- Qualitative Sozialforschung: interpretatives Paradigma
- Sprach- und Literaturwissenschaft und die
- Psychologie der Textverarbeitung und der Kategorienbildung.

¹²⁵ Vgl. Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag. S. 26-49.

Die vorliegende Arbeit bedient sich mit dem Instrument der *Kommunikation*, die auf die in Amerika entwickelte *Content Analysis* zurückführt und erstmals von Berelson (1952) in einer Monografie als objektive, systematische und quantitative Analyse des Inhalts von Kommunikation zusammengefasst wurde. Von dieser Warte aus, konnte sich die Inhaltsanalyse weiterentwickeln und beachtet nicht nur den Aspekt des verbalen zusammengefassten Materials (description), sondern auch die Schlussfolgerung (inference); es werden nicht nur die Symbolhäufigkeiten, sondern auch die Symbolzusammenhänge (Kontingenzanalyse) gemessen; nicht nur die lexikalische Bedeutung von Begriffen spielt eine Rolle, sondern auch ihr Kontext und weiters wurde der quantitativen Häufigkeitsanalyse eine negative Kritik zuteil, da der qualitativen Auslegung mehr Sinn zugeschrieben wurde.¹²⁶

Durch Krippendorff (1969) und Gerbner (1969) kam es erneut zu einer Weiterentwicklung. Diesmal wurde die inhaltsanalytische Situation durch direkte Analyse und der Explikation des kommunikationstheoretischen Modell vorangetrieben. Ebenso wurde die Quantifizierung verfeinert und eine Zwischenposition zwischen qualitativer und quantitativer Analyse angeboten.¹²⁷

Die wichtigsten Faktoren der Entwicklung der qualitativen Analyse *Kommunikation* lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Einhaltung der *quantitativen* Technik des *systematischen Vorgehens*.
- Das Material darf *nicht isoliert*, sondern als Teil der Kommunikationskette verstanden werden.
- Im Zentrum der *qualitativen* Analyse steht die Konstruktion und Anwendung von *Kategorien*.
- Überprüfung durch Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität, Validität) muss, wie bei jeder wissenschaftlichen Methode, erfolgen.¹²⁸

¹²⁶ Vgl. ebd. S. 26.f.

¹²⁷ Vgl. ebd. S. 27.

¹²⁸ Vgl. ebd. S. 29.

Für die fachliche Klärung werden wissenschaftliche Vorstellungen gesucht, die, mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse über die bestimmte Fragestellung *welche* Konzepte bzw. Denkfiguren einer Vorstellung zugrunde liegen, gefunden werden können.

Die Explikation verfolgt den Gesichtspunkt, wie es zu einer Vorstellung kommt und verfolgt auch die sprachlichen Mittel, wie beispielsweise die Wahl 'besserer' Termini (Fachwörter) für das Verständnis.

Die Strukturierung verdeutlicht, welche ontologischen (was gesehen wird) und epistemologischen (Wissen am Erkennen beteiligt) Denkfiguren der Theorie zugrunde liegen. Anschließend wird ein Vergleich der Strukturen mit den verschiedenen ontologischen Theorien durchgeführt. Diese drei Interpretationsformen (Zusammenfassung, Explikation, Strukturierung) oder auch Grundformen des Interpretierens genannt, treiben die Inhaltsanalyse innerhalb der Fachlichen Klärung voran.¹²⁹

Die *Zusammenfassung* meint, dass das Material so weit reduziert werden soll, dass die wesentlichen Inhalte erhalten bleiben. So entsteht der sogenannte überschaubare *Corpus*. Bei der *Explikation* geht es darum, die unverständlicheren Textteile mit *zusätzlichem Material* zu ergänzen, um das Verständnis zu erweitern. Die *Strukturierung* filtert erneut Aspekte aus dem Material und wird nach Ordnungskriterien, die vorher festgelegt werden, um das Material anhand der *deduktiven Kategorienanwendung* untersuchen zu können.¹³⁰

¹²⁹ Vgl. Gropengießer, H. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. 2.Auflage. Weinheim-Basel: Beltz. S. 185.f.

¹³⁰ Vgl. Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag. S. 67.

6.2 Leitfadeninterview

Konzeption des Leitfadeninterviews

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die Erstellung des Leitfadeninterviews darbieten. Ausgehend von der Methode der *Kommunikation*, ist nun ersichtlich, dass bereits im Vorfeld durch die Fragestellungen Kategorien gebildet wurden – dabei handelt es sich um die *deduktive Kategorienanwendung* nach Mayring (2015), welche im Folgekapitel dargelegt wird. Der Interviewbogen soll in erster Linie einen Einblick in die Gedankenkonstrukte der Schüler und Schülerinnen gewähren, um diese im Physikunterricht berücksichtigen zu können, denn:

„Concepts are the glue that holds our mental world together.“¹³¹

Um eine Testung durchführen zu können, muss zunächst ein Kategoriensystem erstellt werden. Der erste Versuch für die Bildung einer Kategorie, verfolgt die Frage nach dem Wissenstand bzw. den vorhandenen Annahmen der Testpersonen zum Thema elektromagnetischer Strahlung. In der zweiten Klassifizierung soll eine Alltagsverbindung zum Wissen bzw. zur Annahme hergestellt werden. Die dritte Kategorie vereint die medizinischen Aspekte, die zu Fehlvorstellungen führen könnten.

„Qualitative Interviews dienen [...] in erster Linie dazu, [...] verbale Äußerungen anzuregen, die sich auf Erfahrungen, Vorstellungen und Meinungen, aber auch auf die Beschreibungen von Handlungsweisen, Gegenständen, Prozessen oder Denkweisen beziehen.“¹³²

Diese Aussage stellt die Ausgangslage für die weitere Konzeption des Interviewfragebogens dar, da sich das Material sehr gut für die Analyse latenter Sinnstrukturen, Darstellungspraktiken und Wahrnehmungsorientierungen eignet

¹³¹ Murphy, G.L. (2002): The big book of concepts. Cambridge: MIT Press. S. 1.

¹³² Bohnsack R., Geimer A., Meuser M. (Hrsg), (2018): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung. 4.Auflage. Opladen & Toronto: Verlag Barbara Budrich. S. 125.

sowie Rückschlüsse auf Prozesse und Strukturen der Lebenswelt der Testperson hinsichtlich ihres Erkenntnisgegenstandes erlaubt.¹³³

Da es sich um eine bereits fortgeschrittene Studie handelt, die durch die vorliegende Arbeit weiteruntersucht wird, spricht man von einem „*problemzentrierten* oder *fokussierten* Interview“, da die zentralen Bereiche der Vorstellung über Strahlung bereits erforscht wurden und dadurch Forschungslücken geschlossen oder konkrete Forschungsfragen oder -annahmen überprüft werden können. Die gewählte Gesprächssituation stellt das Einzelgespräch dar, da die individuelle Sichtweise der befragten Person im Vordergrund steht.¹³⁴

Der interpretative Aspekt der Interviews richtet sich auf das Erkenntnisinteresse der Meinungen der Befragten aus und schließt gleichzeitig vorzugsweise die Gründe der Vorstellungsentstehung aus, was soviel bedeutet, dass die Interpretation des Materials auf den manifesten Inhalt der Aussage sein Hauptaugenmerk legt.¹³⁵

Das Leitfadeninterview gilt als das am häufigsten angewandte Erhebungsverfahren innerhalb der qualitativen Sozialforschung und vereint eine Mehrzahl unterschiedlicher Verwendungsweisen, welche [...] *sich durch das Maß an Standardisierung bzw. Offenheit der Interviewführung unterscheiden*. [...] ¹³⁶ Die Unterscheidung reicht beginnend bei einer halb-standardisierten Aufbereitung des Interviews, welches in detaillierter Form eine Vielzahl an konkreten Fragen aufweist, bis hin zu einer offenen Form der Befragung, die keine Antwortkategorien vorgibt, sondern eine, durch die Antwortfreiheit der befragten Person, Liste an Themen für die Analyseverarbeitung, hervorbringt. Der praktikable Leitfaden, der auf die Erfahrungswelten der befragten Personen abzielt, weist einen thematischen Aufbau „Vom Allgemeinen zum Spezifischen“ auf und unterliegt drei wichtigen Anforderungen, die sich aus der „Offenheit der Priorität“, der „Übersichtlichkeit“ und dem „Anschmiegen an den Erzählfluss“ ergeben. Das Interview soll nicht lediglich durch das „Abhaken“ der Fragen erfolgen, sondern die befragte Person durch immanentes Nachfragen (weiterführende Fragen) zu Narrationen animieren. Durch Berücksichtigung dieser

¹³³ Vgl. ebd. S. 125.

¹³⁴ Vgl. ebd. S. 127.

¹³⁵ Vgl. ebd. S. 129.

¹³⁶ Vgl. ebd. S. 152.

Anforderungen, kann eine Rekonstruktion der implizierten Wissensbestände sowie ihre Verankerung in lebensweltlichen Erfahrungszusammenhängen, erfolgen.¹³⁷

Endfassung des Interviewfragebogens

Der Fragebogen vereint die vorhin genannten Anforderungen, die ein Leitfadeninterview verfolgt und bewegt sich fragetechnisch beginnend vom Allgemeinen hin zum Spezifischen. Die Fragestellungen sind vorgegebener und offener Natur. Um den Erzählfluss der befragten Person anzuregen, wurden weiterführende Fragen formuliert. Die endgültige Fassung des Forschungswerkzeuges weist folgende Form auf:

Name:_____ Geschlecht:_____ Klasse:_____		
Schulform:_____ Ort/Datum:_____ SJ19/20		
Wissensstand/Annahmen:		
Fragestellung	Foto der Anordnung	Antworten der/des SuS
1. Welche Begründung führt zu deiner Anordnung (Gefährlich/Ungefährlich)? Antworte in ganzen Sätzen!		
2. Welche Begründung führt zu deiner Anordnung (Nützlich/Unnützlich)? Antworte in ganzen Sätzen!		

¹³⁷ Vgl. ebd. S. 152.

Alltagsverbindung			
Fragestellung	Erwartete Antwort	Weiterführende Fragen	Antworten der/des SuS
3. Welche Alltagsgegenstände /Geräte/etc. verbindest du mit der jeweiligen Strahlungsart? Nenne 2-3 Beispiele!			
4. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Antworte in ganzen Sätzen!	<i>Aus medizinischer Sicht, sobald die Gesundheit des Menschen gefährdet wird.</i>	<i>Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit des Menschen gefährden? Woran machst du das fest? Nenne ein Beispiel!</i>	
	<i>Durch die Wirkdauer und Intensität der Strahlung.</i>	<i>Nenne mir weitere Beispiele aus dem Alltag zur Gefährlichkeit der Strahlung für den Menschen!</i>	
	• <i>Elektrosmog</i> • <i>Lichtsmog</i> • <i>Radioaktive Strahlung</i> • <i>etc.</i>		

5. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich? Antworte in ganzen Sätzen!	<i>Aus medizinischer Sicht, sobald die Gesundheit des Menschen nicht gefährdet wird.</i>	<i>Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit des Menschen nicht beeinträchtigt werden? Woran machst du das fest? Nenne ein Beispiel!</i>	
	<i>Durch die Wirkdauer und Intensität der Strahlung.</i>	<i>Nenne mir weitere Beispiele aus dem Alltag zur Ungefährlichkeit der Strahlung für den Menschen!</i>	
6. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Antworte in ganzen Sätzen!	<i>Wenn die Strahlungsart dem Menschen als hilfreich erscheint:</i> • Infrarotlampen • Mobiltelefone • Radio • Mikrowelle • TV • etc. <i>Aus medizinischer Sicht, sobald die Gesundheit des Menschen positiv gestützt wird.</i>	<i>Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart positiv/nützlich eingesetzt werden? Woran machst du das fest? Nenne ein Beispiel</i>	
	<i>Durch die Wirkdauer und Intensität der Strahlung.</i> • Strahlentherapie (Krebsforschung) • Röntgenaufnahme n (Knochenbrüche) • etc.		

7. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Antworte in ganzen Sätzen!	<i>Wenn die jeweilige Strahlungsart dem Menschen keinen erwähnenswerten Nutzen bringt.</i>	<i>Gibt es Strahlung, die für den Menschen unnütz sind? Wenn ja, nenne mir die Strahlungsarten, die deiner Meinung nach keinen Nutzen für den Menschen haben!</i>	
	• <i>Radioaktive Strahlung</i> • <i>UV-Strahlung</i> • <i>etc.</i>	<i>Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart unnütz sein/werden? Woran machst du das fest? Nenne jeweils ein Beispiel!</i>	
	<i>Durch die Wirkdauer und Intensität der Strahlung.</i>		
Medizin:			
Fragestellung	Erwartete Antwort	Weiterführende Fragen	Antworten der/des SuS
8. Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Beschreibe deinen Gedankengang!		<i>Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten ansiehst, welche Gefahren für den Menschen fallen dir dazu ein?</i>	

	• Veränderungen der Zellen (Tumore) • Sonnenbrand • Körperliche Schädigungen / Deformierungen (radioaktive Strahlung) • Fehlgeburten / Missbildungen, etc.		
9. Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Beschreibe deinen Gedankengang!		Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten ansiehst, welchen Nutzen der jeweiligen Strahlungsart für den Menschen fallen dir dazu ein?	
	• Strahlentherapie (Krebsforschung) • Wärmetherapie (Muskel- und Gelenksbeschwerden) • Lichttherapie (Depressionen) • etc.		
10. Was bedeutet für dich gleich gefährlich/gleich ungefährlich und gleich nützlich/gleich unnützlich? Beschreibe deinen Gedankengang!	Gleich gefährlich / gleich ungefährlich: Wenn die jeweilige Strahlungsart im gleichen Maße für den Menschen gefährlich oder im gleichen Maße ungefährlich ist. Gleich nützlich / gleich unnützlich: Wenn die jeweilige Strahlungsart im gleichen Maße nützlich oder unnützlich erscheint.	Kannst du mir eine Strahlungsart nennen, die für den Menschen im gleichen Maße sowohl gefährlich und ungefährlich ist? Kannst du mit eine Strahlungsart nennen, die für den Menschen im gleichen Maße sowohl nützlich als auch unnützlich ist?	

11. Wie kann man sich vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Nenne jeweils ein Beispiel!	• <i>Sonnencreme</i> • <i>Kleidung</i> • <i>Schutzanzug</i> • <i>Sonnenbrille</i> • <i>Schutzraum</i> • <i>etc.</i>		
12. Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele/Einsatzbereiche und führe diese an!	• <i>Medizin</i> • <i>Landessicherheit (Luftraumüberwachung)</i> • <i>Alltag (TV, Mobiltelefone, Mikrowelle, Radio, etc.)</i>	<i>Nutzt du selbst bestimmte Strahlungsarten für dich? Überlege!</i>	
13. Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die 'Natur' der Strahlungsart unverändert? Was meinst du? Beschreibe deinen Gedankengang und versuche physikalisch zu argumentieren!	<i>Beispiel: Röntgenstrahlung ist für den Menschen gefährlich, hilft aber Brüche festzustellen.</i>	<i>Hier den SuS keine weiterführenden Fragen stellen, sondern die Frage in kleinere Abschnitte zum Verständnis unterteilen:</i> • <i>Kann die gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden?</i> • <i>Kann die ungefährliche Strahlung durch unnütze Anwendung gefährlicher werden?</i> • <i>Verändert sich die Gefährlichkeit oder die Ungefährlichkeit der Strahlung</i>	

		<i>nicht? Auch, wenn es einen Nutzen für den Menschen gibt?</i>	
--	--	---	--

Tabelle 5: Interviewleitfaden

6.3 Beschreibung der Durchführung

Die Untersuchung bzw. Testung fand am B(o)rg Lessinggasse im ersten Wiener Gemeindebezirk statt. Acht Schüler bzw. Schülerinnen wurden für die vorliegende Arbeit innerhalb eines Interviews zur elektromagnetischen Strahlung hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit und Nützlichkeit befragt.

Die Testpersonen besuchten zum Zeitpunkt der Befragung die 9.Schulstufe bzw. die Übergangsstufe. Übergangsstufe bedeutet, dass die Schüler und Schülerinnen einen positiven Abschluss an einer NMS vorweisen können, jedoch möglicherweise einen Lernrückstand für eine positive Aufnahme aufweisen, nicht Deutsch als Erstsprache aufweisen oder aus alternativen Schulformen kommen.¹³⁸

Die Befragung fand im Einzelgespräch in einem Beratungszimmer der Schule statt. Zu Beginn wurden die Schüler und Schülerinnen begrüßt und ihnen die Abfolge des Testverlaufs erklärt. Um den Wissensstand der Schüler und Schülerinnen hinsichtlich der Gefährlichkeit bzw. Nützlichkeit der Strahlungsarten in Erfahrung zu bringen, wurde zuerst eine Rangordnung der Strahlungsarten mittels vorbereiteter Kärtchen, auf denen sich in handschriftlicher Form die Namen der Strahlungsarten befanden, durchgeführt. Eine Grenzlinie konnte durch ein vorgefertigtes, rotes Papierlineal eingefügt werden. Diese Grenze kam nach dem Anordnen der Kärtchen hinsichtlich ihrer Pole (Gefährlich/Ungefährlich; Nützlich/Unnützlich) zum Einsatz, um gefährliche Strahlungsarten von den ungefährlichen ersichtlich abzugrenzen. Anschließend wurde der Interviewleitfaden mit den einzelnen Testpersonen durchbehandelt. Die Interviews

¹³⁸ Vgl. Borg Lessinggasse (2020): Schulprofil. Übergangsstufe.

wiesen eine unterschiedliche Dauer auf und betrugen zwischen 19 Minuten und 34 Minuten. Diese wurden mittels Audioaufzeichnung aufgenommen, um anschließend in transkribierter Form anhand der qualitativen Analyse nach Mayring (2015) weiterverarbeitet werden zu können.

7. Auswertungsmethode

Ausgehend von den Studien von Neumann und Hopf (2012) sowie der Forschungsstudie von Plotz (2017) konnte sich die Forschungsfrage, ob Schüler und Schülerinnen von einer Schwellenwertsvorstellung hinsichtlich der Gefährlichkeit und der Nützlichkeit von elektromagnetischer Strahlung ausgehen, formulieren lassen (s. Kap. 5.1). Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln erwähnt, handelt es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine Fortsetzung der Untersuchung der Erhebung von Schülervorstellungen im Bereich der 'Strahlung'.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Vorgehensweisen, die Mayring (2015) in seiner Beschreibung der qualitativen Inhaltsanalyse anführt, wo es auch heißt, dass die Inhaltsanalyse schlicht nicht immer gleich aussehen kann, da sie an den konkreten Gegenstand bzw. an das Material angepasst werden muss, wurde für diese *theoriegeleitete* Fragestellung die Methode *Kommunikation* und die *deduktive* Kategorienanwendung zur weiteren Inhaltsanalyse herangezogen.¹³⁹ Zu erwähnen ist, dass eine Häufigkeitsanalyse, die nicht selten Gegenstand der deduktiven Kategorienanwendung ist, konnte aufgrund der geringen Anzahl an Testpersonen bereits im Vorhinein ausgeschlossen werden.

¹³⁹ Vgl. Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag. S. 51.

Deduktive Kategorienbildung

Die im Interviewleitfaden angeführte Kategorien „Wissensstand/Annahmen“ oder „Alltagsbezug“ stellen im weitesten Sinne die Vorfelderfassung der generellen Vorstellungen hinsichtlich der Strahlungsarten an.

Ausgehend von der Hypothese der Schwellenwertsvorstellung durch Schüler und Schülerinnen konnten im Vorfeld Kategorien gebildet werden, die im Anschluss auf ihre Bestätigung sowie auf neue Erkenntnisse analysiert werden. Zunächst werden die Kategorien „Strahlung ist gefährlich“ und „Strahlung ist nützlich“ erstellt. Unter ihre Kategorie fallen alle Textbestandteile, die eine Gefährlichkeit oder Nützlichkeit der Strahlung erkennen lassen. Mittels sogenannten Ankerbeispielen, die aus konkret angeführten Textstellen bestehen, können die Kategorien bestärkt werden.¹⁴⁰ Letztendlich werden die Ergebnisse der Kategorien und die damit einhergehende Interpretation in Richtung Fragestellung wieder rückgeführt und zusammengestellt.

Die Ausgangslage der Kategorienbildung stellt die Hypothese bzw. Forschungsfrage der Schwellenwertsvorstellung dar. Daraus entstanden Kategorien gestützt durch Ankerbeispiele (Antworten der Testpersonen):

Kategorie 1: Strahlung ist gefährlich

Ankerbeispiele lassen sich hier zu den Bereichen der Medizin und der Technik finden. Ein Beispiel für die Technik stellt unter anderem die Waffenindustrie mit seinen Auswirkungen oder die Handystrahlung und der technische Fortschritt dar. Eine Aussage der Testperson (S4) soll als Beispiel für ein Ankerbeispiel dienen:

S4: „Die Gammastrahlung verwendet man entweder für die Atombombe oder für die Atomkraftwerke und daher sind die eigentlich gefährlich für den Menschen. [...]“

Beispiele für gesundheitliche Auswirkungen, die für den Menschen gefährlich sind, werden öfters angeführt und können somit den medizinischen Aspekt der Kategorie „Strahlung ist gefährlich“, durch folgende Aussage beispielsweise bekräftigen:

¹⁴⁰ Vgl. ebd. S. 97.

S2: „Ich habe darauf geschaut, welche Strahlungen irgendwie sichtbare Schäden am Körper anrichten und Strahlungen, die halt nicht so schädlich sind wie – ich denke halt nicht, dass Radiowellen sehr schädlich sind. Und Infrarot ist zum Beispiel schon schädlich, wenn man einen Sonnenbrand bekommen kann. Ja ich habe halt an sowas gedacht und mein Vater warnt mich auf öfters vor Strahlung.“

Daraus resultiert, zur bildlichen Veranschaulichung, folgende Grafik für die erste Kategorie:

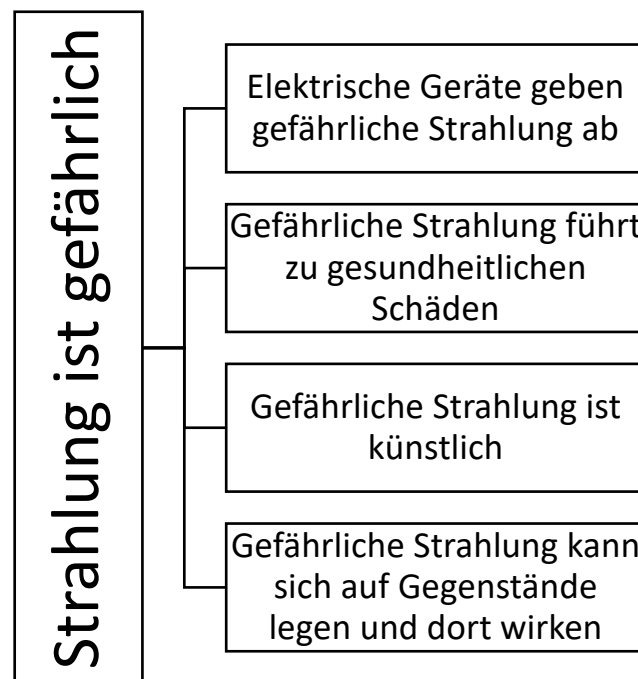


Abbildung 6: Kategorie 1 "Strahlung ist gefährlich"

Kategorie 2: Strahlung ist nützlich

Derselbe Vorgang wird bei der zweiten Kategorie „Strahlung ist nützlich“ und der dritten Kategorie „Gefährliche Strahlung ist nützlich“ durchgeführt und führt innerhalb der zweiten Kategorie zu folgender Anordnung:

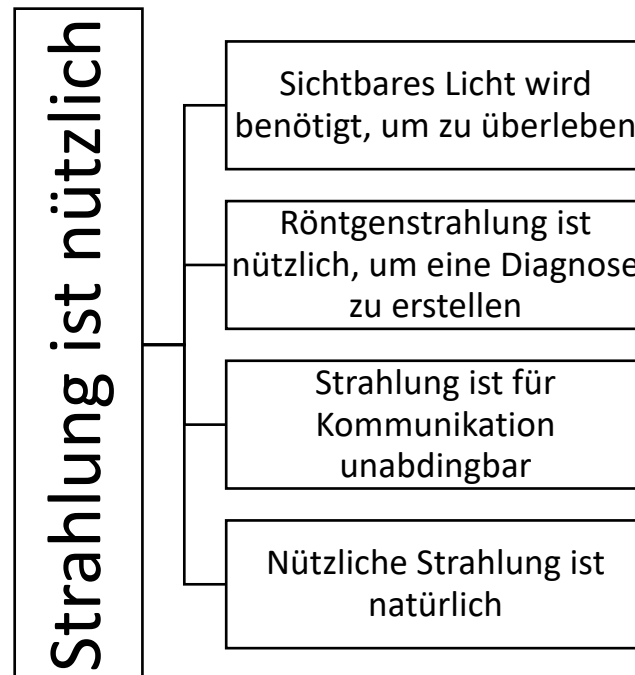


Abbildung 7: Kategorie 2 "Strahlung ist nützlich"

Kategorie 3: Gefährliche Strahlung ist nützlich

Die dritte Kategorie verbindet den Aspekt der Gefährlichkeit und Nützlichkeit einer Strahlungsart und ergibt die Kernkategorie – nämlich die zu untersuchende Schwellenwertsvorstellung. Hierbei wird sehr häufig mit dem Dosisbegriff von Seiten der Testpersonen argumentiert.

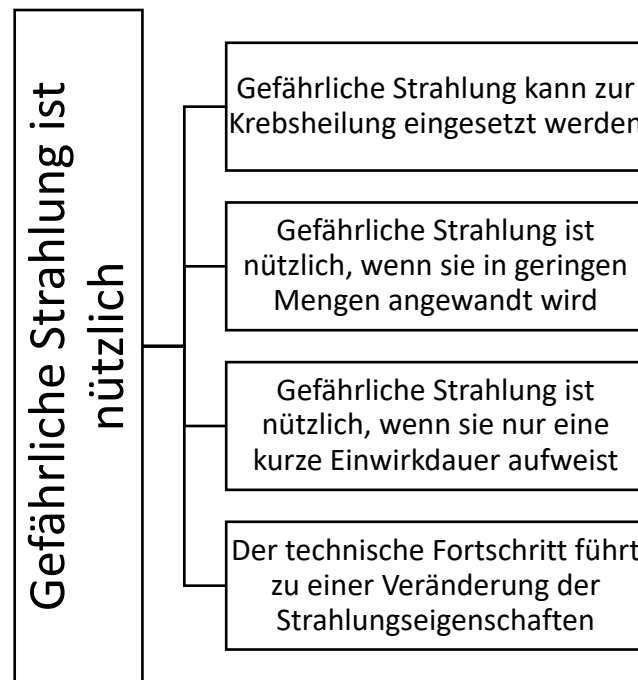


Abbildung 8: Kategorie 3 "Gefährliche Strahlung ist nützlich"

Nachdem nun Kategorien erstellt werden konnten, soll kurz auf die Problemstellung der Generalisierung eingegangen werden, denn, [...] „das Problem der Generalisierung betrifft die Frage, wie von den untersuchten Fällen auf umfassendere Zusammenhänge geschlossen werden kann, was also die empirisch gewonnenen Ergebnisse repräsentieren.“¹⁴¹ Als Grundlage für eine qualitative Forschung benötigt die Generalisierung die Bildung von Kategorien, die das methodische Instrument zur „wirklichkeitswissenschaftliche“ Erfassung mehrerer konkreten Erscheinungen darstellt. Diese Kategorienbildung ist unmittelbar mit der Generierung gegenstandsbezogener Theorien verbunden. Das Ziel besteht darin das Ergebnis/die Ergebnisse dahingehend herauszubilden, dass dieses/diese auf mehrere Erscheinungen anwendbar ist.¹⁴² Im nachfolgenden Kapitel „Ergebnisse und Diskussion“ kommt diese Anwendung zu ihrem Einsatz.

¹⁴¹ Bohnsack R., Geimer A., Meuser M. (Hrsg), (2018): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung. 4.Auflage. Opladen & Toronto: Verlag Barbara Budrich. S. 94.

¹⁴² Vgl. ebd. S. 95.f.

8. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse, die in diesem Kapitel vorgestellt werden, stellen die Bestätigung bereits bekannter Schülervorstellungen, die Bestätigung weiterer Vorstellungen zur Infrarot- und UV-Strahlung, die innerhalb der Dissertation von Plotz (2017) oder von gegenstandsähnlichen Diplomarbeiten untermauert wurden, sowie die Ergebnisse der zuvor generierten Kategorien dar. Wie bereits erwähnt, ist eine Häufigkeitsanalyse der ausgewerteten Interviews innerhalb dieser Arbeit nicht sinnvoll, da bei acht Probanden diesbezüglich kein Maß an verwertbaren Ergebnissen herausgearbeitet werden könnte. Einen Überblick über die Ergebnisse des Vorstellungsverlauf der Schüler und Schülerinnen über die verschiedenen Strahlungsarten des Interviews werden abschließend präsentiert.

8.1 Bestätigung bekannter Schülervorstellungen

Die Bestätigung bekannter Schülervorstellungen lehnt sich an die erworbenen Erkenntnisse der Studie durch Neumann und Hopf (2012) sowie an die Ergebnisse der Dissertation von Plotz (2017). Mittels Schüler- und Schülerinnenzitate, die aus den Interviews extrahiert wurden, können die voruntersuchten Vorstellungen untermauert werden. Die in Kapitel 3 ausformulierten Schülervorstellungen werden zunächst mit den Aussagen der befragten Personen verglichen und dahingehend interpretiert.

Strahlung ist nicht natürlich¹⁴³ - „Künstlich vs. Natürlich“

Die Vorstellung, dass künstliche Strahlung eine durch den Menschen hervorgebrachte Strahlung sei sowie, dass künstliche Strahlung auch gefährlicher als die natürliche Strahlung wäre, findet sich auch in der Studie von Henriksen und Jodrde (2001) wieder. Genauer gesagt, hatten Schüler und Schülerinnen die Vorstellung, dass ionisierende Strahlung nicht „natürlich“ und dadurch zugleich gefährlich sei. Die befragten Schüler und Schülerinnen unterschieden zwischen „guter“ und „schlechter“ Strahlung, wobei die „gute“ Strahlung für die, die in der Natur vorkommt und die, die in der Medizin verwendet wird, steht.¹⁴⁴ Die „schlechte“ oder „radioaktive“ Strahlung wird von Seiten der Schüler und Schülerinnen der Atomwaffe oder einem Kernkraftwerk zugeschrieben, was bei Neumann und Hopf (2011) durch Zeichnungen der befragten Personen hervorgehoben wurde.¹⁴⁵

Vor allem bei der befragten Testperson (S7) konnte sich die Schülervorstellung hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen künstlicher und gleichzeitig gefährlicher Strahlung finden lassen:

-
- S7: „[...] Weil Körper und Mikrowellenlicht: das Mikrowellenlicht ist ja nicht das natürliche Licht von draußen und dadurch wird wahrscheinlich dein Körper denken: „Ah, das tut weh!“ und schaltet wahrscheinlich um. [...]“
-
- S7: „[...] Aber Sonnenlicht an sich ist eh gut, aber Infrarotstrahlung gibt's ja auch in künstlichen Sachen – also das gibt es auch künstlich und dann finde ich es nicht gut! Also das ist meine Sicht. Es könnte auch sein, dass die Infrarotstrahlung einer Krankheit hilft also entgegenwirkt. Aber meine Sichtweise ist halt, dass ist

¹⁴³ Neumann S., Hopf M. (2012): Students Conceptions About 'Radiation': Results from an Explorative Interview Study of 9th Grade Students. In: Journal of Science and Technology. 21 (6). S. 829.

¹⁴⁴ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 46.f.

¹⁴⁵ Neumann S., Hopf M. (2011): Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Strahlung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 17. S. 165.

trotzdem nicht das beste – da würde ich eher das Sonnenlicht nehmen. Ahm sichtbares Licht ist wie gesagt gut.“

- S7: „Ja genau! Dann denkt sich das Auge, es ist kein Naturlicht, weder Sonnenlicht noch ein sichtbares Licht und dem Auge wird wahrscheinlich irgendwas passieren. Bei der Infrarotstrahlung ist es so, wenn du – naja, wenn du in die Sonne schaust? Nein.“
-

- S7: „[...] Aber Licht ist ja nicht wie von der Sonne – Infrarotstrahlung ist ja nicht jetzt – ist schon die Sonne, aber Laserpointer ist ja anders als die Sonne. Ich meine – das eine ist künstlich und das andere Natur. Man muss halt schauen, wie man es verwendet und wo man es verwendet. [...]“
-

Durch Aussagen, wie *Mikrowellenlicht ist ja nicht das natürliche Licht von draußen* oder *Infrarotstrahlung gibt's ja auch in künstlichen Sachen – also das gibt es auch künstlich* sowie *dann denkt sich das Auge, es ist kein Naturlicht* wird eine Verbindung zwischen künstlichem und zugleich gefährlichem Strahlungscharakter sichtbar. Auch Ullrich (2019) führte weiterführende Untersuchungen der Strahlungsarten hinsichtlich ihrer Natürlichkeit und Künstlichkeit durch und kam zu den Ergebnissen, dass Schüler und Schülerinnen vor allem Mikro- und Radiowellen, Gamma- und Röntgenstrahlung sowie Ultraviolettes Licht als ganz künstlich einstufen.¹⁴⁶

Die Testperson (S4) verbindet mit gefährlicher Strahlung bzw. ionisierender Strahlung die Atombombe oder Atomkraftwerke, wie schon die Probanden in der Neumann und Hopf Studie (2011) aufwiesen:

¹⁴⁶ Vgl. Ullrich L. (2019): Klärung der Begriffe *künstlich* und *natürlich* und deren Anwendung von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Strahlung. Diplomarbeit, unveröffentlicht. Wien: Universität Wien. S. 72.

-
- S4: „Die Gammastrahlung verwendet man entweder für die Atombombe oder für die Atomkraftwerke und daher sind die eigentlich gefährlich für den Menschen. [...]“
-

Licht ist etwas anderes als Strahlung¹⁴⁷ - Vorstellungen zum Licht

Das sichtbare Licht war kein zentraler Punkt dieser Arbeit. Dennoch lassen sich verschiedene Annahmen aus den Interviews hinsichtlich des sichtbaren Bereich des Spektrums extrahieren. Unterschiedlichste Schüler- bzw. Schülerinnenaussagen konnten herausgearbeitet werden, da das sichtbare Licht einerseits eher der Alltagswelt zugeschrieben wird und betont wird, dass es benötigt wird, um zu leben. Andererseits findet sich durch Testperson (S7) ein Ansatz, dass sichtbares Licht Einfluss auf unser Denken nimmt.

-
- S2: „Und sichtbares Licht ist für mich so eine Alltagssache, denn sichtbares Licht ist überall und ja, ich denke halt, sichtbares Licht ist schon lebenswichtig. ... Und irgendwie verbinde ich sichtbares Licht mehr mit dem Alltag als die anderen Strahlungen.“
-
- S2: „[...] das sichtbare Licht ist schon immer da gewesen. Ich glaube die meisten Strahlen waren schon immer da aber sichtbares Licht war wahrscheinlich einer der ersten Sachen, die so aufgefallen sind, da es überall ist.“
-
- S7: „[...] Sichtbares Licht ist, dass, zum Beispiel die Lampe, es bringt uns Licht und das finde ich auch wichtig, weil, wenn ich in einem dunklen Raum bin, habe ich auch

¹⁴⁷ Neumann S., Hopf M. (2012): Students Conceptions About 'Radiation': Results from an Expolative Interview Study of 9th Grade Students. In: Journal of Science and Technology. 21 (6). S. 829.

ganz andere Gedanken als, wenn ich in einem hellen Raum bin. Bei dem hellen Raum kann ich ja die Gegenstände sehen und kann mir dann vorstellen, was für Gegenstände vor mir sind aber im dunklen Raum, würde ich mir denken: „Hä? Was passiert da?“ Und ich höre auf zu denken oder denk über etwas ganz anderes – obwohl ich die gleichen Gedanken haben sollte.“

Alle elektrischen Geräte emittieren schädliche Strahlung¹⁴⁸

Alle der befragten Schüler und Schülerinnen unterstützten diese Schülervorstellung nach Neumann und Hopf (2012) durch folgende Aussagen:

-
- S1: „Ein bisschen weniger Handy – also vom Handy Abstand halten...Nicht so lange fernsehen, nicht lange vor dem Computer sitzen...und...ja.“
-
- S3: „[...] man hat zum Beispiel ein Handy dabei und man ist wo, wo viele elektrische Sachen sind, dann passiert Gammastrahlung.“
-
- S3: „[...] Oder bei den Röntgenstrahlung – ich finde, das ist ganz gefährlich, weil dort gibt es eine elektrische Maschine und ich glaube, da ist etwas drinnen, was die Menschen schädigt (deren Gesundheit), wenn man ein Röntgen macht.“
-
- S3: „Ich habe ein Handy in der Hosentasche und meine Eltern sagen die ganze Zeit, dass ich mein Handy nicht in der Hosentasche tragen soll, weil das Handy kann Samen – das

¹⁴⁸ Ebd. S. 829.

Handy hat so eine Strahlung, dass die Samen geschädigt sind, wenn die Samen beschädigt sind, man kann nicht mehr Kinder kriegen. Und wenn man keine Kinder kriegt, dann wird die Menschheit aussterben. Wenn das jeder so macht, man kann nichts mehr machen.“

Hier wird vor allem von elektrischen Geräten und Maschinengesprochen und dass eine Strahlungsquelle nicht unmittelbar am Körper getragen werden soll. Die Gefährlichkeit der Strahlungsarten selbst, rückt hier in den Hintergrund. Denn die Vorstellung, dass elektrische Geräte generell nicht in der Nähe des menschlichen Körpers gebracht werden sollen, wird von den befragten Schülern und Schülerinnen stark vertreten.

Strahlung und strahlende Partikel sind ident¹⁴⁹

Diese Vorstellung lässt sich auf frühere Studien rückführen, die in Kapitel 4.2 unter dem Reiter „Prinzipielle Vorstellungen zum Thema ‘Strahlung’“ nachzulesen sind. Der gemeinsame Nenner liegt in der Verwechslung von „Kontamination“ und „Bestrahlung“. Die Testpersonen (S2) und (S7) äußern sich zur Mikrowellenstrahlung folgendermaßen:

-
- S2: „Und das Essen nimmt auch Strahlung mit, wenn man es aufwärmt. Wenn man es aufheizt mit Feuer, dann kommt ja kaum Strahlung auf.“
-
- S7: „[...] Aber zum Beispiel habe ich heute Reis mit Fleisch und das will ich jetzt aufwärmen in der Mikrowelle. Das finde ich dann nicht gut. Weil das Licht was auf das Fleisch und auf den Reis kommt, das ist, finde ich einfach so ungesund! In meinem Kopf ist es ungesund. Da nehme ich

¹⁴⁹ Ebd. S. 830.

lieber einen Topf [...] und nach fünf Minuten hast du genauso warmes Essen, wie in der Mikrowelle, nur das Licht in der Mikrowelle kommt auf das Essen und im Topf kommt es nicht auf das Essen. [...]"

Nachdem die bereits bekannten Schülervorstellungen mit einer Auswahl an Äußerungen der befragten Schüler bzw. Schülerinnen dieser Untersuchung belegt werden konnten, werden im Folgekapitel weitere Vorstellungen, die sich in der Dissertation von Plotz (2017) oder in unveröffentlichten Diplomarbeiten, welche ebenfalls an die Neumann und Hopf Studie (2012) anknüpfen, finden lassen, mit den Aussagen der Probanden verglichen und auf ihre Gültigkeit hin untersucht.

8.2 Bestätigung weiterer Vorstellungen zur IR- und UV-Strahlung

„Infrarotstrahlung ist rot, Ultraviolettstrahlung ist blau“

Die Wellenlängen befinden sich im nicht sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Der Verdacht, auf diese Vorstellung der Schüler und Schülerinnen geht auf die etymologische Deutung des Begriffes „Infrarot“ mit der Eigenschaft „rot“ zurück.

150

-
- S1: „[...] Und ich weiß nicht, ob es das auch ist, aber mein Vater hat ein rotes Licht benutzt, er nennt es Infrarot das Licht.“
-

¹⁵⁰ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 180.

Dieser Interviewausschnitt lässt einen Verdacht hinsichtlich einer Farbgebung der Strahlungsart durch den Schüler bzw. durch die Schülerin vermuten. Eine weiterführende Frage wäre zur Bestätigung der Vorstellung sinnvoll gewesen.

Auf weitere Auffälligkeiten, die die Infrarot- und UV-Strahlung betreffen, wird durch folgende Aussagen aufmerksam gemacht:

-
- S7: „Infrarot, das ist ja unser Sonnenlicht. Und ohne Sonne können wir nicht leben und ohne dem Licht, was die Sonne uns bringt, können wir halt nicht überleben und es ist nützlicher als Gamma, finde ich. Und...ähm...”
-
- S2: „[...] Und Infrarot ist zum Beispiel schädlich, wenn man einen Sonnenbrand bekommen kann.”
-
- S2: „[...] – wie Eincremen mit Sonnencreme, das schützt ein wenig vor der Infrarotstrahlung. [...]”
-
- S7: „UV-Strahlung ist nicht gut finde ich! Weil das ist sowas wie mit dem Laserpointer! Das finde ich gar nicht gut! [...] Und es gibt sogar UV-Strahlung, glaube ich, die eine Krankheit bringen könnte, wenn man es übertreibt. Weil, wenn ich zum Beispiel so einen Laserpointer habe und dass eine ur starke UV-Strahlung hat und damit ins Auge treffe, dann könnte es sein, dass das Auge schwach wird [...]”
-

Die Infrarotstrahlung wird durch den befragten Schüler bzw. durch die befragte Schülerin (S2) mit dem Wärmeempfinden, wie Plotz (2017) bereits aufmerksam macht, gleichgesetzt, da sie nicht sichtbar, aber dafür über die menschliche Haut spürbar

ist.¹⁵¹ Eine Verwechslung der Strahlungsarten findet sich ebenso durch die Testperson (S2), da der Sonnenbrand der Infrarotstrahlung zugeschrieben wird. Der Schüler bzw. die Schülerin (S7) setzt die Infrarotstrahlung mit der Sonne gleich, wobei sich in der Literatur bereits Hinweise finden lassen, dass Schüler und Schülerinnen schneller Fehlvorstellungen bezüglich der UV-Strahlung und der Infrarotstrahlung bilden, da es sich um nicht-sichtbare Strahlung handelt und die Probanden damit wenig mit dem Alltag verbinden können.¹⁵² Die UV-Strahlung wird durch Testperson (S7) mit einem Laserpointer gleichgesetzt unter Angabe der Hornhautschädigung des Auges.

Nachdem nun einige Aussagen unter den bisherigen Schülervorstellungen verbucht wurden, soll im nächsten Kapitel auf die Ergebnisse der Kategorien eingegangen werden. Hierbei ist anzumerken, dass sich oftmals einige Antworten der Schüler und Schülerinnen in mehr als einer Kategorie eingliedern lassen könnten – ähnlich, wie bei den eben genannten Schülervorstellungen, wo sich eine Antwort in beispielsweise zwei Vorstellungen verorten lässt. So verbinden manche Schüler und Schülerinnen die Strahlungsarten mit Atomkraftwerken und Atombomben und verbinden die Strahlung dann mit Unnützen durch diese Gefahr. Doch, welche Vorstellung die Probanden zur Gefährlichkeit und Nützlichkeit sowie deren Kombination ihrer vermeintlichen Attribute zu Tage führen, soll nun veranschaulicht werden.

¹⁵¹ Vgl. ebd. S. 180.

¹⁵² Vgl. Meiringer, M. (2013): Schülervorstellungen zur Infrarotkamera und deren Aufnahmen. Diplomarbeit, unveröffentlicht. Wien: Universität Wien. S. 23.

8.3 Ergebnisse und Diskussion der Kategorien

Kategorie 1: Strahlung ist gefährlich

Auf die Frage, wann eine Strahlung gefährlich ist bzw. wo die Grenze zwischen gefährlicher und ungefährlicher Strahlung liegt, haben die Schüler und Schülerinnen ihre Antworten hinsichtlich der Gesundheit des Menschen und der Auswirkungen auf die Umwelt angeführt.

Int: „[...] Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also wann beginnt die deiner Meinung nach gefährlich zu werden oder wie merkst du das?“

- S1: „Wenn sie einen Menschen zerstören kann. Also zum Beispiel Gammastrahlung oder so.“

Int: „Okay! Das heißt, wenn sie für den Menschen gesundheitsschädigend ist?“

- S1: „Oder für die Umwelt halt.“

Int: „[...] Wann ist denn eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich – für einen Menschen?“

- S1: „Mhh...Wenn sie ein Mensch oder die Umwelt nutzen kann. Also wenn sie der Mensch oder die Umwelt für sich positiv nutzt.“

Die Gefährlichkeit und Ungefährlichkeit wird von Schüler bzw. Schülerin (S1) an den Zerstörungsfaktor gekoppelt, also sobald Strahlung einen Menschen gesundheitlich dahingehend schädigt, dass keine Heilung in Sicht ist. Dass hier die Gammastrahlung ihre Erwähnung findet, liegt anhand der bezogenen Studien auf der Hand.

Für eine positive Anwendung wird kein diskretes Beispiel genannt.

Testperson (S2) ordnete die Kärtchen nach ihrer Gefährlichkeit hin zur Ungefährlichkeit an. Auf die Frage nach der Begründung für diese Rangordnung, äußerte sich die befragte Person folgendermaßen:

-
- S2: „Ich habe darauf geschaut, welche Strahlungen irgendwie sichtbare Schäden am Körper anrichten und Strahlungen, die halt nicht so schädlich sind wie – ich denke halt nicht, dass Radiowellen sehr schädlich sind. Und Infrarot ist zum Beispiel schon schädlich, wenn man einen Sonnenbrand bekommen kann. Ja ich habe halt an sowas gedacht und mein Vater warnt mich auf öfters vor Strahlung.“
-

Die Gefährlichkeit der Strahlung wird an sichtbare Schäden am menschlichen Körper gekoppelt. Bereits der Sonnenbrand wird von dem Schüler bzw. der Schülerin als gefährlich eingestuft und somit ebenfalls ionisierender Strahlung zugeschrieben. Dennoch befindet sich bei der befragten Person (S2) ein Gedankenfehler, da sich im Laufe des Interviews erkennen lässt, dass die Infrarotstrahlung mit der UV-Strahlung verwechselt wird.

Hervorzuheben ist auch die Aussage, die auf den Dosisbegriff schließen lässt, dass die Strahlungsarten unterschiedlich stark sind und deswegen unterschiedliche Zeit benötigen, um Schaden anzurichten.

-
- S2: „Sie wird wirklich gefährlich wenn man – zum Beispiel bei Röntgenstrahlung, wenn man etwas zu oft röntgt, weil dann erhöht sich das Krebsrisiko. Man sollte halt jedenfalls schauen – Strahlung muss nicht immer schädlich sein, nur, wenn man zu viel davon abkriegt, dann wird es schädlich. Manche Strahlungen sind stärker und deswegen braucht es weniger Zeit, bis es schädlich ist.“

Int: „Das heißt, manche Strahlungsarten sind nicht so intensiv, die bräuchten länger, bis sie uns Menschen schaden?“

- S2: „Ja.“
-

Auf die Frage nach der Ungefährlichkeit der Strahlung wurde kein präzises Beispiel genannt. Vielmehr war die Antwort in Richtung Strahlenschutz gerichtet.

Int: „[...] Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nicht gefährlich (ungefährlich) – für den Menschen? Also nicht welche Strahlung, sondern wann.“

- S2: „Wenn man nicht zu viel davon abbekommt, wenn man sich davor schützt – wie Eincremen mit Sonnencreme, das schützt ein wenig vor der Infrarotstrahlung. Ja schützen – nicht zu viel davon abbekommen.“
-

Eine Möglichkeit, um eine Antwort hinsichtlich ungefährlicher Strahlung zu erhalten, wäre, die Fragestellung dahingehend umzuformulieren, dass der Aspekt der Ungefährlichkeit besser in den Vordergrund rückt. Von einer „nicht gefährlichen“ Strahlung zu sprechen, wie sie im Interview bezeichnet wurde, kann zu Verständnisproblemen führen und den Schutz vor Strahlung als Inhalt der Frage deuten.

Bei Schüler bzw. Schülerin (S4) werden mehrere Interviewausschnitte hintereinander präsentiert, da sich interessante Ansätze bezüglich der Vorstellung über die Gefährlichkeit der Strahlung finden lassen. Die Gammastrahlung wird ausnahmslos als gefährliche Strahlung eingestuft. Bei der Röntgenstrahlung ist eine Unsicherheit der Einschätzung festzumachen. Generell wird auch hier von der Dosis bzw. Menge und der Häufigkeit der Strahleneinwirkung gesprochen.

Int: „[...] Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Was glaubst du? Wann wird es gefährlich für uns Menschen?“

- S4: „Gamma!“

Int: „Gamma?“

- S4: „Ja, Röntgen auch, aber nur größere Mengen!“

Int: „Also bei Röntgenstrahlung benötigt man eine größere Menge? Die Gammastrahlung ist generell gefährlich?“

- S4: „Ja!“

Int: „Und wann glaubst du wodurch oder wann wird eine Strahlung gefährlich?“

- S4: „Ähm – Alpha ist noch nichts, Beta wird schon und Gamma ist allgemein schon – ja das ist schon. [...] Ungefährlich – ich würde sagen ab Röntgenstrahlung, weil das kann man auch verwenden. Aber halt in größeren Mengen ist es gefährlich. [...]“

-
- S4: „Gleich gefährlich und gleich ungefährlich würde ich sagen Röntgenstrahlung, weil das ist ja einerseits nicht schädlich in kleinen Mengen – wenn man es halt vielleicht einmal innerhalb der nächsten fünf Jahre macht, dann ist es eh nicht gefährlich. Aber wenn man es jeden Tag macht, dann wird es schon gefährlich.“

- S4: „Ich glaube, dass man, je mehr am Körper angewendet wird, desto gefährlicher ist es.“
-

Die Antworten von Schüler bzw. Schülerin 2 (S2) und 4 (S4) lassen deutlich den gesundheitlichen Aspekt und den Dosischarakter erkennen. So meinen sie, dass Strahlung dann gefährlich sei, wenn es die Gesundheit des Menschen gefährde. Auch die „Menge“, die man „abbekommt“ wird des Öfteren von Seiten der Probanden erwähnt. Der Dosisbegriff hat sich schon im zweiten Kapitel der vorliegenden

Diplomarbeit ihren Platz gesichert. Durch den Umstand der Expositionsmaße bzw. Dosisbegriffe, die sich für den menschlichen Organismus finden lassen, werden Verbindungen von Seiten der Schüler und Schülerinnen bezüglich der Gefährlichkeit der Strahlungsarten hergestellt.¹⁵³

Hinsichtlich der Schwelle zwischen gefährlicher und ungefährlicher Strahlung, warf Testperson (S5) eine interessante Perspektive auf:

Int: „Mhm. Und du meinst das diese Strahlungsarten generell ungefährlich sind. [...].“

- S5: „Es kann auch gefährlich sein.“

Int: „Und wann ist sie deiner Meinung nach gefährlich?“

- S5: „Äh, wenn man sie verschmilzt.“

Int: „Wenn man die Strahlungsarten kombiniert? Oder wie?“

- S5: „Ja, kombiniert, ja.“
-

Die eben zitierte Interviewstelle hebt hervor, dass ungefährliche Strahlungsarten dann gefährlich werden, wenn sie untereinander kombiniert werden. Von einer Art Verschmelzungsprozess ist bei Schüler bzw. Schülerin (S5) die Rede.

Testperson (S7) macht die Gefährlichkeit der Strahlung besonders an der Mikrowellenstrahlung bzw. an Augenschäden fest. Die nachfolgende Textstelle soll die anwendungsgebundene Einschätzung über die Gefährlichkeit oder Ungefährlichkeit von Strahlung untermauern:

-
- S7: „[...] Mikrowellenstrahlung ist gefährlich aber gleichzeitig auch ungefährlich, weil, man muss ja nicht in die Mikrowelle schauen. Außer man ist schlau und schaut in die Mikrowelle. Aber es ist jetzt nicht so gefährlich. Es

¹⁵³ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 74.

ist gefährlich, wenn man reinschaut, aber es ist auch ungefährlich, wenn man nicht reinschaut. [...] Äh...bei UV-Strahlung, da finde ich gefährlich aber gleichzeitig auch ungefährlich. Weil zum Beispiel ein Lehrer könnte ja auch auf eine Wand mit dem Laserpointer zeigen. Es ist dann nicht gefährlich. Aber wenn so ein Lustiger kommt und auf dich dann zeigt, das ist dann gefährlich. [...]"

Die befragte Person (S7) hat bei ihrer Antwort eher weniger von ionisierender Strahlung, sondern vielmehr von der biologischen Wirkung des monochromatischen Lichts bei falscher Anwendung. Wobei hier anzumerken ist, dass es auch Lasereinrichtungen gibt, die nur im Infrarot- oder UV-Bereich emittieren können, die dann sehr wohl in einer gebündelten Form (Laserpointer) erheblichen Schaden anrichten würden und so wäre die UV-Strahlung der gefährlichen Strahlung richtig zugeordnet.¹⁵⁴

Einen neuen Ansatz einer Erklärung auf die Frage, wie oder wodurch eine Strahlungsart die Gesundheit eines Menschen gefährdet werden kann und wann dies der Fall ist, stellt Testperson (S8) folgendermaßen auf:

- S8: „Also ich glaube das ist so, sobald man mehrere Fälle davon gehört hat. Also wenn jetzt eine Person davon betroffen ist dann wurde ich das jetzt nicht als gefährlich einstufen, weil, es könnte auch einfach sein dass es einfach die Person individuell nicht verträgt. Aber so halt wenn man öfter hört, dass irgendwas halt schiefgegangen ist, dann würde ich das schon als gefährlich einstufen.“
Int: „Das heißt, du machst das fest daran, wenn man jetzt zum Beispiel hören würde, mehrere Menschen sind mittlerweile schon von einer Krankheit betroffen, die eine

¹⁵⁴ Vgl. BFS – Bundesamt für Strahlenschutz (2020): Schutzmaßnahmen bei Laseranwendungen.

gewisse Strahlung hervorgerufen hat, dann würdest du sie als gefährlich einstufen.“

- S8: „Mhm.“

Bei dieser Antwort muss eine weitausgeholt Interpretation stattfinden, da die Aussage nicht deutlich hinterfragt wurde. Nach Einschätzung des durchgeführten Interviews und durch die eben zitierte Textstelle, kann eine Auslegung in die Richtung des gesellschaftlichen bzw. medizinischen Rahmens erfolgen. Es wird erkenntlich, dass die Gefährlichkeit einer Strahlung möglicherweise erst durch mediales Geschehen oder Krankheitsfälle im Bekanntenkreis an Aufmerksamkeit gewinnt und wahrgenommen wird. Auch der individuelle Faktor, „wie“ eine Person etwas verträgt, wird angeführt. So wird deutlich, dass nicht die Natur der Strahlung an sich das Problem einer Erkrankung sei, sondern eher ein Anwendungsfehler der Strahlungsart.

Fazit – Kategorie 1: Strahlung ist gefährlich

Die Interviewausschnitte, die in die „Kategorie 1: Strahlung ist gefährlich“ fallen, lassen Gemeinsamkeiten hinsichtlich bestimmter Strahlungsarten finden. Gammastrahlung wird grundsätzlich von den Schülern und Schülerinnen als gefährlich betrachtet. Die Röntgenstrahlung wird zwar ebenso als gefährlich eingestuft, dennoch wird sie aber ein Stück weniger gefährlich als die Gammastrahlung gereiht. Auch Plotz (2017) kam zu dieser Folgerung.¹⁵⁵ Ebenso wird die UV-Strahlung laut Interviewaussagen hinter die Gammastrahlung betreffend ihrer Gefährlichkeit gereiht. Die Infrarotstrahlung findet ebenso stets ihre Erwähnung und stellt vor allem als Laserpointer, wie dies bei der Bestätigung bekannter Schülervorstellungen der Fall ist, oder hinsichtlich der Sonnenbrandtheorie eine Gefahr dar. Die Schwelle bzw. Grenze zwischen gefährlicher und ungefährlicher Strahlung, wurde durch das Interview nicht deutlich sichtbar. Die befragten Schüler und Schülerinnen gaben mehrere Antworten bezüglich der Gefährlichkeit von Strahlung unter Verwendung des Dosisbegriffes und in Anbetracht der biologischen Wirkung auf den menschlichen Körper. Die ungefährliche

¹⁵⁵ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S. 73.

Strahlung wurde zwar beiläufig durch die Erwähnung der Radiowellen oder des sichtbaren Lichts genannt, jedoch kamen die Probanden sehr bald auf die Gefährlichkeit der Strahlungsarten zurück. Die Vermutung liegt nahe, dass die Schüler und Schülerinnen wenig Alltagserfahrung mit den verschiedenen Strahlungsarten aufweisen und dadurch wenige Beispiele für eine ungefährliche Verwendung anführen können.

Kategorie 2: Strahlung ist nützlich

Die nützliche Anwendung der unterschiedlichen Strahlungsarten bzw. die Nützlichkeit der Strahlung an sich beschreiben die befragten Schüler und Schülerinnen auf eine ähnliche Art und Weise. So wird vor allem der medizinische Nutzen der Röntgenstrahlung hervorgehoben. Interessant ist, dass einige Schüler und Schülerinnen von der Mikrowelle abraten und hier einen „Zurück zum Ursprung“ – Charakter erkennen lassen. Die folgenden extrahierten Interviewstellen dienen zur Veranschaulichung und werden dahingehend interpretiert.

Da nur wenige der Probanden tatsächlich auf den Nutzen der Strahlung eingegangen sind, werden hier zwei Textstellen angeführt, die sehr kurz und bündig ausfallen:

Int: „Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich?“

- S1: „Ja, wenn sie uns hilft halt. Also – dieselbe Antwort“

-
- S8: „Ach so ja, also sichtbares Licht halt, damit man etwas sieht, Röntgenstrahlung, also beim Arzt.“
-

Die Schüler bzw. Schülerinnen erwähnen nur am Rande, dass nützliche Strahlung unser sichtbares Licht darstellt, da dieses zum Sehen oder wie im vorangegangenen Kapitel schon untermauert wurde, zum Leben benötigt wird. Die Röntgenstrahlung stellt die meist umstrittene Strahlung unter den Interviewaussagen dar, da sie im

gefährlichen und nützlichen Bereich ihre Berechtigung findet. Die meisten Aussagen gingen dennoch den Weg des „Unnutzens“ und weniger den des Nutzens der Strahlungsarten.

Die befragten Testpersonen (S1), (S4) und (S8) verwiesen bei der Frage nach unnützer Strahlung auf die Atomstrahlen, Atombomben und Atomkraftwerke. Wie auch bei der Studie von Neumann und Hopf (2011) wird bei „schlechter“ oder „gefährlicher“ Strahlung ein Bild von Atombomben in einigen Köpfen generiert. Dieser Umstand resultiert einerseits aus der Verwendung des Begriffes der Radioaktivität und andererseits aus dem Lehrplan heraus, da vorwiegend Atomkraftwerke sowie deren Auswirkungen (Bsp.: Tschernobyl) zum Thema Radioaktivität behandelt wird. Die Einführung der Begriffe α – Strahlung, β – Strahlung und γ – Strahlung sowie der ionisierenden Strahlung ist an dieser Stelle, um Fehlvorstellungen vorzubeugen, sinnvoll.¹⁵⁶

Die nachfolgenden Interviewausschnitte dienen zur Veranschaulichung der Vorstellungsebene.

Int: „Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Du hast gesagt, deiner Meinung nach gibt es keine unnützen Dinge. Aber glaubst du, dass Menschen teilweise gewisse Strahlungsarten eher nicht so brauchen oder weniger nutzen?

- S1: „Naja, ich habe einmal gehört von der Geschichte von Hiroshima und Nagasaki – das sind Atomstrahlen. Das finde ich nicht gut – sowas brauchen wir halt nicht. [...] Ja und sie ist daher eher unnütz.“

-
- S4: „Unnütz – ich würde sagen Gammastrahlung, weil heute verwendet man das nur für Atomkraftwerke – sonst nichts. Dann vielleicht UV-Strahlung.“
-

¹⁵⁶ Vgl. ebd. S. 42.f.

- S8: „Ja. Also wenn sie halt auch wirklich einen guten Nutzen haben. Ich würde jetzt zum Beispiel solche Sachen wie Gammastrahlung oder Atombomben nicht als nützlich einstufen. Ja.“
 - S8: „Wenn sie gefährlich ist. Und wenn man daraus, zum Beispiel, Waffen macht oder sowas halt.“
-

Wie schon zuvor erwähnt, richteten sich manche Aussagen der Schüler und Schülerinnen in Richtung „Zurück zum Ursprung“. Schüler bzw. Schülerin (S2) kam zu dem Schluss, dass schädliche Strahlung, die die Testperson für sich als gesundheitsschädigend einstuft, durch herkömmliche Verfahren ersetzt werden kann und somit die Strahlung an sich ihren Nutzen dadurch verliert. Als Beispiel nennt die befragte Person die Mikrowellenstrahlung.

Int: „Dann haben wir auch dieselbe Anordnung gemacht nur von Nützlich nach Unnütz. Woran hast du das festgemacht?“

- S2: „Ich habe geschaut, welche Strahlungen Menschen brauchen, um anderen Menschen helfen zu können. Und ich habe auch darauf geschaut, welche Strahlungen eigentlich nicht nötig sind weil – zum Beispiel Mikrowellenstrahlung, wir bräuchten nicht unbedingt Mikrowellenstrahlung, um Sachen aufzuwärmen oder sowas, sondern wir können auch ganz einfach mit normalen Feuer auch aufwärmen.“
-

Auf die Frage nach einer nützlichen Anwendung einer Strahlungsart, fällt die Formulierung „nützlich werden“ betreffend der Röntgenstrahlung auf. Die Argumentation der Testperson (S2) geht allerdings, wie hier des Öfteren der Fall ist, auf den Dosisbegriff zurück. Die Gefährlichkeit und die Nützlichkeit werden hier mittlerweile schon gleichgesetzt, was in der nächsten Kategorie genauer

herausgearbeitet wird. Wie schon erwähnt, finden manche Aussagen in mehreren Kategorien ihre Berechtigung.

Int: „Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart positiv oder nützlich eingesetzt werden? Kannst du da vielleicht ein paar Beispiele nennen?“

- S2: „[...] beim Röntgen kann es nützlich werden, indem man...ähm...halt damit Sachen rausfindet was jemandem fehlt. Es ist sehr nützlich, aber auch sehr schädlich, deswegen sollte man nicht allzu oft Röntgen machen lassen. Und...ja, ich denke, Infrarot hat auch ein paar Vitamine – habe ich mal gehört. Und, man sollte halt trotzdem nicht zu viel von etwas nehmen. Bei allen Sachen ist es immer so, wenn man zu viel davon nimmt, dann wird es schädlich. Das ist bei allen Dingen einfach so.“

Hervorzuheben sind die letzten beiden Sätze des Probanden bzw. der Probandin (S2), wo es heißt, dass *„[...] es bei allen Sachen so ist, wenn man zu viel davon nimmt, [...] Das ist bei allen Dingen einfach so.“* Hier wird der Paracelsus Ausspruch hervorgehoben, der auch bei Plotz (2017) von einer Schülerin durch die Aussage *„die Menge mach das Gift, klarerweise...“* bestätigt wird.¹⁵⁷

Unter Verwendung des Dosisbegriffes argumentierte Testperson (S7) den Nutzen der Röntgenstrahlung folgendermaßen:

-
- S7: „Ja, Röntgen ist schon nützlich, weil, wenn deine Hand kaputt ist, dann muss man ja deine Hand röntgen, damit man sieht, was mit deiner Hand los ist. Man kann sagen, es ist unnütz – weil, ich werde mir nicht jede Woche die Hand brechen – aber, wenn man die Hand gebrochen hat, ist es

¹⁵⁷ Ebd. S. 75.

nützlich, dass man halt anschaut, was passiert ist. Und dadurch braucht man ja Röntgen. [...].“

- S7: „[...] Und ja, Röntgenstrahlung ist sicher nützlich, aber gleichzeitig naja – ohja, Röntgenstrahlung ist nützlich. Ohne diese Strahlung von dem Röntgen könnte man ja nicht sehen was passiert ist. [...]“
-

Eine interessante Äußerung fand sich durch Schüler bzw. Schülerin (S7) auf die Frage, welche Strahlung keinen Nutzen oder eher unnütz für den Menschen, sei.

- S7: „An und für sich ist glaube ich alles hier nützlich. [...]“
-

Durch diesen Textausschnitt lässt sich die Vermutung aufstellen, dass der Schüler oder die Schülerin die Strahlungsarten unabhängig von ihrem Einsatz für den Menschen betrachtet und dahingehend einen Nutzen festmacht oder jede Strahlung einen Nutzen für den Menschen hat, auch wenn die Testperson nicht darum weiß. Auch hier wäre eine weitere Fragestellung, um der Vorstellung auf den Grund gehen zu können, sinnvoll.

Fazit – Kategorie 2: Strahlung ist nützlich

Zusammenfassend kann man über die „Kategorie 2: Strahlung ist nützlich“ sagen, dass dem Nutzen an sich weniger Beachtung zukommt, als der Gefährlichkeit der Strahlungsarten. Ausgehend von der Vermutung, dass die Probanden generell wenig von den Einsatzmöglichkeiten der Strahlungsarten wissen, wird vor allem der “Unnutzen“ der Gamma- und der Mikrowellenstrahlung in den Vordergrund gestellt. So wird darauf hingewiesen, dass Strahlungsarten, die schädigend auf den Menschen wirken könnten, durch herkömmliche Verfahren ersetzt werden sollten.

Auch die Erkenntnisse, die Neumann und Hopf (2011) in ihrer Studie über die „radioaktive“ Strahlung gewonnen haben, konnten durch die Aussagen der Probanden bestätigt werden. Es wird ersichtlich, dass die Schüler und Schülerinnen Strahlung oder gefährliche Strahlung an Atomkraftwerke koppeln. Die Nützlichkeit einer Strahlungsart wird im großen Maße der Röntgenstrahlung unter Berücksichtigung des Dosisbegriffes zugeschrieben, da sie Schäden innerhalb des Körpers feststellen kann und somit Schmerz lindert oder gar Leben rettet. Dieser Aspekt fällt zum Teil bereits in die nächstgenannte Kategorie „Gefährliche Strahlung ist nützlich“, wo die Kombination der beiden Attribute zum Einsatz kommt.

Kategorie 3: Gefährliche Strahlung ist nützlich

Gefährliche Strahlung wird durch nützliche Anwendung weniger gefährlich

Die zweite Hypothese, die Plotz (2017) zur Gefahr von Strahlung formuliert hat, besagt, dass Schüler und Schülerinnen die Gefährlichkeit mit der Nützlichkeit einer Strahlung entgegenrechnen.¹⁵⁸

Denn bei der Frage nach der Gefährlichkeit und Nützlichkeit von Strahlung wird von Polen gesprochen, die die eben genannten Begriffe „Gefährlichkeit“ und „Nützlichkeit“ darstellen. Eine Kombination der Gefährlichkeit und der Nützlichkeit wird in den anschließenden Ergebnissen dargelegt.

Durch diese Hypothese können die Ergebnisse der Neumann und Hopf Studie (2012) über die geringe Einschätzung der befragten Schüler und Schülerinnen gegenüber Röntgenstrahlung und mit der einhergehenden Gefährlichkeit, erklärt werden. Wobei hier der **Dosisbegriff** innerhalb der Schüler- und Schülerinnenantworten eine große Rolle spielt.

Die zweite Hypothese soll innerhalb dieser Kategorie in Angriff genommen werden und

¹⁵⁸ Vgl. ebd. S. 92.

konnte auch in dieser Arbeit durch nachfolgender Aussagen der befragten Schüler und Schülerinnen innerhalb des Interviews gestützt werden:

-
- S2: „ Und...ähm....Röntgenstrahlung wird meistens – ich denke schon, dass es nützlich ist, weil – es ist zwar richtig schädlich, aber man geht ja nicht jeden Tag für ein Röntgen hin, deswegen denke ich mal, dass es nicht jetzt extrem schlimm wäre und man braucht es ja, weil wenn irgendwas im Körper los ist, dann weiß man nicht sofort welcher Knochen es ist – man hat ur viele Knochen und wenn man es dann sichtbar gemacht hat, dann weiß man es genau, wo man eingreifen muss.“
-
- S3: „Zum Beispiel die Röntgenstrahlen sind eher nützlich, weil ich weiß, welcher Knochen ist kaputt aber es schadet. Aber zum Beispiel: Das ist nützlich und unnützlich. Bei den Gammastrahlen, da gibt es keine nützlichen Sinn, nur unnütz.“
-

Hier ist anzumerken, dass mit dem Begriff „unnützlich“ innerhalb der Aussage des Schülers bzw. der Schülerin (S3) „Das ist nützlich und unnützlich“ ein Zusammenhang mit der Gefährlichkeit der Strahlung zu verstehen ist. In dieser Kategorie, wo sich die Begriffe „gefährlich“ und „nützlich“ kreuzen, findet vor allem der medizinische Aspekt seinen Einsatz, da die Strahlung von den Schülern und Schülerinnen eher in zwei Richtungen gedeutet wird: Der gänzlich gefährliche Faktor, wenn Strahlung beispielsweise für Atomwaffen eingesetzt wird und der nützliche Faktor, wenn Strahlung für medizinische Anwendungen angewandt wird. Hinsichtlich der Röntgenstrahlung werden durch die Probanden zunehmend Aussagen über die Zwiespältigkeit dieser Strahlungsart getätigt, da sie sowohl als gefährlich als auch als nützlich bezeichnet wird.

-
- S4: „[...] Und ja, dann die Röntgenstrahlung ist, wenn man mehrere Mengen an Röntgen hat, dann ist es gefährlich. Aber es hilft dir beim Arzt.“
Int: „Das heißt die Röntgenstrahlung ist für dich sowohl gefährlich als auch ungefährlich?“
 - S4: „Genau und nützlich auch.“
-

Wieder wird hinsichtlich der Röntgenstrahlung die Menge bzw. die Dosis unter der Anwendung erwähnt. Die Fragestellung „sowohl gefährlich als auch ungefährlich“ wurde sehr unglücklich formuliert und hätte zu dem zu einem unbrauchbaren Ergebnis geführt. Zum Glück reagierte die Testperson (S4) und führte den eigentlichen Gedankengang, bezüglich der eigentlichen Fragestellung, fort.

Weitere Vergleiche zwischen der Gefährlichkeit und Nützlichkeit der Strahlungsarten durch die befragte Testperson (S7) ergaben die gleichen Ergebnisse, wie bei Schüler bzw. Schülerin (S4). So wird hier deutlich von der möglichen Gefährlichkeit der Strahlungsart (Röntgenstrahlung, Infrarotstrahlung und UV-Strahlung) gesprochen. Jedoch wird darauf verwiesen, dass die jeweilige Person die Gefahren für sich selbst abschätzen muss. Ähnlich, wie bei der Testperson (S8), die zur „Kategorie 1: Strahlung ist gefährlich“ schon erwähnte, dass dies eine individuelle Angelegenheit sei, ob die Strahlung gesundheitliche Schäden am menschlichen Körper vornehmen würde.

-
- S7: „Kann man aber es ist – nützlich kann man es einsetzen aber ob es gesund ist oder nicht gesund ist, das ist – entscheidet halt die Person selber.“
 - S7: „[...] Also eine Strahlung muss ja nicht so schädlich sein und Infrarotstrahlung kann auch genauso schädlich sein aber auch nützlich! [...]“
 - S7: „Röntgenstrahlung. Bei Röntgenstrahlung ist nützlich, weil man sieht was passiert ist mit deiner Hand. Aber

gleichzeitig ist es jetzt auch so nicht – es ist nicht gesund. [...]“

- S7: „[...] Also UV und Infrarot ist auf der gleichen ähm...Ebene. Damit kann man helfen, kann also nützlich sein und gefährlich. Röntgenstrahlung ist nützlich, aber gleichzeitig auch – schadet es auch! [...]“
-

Interessant ist, dass die UV-Strahlung und die Infrarotstrahlung innerhalb der Interviews des Öfteren auf die gleiche Ebene gestellt werden. Hier ist eine fachliche Klärung innerhalb des Physikunterrichts zwingend nötig, um tiefere Fehlvorstellungen zu vermeiden. Auf die letzte Frage des Interviews, ob eine gefährliche Strahlung durch eine nützliche Anwendung ungefährlicher werden kann oder ob die Natur der Strahlung unverändert bleibt, entgegnete der befragte Schüler bzw. die befragte Schülerin folgendermaßen:

- S7: „Na es hebt sich auf! Weil, bei der Infrarotstrahlung es ist gefährlich, aber es kann sich auch nützlich erweisen, weil man Krankheiten heilen kann. Das hebt sich dann schon auf! Und wie gesagt, es kommt von Person zu Person darauf an, wie sie das verwendet. Also Infrarotstrahlung kann sehr nützlich sein und kann gleichzeitig, aber auch gefährlich sein. Bei Röntgenstrahlung ist es ja sehr nützlich, weil es hilft, zu sehen was mit deinem Arm passiert ist. Aber es kann auch gefährlich sein. Bei UV-Strahlung bleibt es unverändert nach meiner Sicht. Bei Radiowellen ist es auch gleich – es ist nützlich. Bei Mikrowellenstrahlung bleibt es auch gleich.“
-

Vor allem der erste Satz der Antwort, bestätigt die Kategorie, dass eine Schwellenwertsvorstellung vorliegen muss, da sich die gefährliche Natur der Strahlung durch nützliche Anwendung laut Testperson (S7) aufheben lässt. Manche andere Strahlungsarten hingegen variieren ihren Charakter dennoch nicht. So bleiben Mikrowellenstrahlung, Radiowellen und UV-Strahlung in ihrer Wirkweise unverändert.

Auf die gleiche Frage, ob die Gefährlichkeit einer Strahlung durch eine nützliche Anwendung, abnimmt, entgegnete die Testperson (S8) aus einem anderen Blickwinkel, mit dem Ansatz einer fachlichen Richtigkeit und meint, dass die Strahlung an sich gefährlich bleibt, auch, wenn sie eine nützliche Anwendung findet. Im Folgenden wurde wieder eine Brücke zur Röntgenstrahlung gelegt:

-
- S8: „Ja, also das würde ich sagen. Ich würde sagen, nur weil sie nützlich ist, heißt das nicht gleich, dass sie ungefährlich ist, weil, zum Beispiel, halt eben bei der Röntgenstrahlung ... ich glaub es wär jetzt auch nicht so gesund, wenn man sich jeden Tag röntgen lässt und ich habe auch gehört, meine Mutter hat mir das erzählt, dass früher, als es gerade herausgefunden war, haben irgendwie reichere Leute auch die ganze Zeit Partys damit gemacht und dann sind die auch alle, also haben auch alle Krebs bekommen und so. Ich denke, es ist trotzdem noch gefährlich.“
-

Eine der Antworten, die im Gespräch herausgestochen ist, stellt jene des Schülers bzw. der Schülerin (S1) dar und ergab sich folgendermaßen:

Int: „Kannst du mir noch weitere Beispiele aus dem Alltag nennen, wo die Gefährlichkeit der Strahlung für den Menschen vorhanden ist? ... Einfach aus dem Alltag herausgegriffen? [...]“

- S1: „[...] Ich habe auch mal gehört es gibt da so eine Strahlung mit der man so...ähm...mit der man Krebs beseitigen kann. [...] Ich glaube X-Ray Strahlung, glaube ich.“
Int: „Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung dadurch ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Was meinst du? [...]“
- S1: „Also, die Strahlung, die ich gesagt habe, dass die Krebs bekämpfen kann – also wenn man die zu lange nützt, also da kann man sterben. Aber wenn man sie ganz kurz nützt, dann kann sie helfen. Also sie kann auch positiv genutzt werden und auch negativ.“

Dieser Schüler bzw. diese Schülerin weist auf ultraharte Röntgenstrahlung hin, die zur Krebstherapie eingesetzt werden und im Wesentlichen die gleichen Eigenschaften wie der Einsatz der Gammastrahlung nach sich zieht.¹⁵⁹ Bereits in Kapitel 2.4 wird auf die medizinischen Einsatzmöglichkeiten der ionisierenden Strahlung hingewiesen.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich, abgesehen vom gerade interpretierten Interviewausschnitt, in zwei Interviews eine Abweichung zu der Hypothese „Gefährliche Strahlung ist nicht nützlich“¹⁶⁰, die durch Ergebnisse der Neumann & Hopf Studie (2012) sowie durch das Ergebnis von Plotz (2017) hinsichtlich der **Radioaktivität**, finden lassen könnte.

-
- S2: „[...] Ähm...Gammastrahlung weiß ich nicht, wie das verwendet wird. Ich glaube, es kann auch zur Heilung verwendet werden? Aber da bin ich mir jetzt nicht so sicher.“

¹⁵⁹ Vgl. DKFZ – Deutsches Krebsforschungszentrum (2018): Krebsinformationsdienst. Radioaktivität und Röntgenstrahlung. Strahlenquellen, Risiken und Nutzen.

¹⁶⁰ Vgl. Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin. S.73.

- S2: „Äh...Also ich glaube, es gäbe Möglichkeiten, die gefährliche Strahlung auf eine gute Art zu verwenden. Aber ich glaube, die Menschen sind noch nicht so weit, es herauszufinden, wie man es richtig nützlich verwendet und wie man sich davor richtig schützen könnte. [...]“

Int: „[...] Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also man kann die Strahlung auch für die Gesundheit des Menschen nutzen, kannst du mir da vielleicht ein paar Beispiele nennen?“

- S8: „Also Röntgenstrahlung und ... also ich habe mal irgendwo gelesen, ich bin mir nicht sicher ob das halt wirklich so die Wahrheit ist, aber dass man Gammastrahlung halt auch ... wenn man halt in ganz geringen Maßen, dass man es auch irgendwie ... ich glaub auch gegen Krebs oder irgendwas einsetzen kann.“

Int: „Das heißt, geringe Dosen sozusagen?“

- S8: „Ja.“

Die befragten Schüler und Schülerinnen (S1), (S2) und (S8) haben demnach bereits von einer nützlichen Anwendung ionisierender Strahlung im medizinischen Bereich gehört und können sie daher nicht gänzlich dem „Unnutzen“ zuschreiben. So kann durch die Schüler- und Schülerinnenaussagen die Schwellenwertsvorstellung bestätigt werden, da der Nutzen die Gefährlichkeit fast in allen Fällen, bis auf eine Ausnahme, aufwiegt. Auffällig ist die Aussage von Schüler bzw. Schülerin (S2), da ein Hinweis auf die zukünftige Verwendung von Gammastrahlung getätigt wird. Formulierungen, die in eine zukunftsorientierte Richtung hinsichtlich der Strahlungsarten getätigt wurden, finden sich im Anschluss an das Fazit der „Kategorie 3: Gefährliche Strahlung ist nützlich“.

Fazit – Kategorie 3: Gefährliche Strahlung ist nützlich

Die Schwellenwertsvorstellung, die ausgehend von Plotz (2017) den zentralen Punkt dieser Arbeit darstellt, konnte durch die extrahierten Interviewstellen der Probanden bestätigt werden. Durch das direkte Ansprechen des „Aufwiegens“ bzw. des „Aufhebens“ innerhalb einer Interviewaussage, konnte der Standpunkt bezüglich der Schwelle von gefährlich zu nützlich durch die Strahlungsanwendung hervorgehoben werden. Unter stetiger Anwendung des Dosisbegriffes, können die befragten Personen ihre Annahmen argumentieren. Die biologische Wirksamkeit stellt hier die Ausgangslage für die Schwellenwertsvorstellung dar. Auch, wenn die Zahl der befragten Schüler und Schülerinnen eine geringes Ausmaß aufweist, so finden sich innerhalb der Antworten sehr viele Parallelen untereinander als auch zu der Studie von Plotz (2017).

Wie auf der vorangegangenen Seite bereits angemerkt wurde, sind Schüler- und Schülerinnenaussagen hinsichtlich des technischen Fortschrittes und der damit verbundenen Veränderung der Strahlungseigenschaften auffällig geworden. Diese Aussagen wirft eine neue Perspektive auf, die im Vorfeld noch in keiner Literatur bzw. Studie zu finden ist. Auf diesen Aspekt wird in Kapitel 8.1.4 genauer eingegangen.

Zuvor sollen aber noch ein paar Eigenheiten, die sich aus den Interviews erkennen haben lassen, erwähnt werden. Diese werden unter den Punkten „Direkter Vergleich der Strahlungsarten“, „Wellencharakter der Strahlung“ und „Strahlenschutz“ verbucht.

Direkter Vergleich der Strahlungsarten

Beim direkten Vergleich der Strahlungsarten, der vor allem auf Frage (10) *„Was bedeutet für dich gleich gefährlich/gleich ungefährlich gleich nützlich/gleich unnützlich?“* zutrifft, fanden sich interessante Antworten. Die Frage zielte auf die Strahlungsarten untereinander im Vergleich ab. So sollte herausgefunden werden, ob die Schüler und Schülerinnen beispielsweise zwei Strahlungsarten auf eine gleiche Gefährlichkeitsstufe oder Nützlichkeitsstufe stellen würden. In mancherlei Interviewextraktionen finden sich solche Angaben hinsichtlich der UV- und der Infrarotstrahlung und in anderen Aussagen findet man, dass die Strahlungsart

gefährlich bleibt, egal, welche Anwendung sie findet. Auf direkten Anfragen konnten folgende Aussagen herausgefiltert werden:

-
- S1: „Eigentlich wirklich nichts. Weil, jede Strahlung hat seine eigene Eigenschaft.“

Int: „Das heißt, du würdest niemals zwei Strahlungsarten auf eine Stufe stellen, weil sie unterschiedlich sind und auch eine unterschiedliche Wirkweise für dich haben?“

- S1: „Ja.“

-
- S3: „Weil keine Strahlung ist für den Menschen unnützlich, weil es die gibt.“

Int: „[...] Also kann man jetzt wirklich eine gefährliche Strahlung so anwenden, dass sie nützlich ist? Oder ist eine Strahlungsart immer gleich gefährlich und wird nicht verändert? Was meinst du?“

- S3: „Sie ist immer gleich gefährlich.“

Die befragten Personen unterstreichen mit ihren Aussagen die fachliche Richtigkeit unter Angabe der unveränderlichen Strahlungseigenschaft. Die nachfolgende, längere Textstelle weist eine andere Perspektive auf, da hier „gleich nützlich“ eine Existenzberechtigung zugewiesen bekommt, „gleich gefährlich“ jedoch, im gleichem Atemzug denunziert wird.

-
- S2: „Gleich nützlich gibt es. Aber ein gleich gefährlich gibt es nicht. Weil jede Strahlung seine eigene Intensivität hat und... – Strahlungen können gleich nützlich sein, weil sichtbares Licht ist genauso nützlich wie Radiowellen heutzutage – ungefähr. Und...Röntgenstrahlung ist auch sehr nützlich wie die Infrarot.“

Int: „Das heißt, für dich ist es eher so, dass beim nützlichen Bereich – da kann man schon die Strahlungsarten auf eine Stufe stellen, aber bei gefährlich und ungefährlich würdest du das immer separieren?“

- S2: „Ja.“
-

Um hier eine genaue Interpretation abzugeben, hätte eine weitere Fragestellung erfolgen müssen, da möglicherweise „gleich nützlich“ als optionales Einsatzgebiet der Medizin für den Menschen verstanden werden kann und mit „gleich gefährlich“ somit keine Abgrenzung zwischen den Strahlungsarten erfolgen könnte.

Wellencharakter der Strahlung

Bei der ersten Frage betreffend der Anordnung der Strahlungsarten von Gefährlich nach Ungefährlich, haben zwei Schüler bzw. Schülerinnen nicht nur die gleiche Antwort gegeben, sondern haben fast denselben Wortlaut wiedergegeben:

-
- S1: „Naja, ich habe das in der Schule gelernt, wie die Strahlungsarte halt aussehen. Also wie langsam, wie hoch, wie schnell die sind. Und ich habe da gesehen was gefährlich ist und was eher ungefährlich.“
-

- S6: „Ja. Ich habe das in der Schule gelernt, wie die Strahlungen halt aussehen. Also wie langsam, wie hoch, wie schnell die sind. Und da habe ich gesehen was gefährlich ist und was eher ungefährlich ist.“
-

Interessant ist hier, dass die Antworten dieser beiden Schüler bzw. Schülerinnen die einzigen waren, die durch ihre Antworten den Strahlungsarten einen Wellencharakter zukommen lassen.

Strahlenschutz

Bei diesem Schüler bzw. dieser Schülerin (S2) wird auf die Ausdrucksweise Wert gelegt, da von einer „strahlenabgebenden Sache“ gesprochen wird. Plotz (2017) hat beispielsweise darauf hingewiesen, dass „[...] viele Probanden mit dem Wort ‘Strahlung’ an und für sich den Transport radioaktiver Quellen meinen.“¹⁶¹ Durch diese Aussage lässt sich eine Unterscheidung durch die befragte Person diesbezüglich vermuten.

-
- S2: „[...] Und ja, man könnte sich auch davor schützen, indem man strahlenabgebende Sachen nicht in seine Hosentasche steckt.“
 - S2: „Sie sollen halt auch nicht in der Nähe von dir sein (Strahlungsquellen). Man sollte auch Abstände halten von Mikrowellen oder so. Man sollte halt generell strahlungsabgebende Sachen einpacken, in den Keller bringen oder so.“
-

Nachdem weitere Auffälligkeiten analysiert wurden, soll nun auf den neuen Ansatz des technischen Fortschrittes und seine Auswirkungen auf die Strahlungsarten hinsichtlich ihrer Eigenschaften Bezug genommen werden, der vor einigen Seiten seine Ankündigung erhielt.

¹⁶¹ Ebd. S. 46.

8.4 Ermittlung neuer Ansätze anhand der Analyse

Technischer Fortschritt verändert Strahlungseigenschaften

Testperson (S2) legitimiert den „Unnutzen“ einer Strahlungsart wie folgt:

-
- S2: „Wenn wir ohne das leben können. ... Oder, wenn das halt unnötig ist und wir auch andere Möglichkeiten haben...äh...etwas so verwenden zu können, wie wir die Strahlung verwenden – halt einen Ersatz dafür finden können.“
-

Interessant hierbei ist, dass der Schüler bzw. die Schülerin (S2) davon ausgeht, dass eine Strahlungsart in ihren Eigenschaften und deren Einsatz ersetzt werden könne. Eine ähnliche Anmerkung, die durch Testperson (S3) getätigt wurde, kann aus dem Interview entnommen werden und bestätigt die zuvor beschriebene Aussage des Ersatzes der Strahlungsart durch neue Technologien.

-
- S3: „Ähm...zum Beispiel bei den Röntgenstrahlen – ich rede schon viel davon – aber ich glaube, wir sind in einer Welt, wo viele Sachen passieren. Es wird noch andere Sachen geben. Es gibt zum Beispiel einen Roboter, der macht ein Foto und kann dir zeigen wo alle Knochen sind und was alles kaputt ist. Und ich finde, in der Zukunft wird die Röntgenstrahlung unnützlich sein.“

Int: „Ah, sehr interessanter Ansatz! Das heißt, du glaubst, dass unsere Technologie sich so weit entwickeln wird, dass wir diese Röntgenstrahlung nicht mehr brauchen werden.“

- S3: „Ja genau! Das finde ich!“
-

Die Testperson (S4) macht die Ungefährlichkeit einer Strahlung von einem Zeitfaktor und ebenso von der damit einhergehenden Technologie abhängig.

- S4: „[...] Vielleicht noch Radiowellen in ein paar hundert Jahren? Aber ich glaube heute noch nicht.“
Int: „Die Radiowellen sind also noch ungefährlich, aber du glaubst in ein paar hundert Jahren nicht mehr?“
 - S4: „Entweder wird es besser oder es wird schlimmer.“
-

Betrachtet man die Antwort der Testperson (S5) auf die Frage, ob eine gefährliche Strahlungsart durch ihre nützliche Anwendung ungefährlicher oder umgekehrt werden kann, oder, ob die Natur der Strahlungsart unverändert bleibt, kann ebenso eine Verbindung zur Strahlentechnologie hergestellt werden.

- S5: „Unverändert.“
Int: „Ok... Das heißt, du meinst, eine Strahlungsart ist gefährlich oder auch ungefährlich, und da ändert sich nichts daran. Das ist die Strahlung an sich, da hat...“
 - S5: „Vielleicht in Zukunft.“
Int: „Mhm. Und was glaubst du wie das in der Zukunft, was müsste sich da ändern, damit das anders aussieht?“
 - S5: „Naja die Strahlen-Technologie.“
-

Fazit – Technischer Fortschritt verändert Strahlungseigenschaften

Betrachtet man die Zitate, die aus den Interviews hervorgehoben wurden, erkennt man, dass die deduktiven Kategorien, die zu Beginn vorgestellt wurden, erfüllt wurden. Mittels dieser Kategorien konnte eine Rücküberprüfung des Kategoriensystems am

Ausgangsmaterial durchgeführt werden. Die Forschungsfrage nach der Schwellenwertsvorstellung hinsichtlich der „Gefährlichen Strahlung, die durch nützliche Anwendung weniger gefährlich wird“ bestätigt werden. Eine bisher noch nicht in Studien oder Forschungen aufgeworfene Perspektive ließ sich in den Interviews finden, die doch von acht Probanden vier vertraten. So meinen die Schüler und Schülerinnen, dass ein technischer Fortschritt zu einer Ersatzstrahlung bzw. zu Veränderungen der jeweiligen Strahlungseigenschaften führen werden. Diese Ansicht stellt einen Punkt dar, der im Kapitel Ausblick gesondert diskutiert wird.

8.5 Vorstellungswechsel der Probanden innerhalb des Interviews

Im befindlichen Kapitel werden die Anordnungen der Strahlungsarten mittels Kärtchen von „Gefährlich“ nach „Ungefährlich“ sowie von „Nützlich“ nach „Unnütz“ der einzelnen Schüler und Schülerinnen präsentiert sowie ein Überblick über den Vorstellungswechsel über die Strahlungsarten im Laufe des Interviews dargestellt. Durch diese Auswertung kann bewertet werden, welchen Gehalt die Ergebnisse haben. Denn, die meisten Schüler und Schülerinnen – auch in zuvor betriebenen Studien – ließen generelle Misskonzepte bezüglich der Strahlungsarten und deren Eigenschaften vermuten, da ein Meinungswechsel hinsichtlich der Attribute der Strahlungen im Laufe der Interviews ersichtlich werden. Grundsätzlich sollte die Anordnung der Kärtchen dazu dienen, die Schüler und Schülerinnen auf die Testung einzustimmen und um vom „Einfachen“ zum „Anspruchsvollen“ überleiten zu können. Allerdings hilft diese Anordnung den Testpersonen auch, um die Strahlungen generell in eine Ordnung zu bringen und sich dahingehend Gedanken zu machen, wobei aber diese Ordnung im Laufe der Interviews wieder ihre Ausgangslage verliert und sich neu formiert.

Die nachfolgenden Aufzählungen der Anordnungen zeigen einen Überblick über die Rangordnung der Strahlungsarten betreffend der bereits erwähnten Pole „Gefährlich“ und „Nützlich“ von Seiten der befragten Schüler und Schülerinnen. Es wurde aus

Gründen der Übersicht auf die Fotos der Kärtchen verzichtet. Daher wird eine Anordnung sowie der Vorstellungswechsel innerhalb des Fließtextes erklärt.

Zur Notation sind folgende Hinweise zu beachten:

Gefährlich /	Pol (Die Grenze an sich)
/ Ungefährlich	Pol (Die Grenze an sich)
Nützlich /	Pol (Die Grenze an sich)
/ Unnütz	Pol (Die Grenze an sich)
- Grenzlinie -	Die Grenze zwischen Gefährlich und Ungefährlich oder Nützlich und Unnütz
Beistriche	Zwischen den Strahlungsarten bedeutet die Abfolge bzw. Reihung nacheinander
&-Zeichen	Zwischen den Strahlungsarten bedeutet ein &-Zeichen, dass die Strahlungsarten nebeneinander auf gleicher Ebene von Gefährlich/Ungefährlich oder Nützlich/Unnütz stehen
Doppelte Angabe	Die Strahlungsarten wurden in doppelter Ausführung angefertigt, um die jeweilige Strahlung nicht nur einem Pol zuordnen zu müssen – daher sind doppelte Nennungen möglich

Um nochmal einen Überblick über das elektromagnetische Spektrum zu erhalten, kann dies im Kapitel 2 nachgelesen werden. Dennoch wird in kurzer Form die richtige Anordnung der Strahlungsarten nochmal hier im Fließtext beginnend bei der kleinsten Wellenlänge wiedergegeben:

Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, sichtbares Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung und Radiowellen.
--

Im Folgenden werden nun die Anordnungen der Kärtchen mittels der eben erklärten Notation versehen. Ein Konzeptwechsel ist bei einigen Schülern und Schülerinnen zu

verbuchen, wobei sich dies nicht unbedingt in Richtung fachliche Klärung entwickelt hat.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S1)

(S1) Anordnung der Kärtchen von *Gefährlich* nach *Ungefährlich* mithilfe der Grenzlinie:
Gefährlich / Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Infrarotstrahlung –
Grenzlinie – sichtbares Licht, Mikrowellenstrahlung, Radiowellen / **Ungefährlich**

(S1) Anordnung der Kärtchen von *Nützlich* nach *Unnütz* mithilfe der Grenzlinie:
Nützlich / sichtbares Licht, Radiowellen, Mikrowellenstrahlung, Röntgenstrahlung –
Grenzlinie – Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Gammastrahlung / **Unnütz**

Die Anordnung von *Gefährlich* nach *Ungefährlich* wäre bei Schüler bzw. Schülerin (S1) bis auf den nötigen Positionswechsel vom sichtbaren Licht und Infrarotstrahlung dahingehend richtig. Es ist auch diese Testperson, die durch das Interview einen Wellencharakter vermuten lässt, da Äußerungen wie, „[...] *wie langsam, wie hoch und wie schnell die sind. Und da habe ich gesehen was gefährlich ist und was nicht.*“ Die Grenzlinie von *Gefährlich* nach *Ungefährlich* befindet sich zwischen der Infrarotstrahlung und dem sichtbaren Licht. Gammastrahlung wird von der Testperson zunächst als stets gefährliche Strahlung bezeichnet und auch der Dosisbegriff ist hier stark verankert, da davon gesprochen wird, „[...] *Wenn man etwas öfters benutzt, dann wird es mit der Zeit halt gefährlicher.*“ Ein Umdenken der Gefährlichkeit findet bei der Röntgenstrahlung, statt, da ihr eine hohe Gefährlichkeit zugeschrieben wurde, und dann die Rede davon ist, dass diese Strahlung möglicherweise für die Krebsheilung eingesetzt werden kann. Die Ungefährlichkeit und die Nützlichkeit werden kaum voneinander abgegrenzt, so findet sich auf die Frage der Ungefährlichkeit die Antwort des Nutzens der Strahlung: „*Mhh... Wenn sie ein Mensch oder die Umwelt nutzen kann. Also wenn sie der Mensch oder die Umwelt für sich positiv nutzt.*“ Auf die weitere Frage, welche Strahlungsarten positiv genutzt werden können, werden die Röntgenstrahlung und die Infrarotstrahlung angeführt. Wobei dieser Umstand auf die

Begrifflichkeiten, die im Unterricht für die Infrarotstrahlung gewählt werden, rückzuführen ist. Infrarotstrahlung im Kontext der Wärme und des Wärmetransports wird als Wärmestrahlung bezeichnet.¹⁶² Die Testperson (S1) ließ keinen Wechsel der Vorstellung über die Anordnung der Strahlungsarten mittels Interview erkennen. Die Aussagen durch den Probanden bzw. durch die Probandin im Laufe des Interviews konnten mit der Ausgangssituation gleichgesetzt werden.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S2)

(S2) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:
Gefährlich / Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung – **Grenzlinie** – UV-Strahlung, sichtbares Licht & Radiowellen / **Ungefährlich**

(S2) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:
Nützlich / sichtbares Licht, Röntgenstrahlung, Radiowellen, UV-Strahlung, Infrarotstrahlung – **Grenzlinie** – Mikrowellenstrahlung, Gammastrahlung / **Unnütz**

Bei der Testperson (S2) wird bei der Anordnung der Kärtchen hinsichtlich der Gefährlichkeit der Strahlungsarten ersichtlich, dass die Reihung nicht anhand des elektromagnetischen Spektrums ausgerichtet wurde. Gamma- und Röntgenstrahlung haben dennoch bei den bisherigen Schüler und Schülerinnen die richtige Rangordnung gefunden. Als „schädlich“ wird die Infrarotstrahlung genannt, die laut der befragten Person Ursache für Sonnenbrände ist. Dieser Schüler bzw. diese Schülerin lässt eine Verwechslung von UV-Strahlung und Infrarotstrahlung vermuten. Im Laufe des Interviews wird auch hier der Dosisbegriff genannt. Dies lässt sich durch folgende Aussage untermauern: „[...] Röntgenstrahlung wird meistens – ich denke schon, dass es nützlich ist, weil – es ist zwar richtig schädlich, aber man geht ja nicht jeden Tag für ein Röntgen hin [...]“. Hervorzuheben ist, dass das sichtbare Licht von dieser Person mehr mit dem Alltag verbunden wird, als andere Strahlungsarten. Ein

¹⁶² Vgl. ebd. S. 181.

Vorstellungswechsel lässt sich durch die neue Nennung der am wenigsten schädlichen Strahlungsarten. Denn diesmal werden die Mikrowellenstrahlung und die Radiowellen als die harmlosesten Strahlungsarten bezeichnet. Die Mikrowellenstrahlung ordnete sich zu Beginn direkt nach der Röntgenstrahlung ein. Die schädlichste blieb dennoch unumstritten die Gammastrahlung. Für den „Unnutzen“ werden keine Faktoren genannt, lediglich der Bezug, dass der Mensch etwas damit anfangen können müsse, sei für die Nützlichkeit oder den Unnutzen einer Strahlungsart Voraussetzung.

Die gefährliche Strahlung ist eng mit dem medizinischen Aspekt verbunden, so meint Testperson (S2), dass durch ionisierende Strahlung die Lebenserwartung sinkt, Organe für Veränderungen betroffen sind, Kinder Fehlbildungen ausbilden können, usw. Wie schon in den Kategorien beschrieben, stellt der Schüler bzw. die Schülerin (S2) die nützlichen Strahlungsarten schon auf eine Stufe (sie können gleich nützlich sein), von einem gleich gefährlich distanziert sich die befragte Person. Auch bei diesem Interview ließ sich der Ansatz der Krebsheilung durch Gammastrahlung finden, wobei diese Testperson diesbezüglich eher unsicher war.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S3)

(S3) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:
Gefährlich / Gammastrahlung, Radiowellen, UV-Strahlung, Röntgenstrahlung –
Grenzlinie – sichtbares Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung / **Ungefährlich**

(S3) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:
Nützlich / Infrarotstrahlung, UV-Strahlung, Mikrowellenstrahlung, Radiowellen –
Grenzlinie – Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, sichtbares Licht / **Unnütz**

Schon zu Beginn des Interviews lässt sich ein Wechsel der Anordnung der Strahlungsarten verorten. Der Schüler bzw. die Schülerin (S3) gibt innerhalb des Gesprächs die Gammastrahlung als gefährlichste Strahlung an. Laut Anordnung müssten nun die Radiowellen folgen. Jedoch ist dann die Rede von der UV-Strahlung, die der Gammastrahlung bezüglich der Gefährlichkeit gleichgestellt wird. Im mittleren

Bereich wird die Röntgenstrahlung genannt und die Radiowellen werden anschließend als „gesichert“ bezeichnet, wodurch man eher keine Schäden bekommen soll. Über Mikrowellenstrahlung wird gesagt, dass sie ein paar Jahre benötigen würde, bis man von ihr erkrankt. Das sichtbare Licht wird von dem Probanden bzw. der Probandin als gänzlich unnütz bezeichnet. Wobei erwähnt wird, dass die Person nicht genau weiß, was mit dem sichtbaren Licht gemeint ist. Später im Interview wird durch die Frage der Nützlichkeit die Gammastrahlung auf Platz zwei der durch die Testperson gereiht. Das Schlusslicht (also den Unnutzen) stellt weiterhin das sichtbare Licht dar. Die UV-Strahlung sowie die Röntgenstrahlung werden neu gereiht. Die Röntgenstrahlung wird als sehr nützlich bezeichnet, die UV-Strahlung hingegen wird hinter die Mikrowellenstrahlung gereiht. Auch bei diesem Interview lässt sich die Vorstellung von der Infrarotstrahlung in Kombination mit dem Hitzeargument finden: *„[...] Und für Infrarotstrahlung, [...] ich glaube, wenn man zum Beispiel draußen ist...wenn es so ganz heiß ist, ja, dann, wenn man zum Beispiel im Schwimmbad ist, dann bekommt man glaube ich diese Infrarotstrahlen ab. [...]“* Bei der Handystrahlung spricht der Schüler bzw. die Schülerin von Gammastrahlung. Es wird von Seiten der Testperson darauf verwiesen, dass eine bereits verortete Krankheit durch schädliche Strahlung verstärkt werden kann. Der medizinische Aspekt findet auch hier ihre Berechtigung. Obwohl verschiedene Vorstellungen zu den Strahlungsarten vorständig sind, betont die befragte Person, dass keine Strahlung für den Menschen unnütz sei, da es sie ja immerhin gibt. Ein Wechsel hinsichtlich des sichtbaren Lichts und dessen Nutzen findet sich in der Interviewmitte, wo das Licht zum Sehen verwendet wird und auch die Gammastrahlung wird nicht mehr als nützlich, sondern als gänzlich unnütz bezeichnet. Diese Interviewanalyse ließ auch den technischen Aspekt und den Fortschritt hinsichtlich strahlungsveränderter Eigenschaften herausarbeiten. So meint die befragte Person, dass wir in einer Welt leben würden, wo viele Sachen passieren und dass in der Zukunft Röntgenstrahlung unnütz sein wird, da sie durch den technischen Fortschritt ersetzt werden kann. Weitere Auffälligkeiten stellen einerseits der Ansatz der Halbwertszeit dar, dass eine Strahlung, wenn man diese „abbekommen“ hat, eine gewisse Zeit braucht, bis sie weniger schadet und andererseits ist die Testperson (S3) der Meinung, dass die Strahlungsarten immer gleich gefährlich sind und ihren Strahlencharakter, ob gefährlich oder ungefährlich, beibehalten.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S4)

(S4) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:
Gefährlich / Gammastrahlung & Infrarotstrahlung, Röntgenstrahlung – **Grenzlinie** – UV-Strahlung & Radiowellen, Röntgenstrahlung & Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung & sichtbares Licht / **Ungefährlich**

(S4) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:
Nützlich / Röntgenstrahlung & sichtbares Licht & Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung & Radiowellen & UV-Strahlung – **Grenzlinie** – Gammastrahlung / **Unnütz**

Vergleicht man die Anordnung der Testperson (S4) nach der Gefährlichkeit der Strahlungsarten mit dem elektromagnetischen Spektrum, lassen sich kaum Übereinstimmungen finden. Es ist hier anzumerken, dass der befragte Schüler bzw. die befragte Schülerin – so wie alle interviewten Personen – zu Beginn darauf hingewiesen wurde, dass die Strahlungsarten in doppelter Ausführung vorbereitet wurden und auch ein Nebeneinander der Strahlungsarten gestattet ist. So ist eine fachliche Richtigkeit von vorne bereits keine Voraussetzung. Vielmehr soll die Vorstellung, wieso die Strahlung denn gefährlich/ungefährlich oder nützlich/unnütz sei, erforscht werden. Die Gammastrahlung bildet abermals die Spitze der Gefährlichkeit, wobei die Infrarotstrahlung direkt neben der Gammastrahlung verortet wurde. Die Atombombe wird als erstes Indiz für die Gefährlichkeit genannt. Der Infrarotstrahlung wird einem Wärmegerät im Haushalt zugeschrieben und findet demnach die Einstufung innerhalb der gefährlichen Strahlung, da beispielsweise der Kamin Probleme machen könnte und dadurch dem Haus geschadet werden kann. Schüler bzw. Schülerin (S4) spricht ebenfalls von der Menge, die eine Strahlungsart letztendlich wirklich gefährlich machen soll: „[...] Und ja, dann die Röntgenstrahlung ist, wenn man mehrere Mengen an Röntgen hat, dann ist es gefährlich. Aber es hilft dir beim Arzt.“ Der Dosisbegriff sowie die Schwellenwertsvorstellung werden hier ganz deutlich von Seiten der befragten Person unterstützt. Auch bei diesem Interview lässt sich ein Zukunftscharakter extrahieren, da es heißt: „[...] Vielleicht noch Radiowellen in ein paar hundert Jahren? Aber heute glaube ich noch nicht.“ An derselben Stelle

wird über die Röntgenstrahlung folgendes geäußert: „*Ungefährlich – ich würde sagen ab Röntgenstrahlung, weil das kann man auch verwenden. Aber halt in größeren Mengen ist es dann gefährlich. [...]*“ So wird wieder der Nützlichkeitsfaktor hervorgehoben, wobei die Gefährlichkeit dadurch abnimmt. Als Unnütz werden Gammastrahlung und UV-Strahlung angeführt. Abschließend beendet die Testperson das Interview mit einer je/desto Formulierung wie folgt: „*Ich glaube, dass man, je mehr am Körper angewendet wird, desto gefährlicher ist es.*“ Die biologische Wirksamkeit wird auch hier vertreten.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S5)

(S5) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:

Gefährlich / Gammastrahlung, Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Radiowellen – **Grenzlinie** – sichtbares Licht, Röntgenstrahlung, Mikrowellenstrahlung / **Ungefährlich**

(S5) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:

Nützlich / Infrarotstrahlung, Röntgenstrahlung, Mikrowellenstrahlung, Gammastrahlung, UV-Strahlung – **Grenzlinie** – sichtbares Licht, UV-Strahlung, Gammastrahlung / **Unnütz**

Schüler bzw. Schülerin (S5) greift ebenso zu Beginn des Interviews die Verbindung der Atombombe bezüglich der Gefährlichkeit einer Strahlungsart auf. So wird auf Hiroshima verwiesen. Das sichtbare Licht wird als gänzlich ungefährlich durch den Probanden bzw. die Probandin dotiert. Auf die Frage, ob uns das sichtbare Licht schadet wird durch die befragte Person allerdings mit einem „*Doch schon*“ entgegnet. Auch bei dieser Anordnung kommt es zu erheblichen Abweichungen bezüglich des elektromagnetischen Spektrums. Das Atomkraftwerk wird von Seiten des Schülers bzw. der Schülerin als gänzlich unbrauchbar, also unnütz bezeichnet. Eine Kernschmelze oder Kernverschmelzung wird durch die befragte Person erwähnt. Da keine klare Aussage dahingehend getätigt wurde, wurde durch das Nachfragen die

Schwellenwertsvorstellung durch die Testperson bestätigt. Die Infrarotstrahlung wird den Wärmebildkameras bzw. den Nachtsichtgeräten zugeschrieben. Die Gefährlichkeitsspitze stellt wiederum die Gammastrahlung dar. Dieser Aspekt wird bei allen Schülern und Schülerinnen ersichtlich. Weitere Strahlungsarten, die in die Kategorie der gefährlichen Strahlung eingegliedert wird, stellen UV-Strahlung und Radiowellen dar. Im Laufe des Interviews hat sich auch herauskristallisiert, dass Atome für die schädigenden Strahlungsarten verantwortlich sind. So meint Schüler bzw. Schülerin (S5), dass bei Gammastrahlung Kalzium oder Stickstoff enthalten ist und die Atome für die Gefährlichkeit der Strahlung ausschlaggebend sind. Hier hat die Testperson möglicherweise den Atomkern gemeint und folgerichtig geantwortet. Die Zusammensetzung der Strahlung an sich wird als Ursache für die Gefährlichkeit der Strahlungsart genannt. Die Mikrowellenstrahlung beispielsweise wird unter der Prämisse der täglichen Verwendung als ungefährlich bezeichnet. Dieser Umstand des Gebrauchs, wird von mehreren Probanden bzw. Probandinnen unterstützt. Die Röntgenstrahlung wird im späteren Verlauf des Interviews als ungefährlich bezeichnet, wobei diese Strahlung zu Beginn unter eher gefährlich ihren Platz fand. Eine interessante Vorstellung konnte durch die Verschmelzung der Strahlenarten gefunden werden. Denn, so meint die befragte Testperson (S5), dass eine Verschmelzung oder eine Kombination der Strahlungsarten unter sich zu schlimmen Gesundheitsschäden führen kann. Die UV-Strahlung wird mit dem Hautkrebs und weiteren medizinischen Problemen verbunden. Die letzte interessante Aussage, die an dieser Stelle noch erwähnt werden soll, stellt wieder der Zusammenhang mit dem technischen Fortschritt dar. Auf die Frage, ob eine gefährliche Strahlungsart durch ihre nützliche Anwendung weniger gefährlich wird, antwortet der Schüler bzw. die Schülerin mit folgender Aussage: „*Unverändert.*“ Auf die Nachfrage, ob gefährliche Strahlung immer gefährlich sei und ob sich da nichts ändern könne und wenn ja, was sich ändern müsse, entgegnete die befragte Person: „*Vielleicht in Zukunft. [...] Naja, die Strahlentechnologie.*“

Dieser Ansatz der Strahlentechnologie findet sich bei mehreren Probanden bzw. Probandinnen und wird dadurch im Ausblick gesondert behandelt.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S6)

(S6) Anordnung der Kärtchen von *Gefährlich* nach *Ungefährlich* mithilfe der Grenzlinie:

Gefährlich / Gammastrahlung, Röntgenstrahlung & UV-Strahlung, Infrarotstrahlung & Radiowellen – **Grenzlinie** – Infrarotstrahlung & sichtbares Licht & Mikrowellenstrahlung, Radiowellen & Röntgenstrahlung / **Ungefährlich**

(S6) Anordnung der Kärtchen von *Nützlich* nach *Unnütz* mithilfe der Grenzlinie:

Nützlich / Röntgenstrahlung & Infrarotstrahlung, sichtbares Licht & Mikrowellenstrahlung & UV-Strahlung, Radiowellen – **Grenzlinie** – UV-Strahlung & Gammastrahlung / **Unnütz**

Diese Testperson (S6) äußert sich im fast selben Wortlaut, wie Testperson (S1) zur Strahlung hinsichtlich, „*wie langsam, wie hoch, wie schnell die sind und dass er/sie gesehen habe, was gefährlich sei.*“ Außerdem wird darauf hingewiesen, dass durch Strahlungen auch der Tod eintreten kann. Somatische Schäden werden der Gammastrahlung zugeordnet. So wird als Beispiel ein Baby mit vielen Beinen oder Fingern genannt. Der Dosisbegriff ist auch in diesem Interview allgegenwärtig. Dieser wird wieder bei der Röntgenstrahlung hervorgehoben, denn man kann ja in den Körper „reingucken“ und obwohl es auch ein bisschen gefährlich sein könnte, könnte die Erkrankung an sich für den Menschen gefährlicher sein. Als nützliche Strahlungsarten werden die Radiowellen genannt. Zur Gefahr der Strahlung wird auch hier auf den medizinischen Hintergrund verwiesen. Wieder wird das Atomkraftwerk bezüglich gefährlicher Strahlung hervorgehoben. Die Radiowellen werden im gleichem Atemzug plötzlich doch der gefährlichen Strahlung zugeschrieben. Außerdem finden sich Äußerungen wie: „*Wenn die Strahlung nicht so hoch ist, dann wäre sie ungefährlicher.*“ Auf die Frage, was „so hoch“ bedeutet, entgegnete die befragte Person mit: „*Dass man nicht so viel Strahlung rauslässt.*“ Hier könnte sich die Fehlvorstellung hinsichtlich „Kontamination“ und „Bestrahlung“ bestätigen. So meint die Testperson noch im Anschluss, dass, wenn man den Handybildschirm öffnet, Strahlung abbekommt und wenn man das Handy nicht so oft nimmt, weniger Strahlenbelastung auf den Menschen trifft. Hier lässt sich die Vorstellung nach Neumann und Hopf (2012) „Alle elektrischen Geräte emittieren schädliche Strahlung“ belegen. Als nützlich werden die

Röntgenstrahlung und die Infrarotstrahlung genannt und der Einsatz dieser Strahlungsarten werden vom Schüler bzw. von der Schülerin (S6) der Wärmebildkamera gleichgesetzt. Die Gammastrahlung wird sofort als unnütz eingestuft, da die Gefährlichkeit doch ein größeres Ausmaß annimmt, als ein möglicher Nutzen. Das Atomkraftwerk und Fukushima werden auch in diesem Interview erwähnt. Abschließend auf die Frage, ob die Natur der Strahlung immer gleich bleibt oder ob diese sich durch ihre nützliche Anwendung weniger gefährlich wird, meint Schüler bzw. Schülerin (S6), dass es darauf ankommt, wie viel Strahlung auf den Menschen einwirkt. So kann am Ende die Schwellenwertsvorstellung wieder gestützt werden.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S7)

(S7) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:

Gefährlich / UV-Strahlung, Mikrowellenstrahlung & Röntgenstrahlung & Gammastrahlung – **Grenzlinie** – Infrarotstrahlung & sichtbares Licht & Gammastrahlung, Radiowellen / **Ungefährlich**

(S7) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:

Nützlich / Infrarotstrahlung, Gammastrahlung, sichtbares Licht, Röntgenstrahlung – **Grenzlinie** – UV-Strahlung, Mikrowellenstrahlung, Radiowellen / **Unnütz**

Die Testperson (S7) entgegnet bei der Frage nach der Gefährlichkeit der Strahlung mit der Mikrowellenstrahlung und der Gammastrahlung. Interessant ist, dass der Schüler bzw. die Schülerin die Gammastrahlung auch bei sehr nützlich anordnete und im Laufe des Interviews als nützlichste Strahlungsart nannte, da es sich um die stärkste Strahlungsart handelt. Die Radiowellen werden vor allem innerhalb dieser Befragung hervorgehoben, da diese Strahlung als gänzlich ungefährlich und sehr nützlich angeordnet wurde. Die Infrarotstrahlung wird durch die befragte Person dem Sonnenlicht bzw. der Sonne zuteil: „Infrarot, ist ja unser Sonnenlicht.“ Auch das sichtbare Licht wird als nützlich und lebensnotwendig, wie bei (S2) dies der Fall war, beschrieben. Hinsichtlich der Röntgenstrahlung wird die Meinung, dass sie nützlich

und gefährlich ist, bei allen befragten Probanden und Probandinnen zuteil. Der Dosisbegriff wird mit folgender Aussage bestätigt: *„Ja, Röntgen ist schon nützlich, weil, wenn deine Hand kaputt ist, dann muss man ja deine Hand röntgen [...] Man kann sagen, es ist unnütz – weil, ich werde mir ja nicht jede Woche die Hand brechen [...]“* Die Mikrowellenstrahlung findet in diesem Interview keinerlei positiven Hintergrund. So wird, wie schon durch einen Schüler bzw. eine Schülerin zuvor, die alternative Methode zur Mikrowellenstrahlung erwähnt. Man solle doch eher in einem Topf das Essen aufwärmen, da die Mikrowellenstrahlung das Essen mit der Strahlung kontaminiert. Denn, die Strahlung bzw. das Licht von der Mikrowelle kommt auf das Essen und in das Essen hinein und in einem Topf passiert das nicht. Diese Aussage lässt auf eine Unterscheidungsschwierigkeit von „Kontamination“ und „Bestrahlung“ vermuten. Dieses Interview bringt erstmals den Faktor der Natürlichkeit und der Künstlichkeit hervor. So wird beim Mikrowellenlicht von einem künstlichen Licht gesprochen. Denn die Mikrowellenstrahlung wird nicht als natürliches Licht, das von draußen kommt, betrachtet. Auch die Infrarotstrahlung wird einerseits der Sonne, also der natürlichen Strahlungsquelle und andererseits künstlichen Strahlungsquellen zugeordnet. Der künstliche Charakter wird als weniger gut als der natürliche Charakter bezeichnet. Die UV-Strahlung wird generell als gefährlich eingestuft, da diese Strahlung mit dem Laserpointer in Verbindung gebracht wird. So wird von der UV-Strahlung die gleiche Gefährlichkeit wie von der Gammastrahlung erwartet, was im Laufe des Gesprächs deutlich wird. Auf die Frage, ob eine gefährliche Strahlung auch nützlich eingesetzt werden kann, antwortet Schüler bzw. Schülerin (S7): *„Kann man aber es ist – nützlich kann man es einsetzen aber ob es gesund ist oder nicht gesund ist, das ist – entscheidet halt die Person selber.“* Eine Parallele lässt sich hier zu Testperson (S8) finden, die im nächsten Absatz behandelt wird. Das Interview lässt indes neue Anordnungen vermuten, da die UV-Strahlung und die Infrarotstrahlung gegen Ende des Gesprächs gleichgesetzt wurden. Die Attribute, mit denen sie versehen wurden, stellen die Gefährlichkeit und die Nützlichkeit im gleichen Maße dar und bestätigt die Schwellenwertsvorstellung, da Schüler bzw. Schülerin (S7) mit folgender Aussage argumentiert: *„Also UV und Infrarot ist auf der gleichen ähm...Ebene. Damit kann man helfen, kann also nützlich sein und gefährlich. Röntgenstrahlung ist nützlich und gleichzeitig auch – schadet es auch!“* Dennoch verweist die Testperson auf die Tatsache, dass alle Strahlungsarten nützlich sind, wie dies bei (S3) bereits der Fall war. Eine grobe Vorstellungsänderung hinsichtlich der

Anordnung der Strahlungsarten und dem Interviewverlauf konnte nicht verzeichnet werden. Die Schwellenwertsvorstellung konnte durch den ersten Satz auf die letzte Frage sehr schön extrahiert werden: „*Na es hebt sich auf!*“ So wird beispielsweise über die Infrarotstrahlung weiter ausgeführt, dass sie zugleich nützlich und auch schädlich sein kann und dass es darauf ankommt, wie die jeweilige Person die Strahlungen für sich nutzt.

Analyse Schüler bzw. Schülerin (S8)

(S8) Anordnung der Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich mithilfe der Grenzlinie:
Gefährlich / Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Infrarotstrahlung –
Grenzlinie – Röntgenstrahlung, Mikrowellenstrahlung, Radiowellen, sichtbares Licht /
Ungefährlich

(S8) Anordnung der Kärtchen von Nützlich nach Unnütz mithilfe der Grenzlinie:
Nützlich / sichtbares Licht, Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, UV-Strahlung –
Grenzlinie – Mikrowellenstrahlung, Radiowellen, Infrarotstrahlung / **Unnütz**

Die letzte befragte Person (S8) stellt hinsichtlich der Gammastrahlung die Assoziation der Atomkraftwerke parat. Die Röntgenstrahlung wird bereits in der ersten Frage als nützlich und gleichzeitig als gefährlich eingestuft. Die Gefährlichkeit einer Strahlung macht die befragte Person anhand von ähnlichen Fällen, von denen man gehört hat, fest. Dieser Aspekt kann einerseits auf mediale Einflüsse oder auch auf den Bekanntenkreis zurückzuführen sein. Den positiven Nutzen einer Strahlungsart macht die Testperson (S8) am Nutzen für den Menschen fest. So wird die Atombombe dem Unnutzen zugeschrieben, da es keine positive Anwendung für den Menschen darstellt. Die Röntgenstrahlung und ihr nützlicher Einsatz werden auch hier an den medizinischen Aspekt gekoppelt. Keinerlei Nutzen von Strahlungsarten wird der Waffenindustrie zuteil. So meint der Schüler bzw. die Schülerin, dass Waffen generell keinen Sinn machen und deshalb Strahlungsarten wie Gammastrahlung keinen nützlichen Charakter aufweisen kann. Gegen Ende des Interviews erwähnte die befragte Person (S8) auch die Möglichkeit, dass Gammastrahlung zur Krebsheilung

eingesetzt werden könnte. Strahlungsarten, die gleichermaßen gefährlich und auch nützlich sind, stellen bei Schüler bzw. Schülerin (S8) die Röntgenstrahlung, die Gammastrahlung und die UV-Strahlung dar. Hinsichtlich der Gefährlichkeit bzw. ionisierender Strahlung verzeichnet die befragte Person eine fachliche Richtigkeit. Auch der positive Nutzen darf nicht außer Acht gelassen werden (siehe Kapitel 2.4). Hinsichtlich der Frage, ob eine Strahlungsart durch ihre nützliche Anwendung weniger gefährlich wird, entgegnete der Schüler bzw. die Schülerin: „[...] Ich würde sagen, nur weil sie nützlich ist, heißt das nicht gleich, dass sie ungefährlich ist [...].“

Fazit – Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt ist bei fast allen Schülern bzw. Schülerinnen ein Vorstellungswechsel bei den Strahlungsarten zu beobachten. Es ist davon auszugehen, dass die meisten nicht wirklich sattelfestes Wissen hinsichtlich des elektromagnetischen Spektrums aufweisen.

Die Schwellenwertsvorstellung konnte dennoch gut herausgearbeitet werden. So wird ersichtlich, dass, auch, wenn eine Strahlungsart ionisierender Natur ist, diese für den Menschen einen größeren Nutzen aufweisen kann, als die Gefahr, von ihr ausgeht. Manche der befragten Personen gaben an, dass sich die Natur der Strahlung dennoch nicht verändern würde, dass die Gefahr bestehen bleibt und der jeweilige Mensch die Gefahr und den Nutzen selbst abschätzen müsse. Andere wieder meinten, dass sich die Gefahr mit dem Nutzen sehr wohl aufheben würde, die Strahlung dadurch ihre gefährliche Eigenschaft in eine nützliche also verändern würde. All die extrahierten Stellen wurden innerhalb der Kategorien dahingehend rückgeführt, dass sich am Ende die Forschungsfrage dahingehend bestätigen lässt. Einige Aussagen wiesen einen zukunftsorientierten Charakter auf, auf den im Kapitel Ausblick näher eingegangen wird.

Im Folgenden befindet sich die wichtigsten Erkenntnisse sowie Limitationen und der Ausblick im anschließenden Kapitel, die den Abschluss der vorliegenden Diplomarbeit bildet.

9. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das letzte Kapitel dieser Arbeit stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse sowie die Limitationen der Forschungsmethode und den Ausblick dar. In Kapitel 4 werden die bekannten Schülervorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung genannt, welche die Ausgangslage für die vorliegende Diplomarbeit darstellen. Kapitel 5 beinhaltet die Forschungsfrage und den Lehrplanbezug, in welches sich diese einbetten lässt. Die Forschungsfrage ergab sich durch die Forschungslücke nach Plotz (2017). Der Forschungsinhalt wurde anhand eines Leitfadeninterviews so aufgearbeitet, dass sich durch die Fragestellungen eine Rückführung zur eigentlichen Forschungsfrage herstellen lässt. Anhand der Transkripte der Interviews konnten Textstellen extrahiert und mit bestehenden Schülervorstellungen verglichen werden. Durch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) konnte ein Kategoriensystem entwickelt werden, durch welches eine Analyse der Aussagen erst möglich wurde. Kapitel 8 umfasst letztendlich die Ergebnisse und die Diskussion über die eben diese. Welche Limitationen der Methode zugrunde liegen, wird nachstehend diskutiert. Der Ausblick schließt die vorliegende Diplomarbeit mittels relevanter Hinweise auf weiterführende Forschungslücken bzw. -fragen.

9.1 Limitationen

Plotz (2017) erwähnt bereits in seiner Dissertation, dass qualitative Forschungsarbeit generell Limitationen erkennen lässt, da durch die Qualifikationsarbeit die Aussagekraft der gewonnenen Erkenntnissen limitiert bzw. eingeschränkt sind.¹⁶³

Zunächst soll auf die Auswahl der Schüler und Schülerinnen eingegangen werden. So wurde bereits in einem vorangegangenen Kapitel erwähnt, dass eine Häufigkeitsanalyse aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl an Probanden und Probandinnen nicht sinnvoll ist. So wurden die Textstellen einzeln analysiert und nach

¹⁶³ Vgl. ebd. S. 208.

der deduktiven Kategorie nach Mayring (2015) klassifiziert. Die Rückführung auf die eigentliche Forschungsfrage der „Schwellenwertsvorstellung“ konnte dadurch stattfinden.

Die Befragung der Schüler und Schülerinnen begann zunächst mit einer Anordnung der Strahlungsarten mittels vorgefertigter Kärtchen, die einen ersten Überblick über das vorhandene Wissen der befragten Personen gestatten sollte. In diesem Schritt ließ sich bei der Auswertung bereits eine Verbesserungsmöglichkeit erfassen. So sollte zu Beginn klar definiert werden, ob es lediglich eine Anordnung nach dem elektromagnetischen Spektrum erfolgen soll oder tatsächlich nur die eigene Einschätzung über die „Gefährlichkeit“ der Strahlungsarten. Eine klare Definition fand dahingehend nicht statt. Der „Nutzen“ der verschiedenen Strahlungsarten wurde stets nach eigenem Ermessen durch die Schüler und Schülerinnen definiert und ergab daher einen klaren Bezug zur „Schwellenwertsvorstellung“ hinsichtlich der Strahlungsarten.

Insbesondere weist auch das Leitfadeninterview Limitationen auf, welches durch 13 Fragen einen zu großen Umfang aufweist. Die Fragen, die das Leitfadeninterview beinhaltet, könnten in kürzerer Form zu den gleichen Ergebnissen führen. So weisen die Interviews an sich zu viele suggestive Fragestellungen auf, welche die Antworten sicherlich auch teilweise dahingehend beeinflussen. Dieser Aspekt verbessert sich jedoch, je mehr Interviews geführt wurden. Die weiterführenden Fragen hätten auch den Umstand aufweisen sollen, falls keine Antworten von Seiten der Schüler oder Schülerinnen kommen, dass genau hier eingegriffen wird. Denn die Fragen, die zur Weiterführung und dem Interviewfluss am Laufen zu halten, die im Leitfadeninterview in grüner Farbe erstellt wurden, stützen sich auf anzunehmende Antworten (blau gefärbt) durch den Probanden bzw. durch die Probandin. Die Zusammenfassung der Ergebnisse und eine weiterführende Forschungsfrage findet im Ausblick ihren Platz.

9.2 Ausblick

Die Forschungsfrage der vorliegenden Diplomarbeit hinsichtlich der Schwellenwertsvorstellung einer Strahlungsart konnte durch die Interviews bestätigt werden. Eine größere Anzahl an Befragten würde dennoch keinen Fehler darstellen. So sollte im Angesicht der Physikdidaktik weiterhin die Schwellenwertsvorstellung untersucht werden, da die Ergebnisse, die diese Arbeit hervorgebracht hat, als Stütze der bereits durchgeführten Studien dient und deutlichere Erkenntnisse durch mehrere Untersuchungen erzielt werden können. Im Weiteren könnte eine Formulierung einer neuen Schülervorstellung erzielt werden, welche so aussehen könnte:

„Gefährliche Strahlung wird durch nützliche Anwendung weniger gefährlich“

Einige der befragten Probanden und Probandinnen wiesen einen zukunftsorientierten Charakter hinsichtlich ihrer Aussagen zu den Strahlungseigenschaften auf, welcher im Vorfeld noch in keiner Studie erwähnt wurde. So meinten einige der befragten Schüler und Schülerinnen, dass neue Technologien gewisse Strahlungsarten ersetzen oder die Eigenschaft dahingehend verändern könnte, dass keine Gefahr mehr von der jeweiligen Strahlungsart zu erwarten ist. Auch hier könnte eine Schülervorstellung verankert sein, welche durch weiterführende Forschungen untersucht werden sollte.

Die daraus resultierende Hypothese sollte unter der Frage „Verändert der technische Fortschritt die Strahlungseigenschaften?“ weiteruntersucht werden. Eine Formulierung, die aus der momentanen Perspektive noch zu früh ist, da weitere Forschungen zwingend nötig sind, um eine neue Schülervorstellung zu formulieren, könnte demnach folgendermaßen lauten:

„Technischer Fortschritt verändert Strahlungseigenschaften“

Abschließend kann hier Plotz (2027) nur zugestimmt werden, da es in seiner Dissertation heißt, dass „[...] das Lernen im Fachbereich der elektromagnetischen

Strahlung ein fruchtbares und lohnendes Forschungsgebiet ist, welches unbedingt stärker in den Fokus der fachdidaktischen Forschung rücken sollte.“¹⁶⁴

Die Erkenntnisse, die die Forschung im Gebiet der Schülervorstellungen hervorbringt, kann den Physikunterricht dahingehend optimieren, dass auf Fehlvorstellungen im Vorfeld Rücksicht genommen wird und der Unterricht darauf ausgerichtet werden kann, um am Ende eine fachliche Klärung sicherzustellen. Dieser Umstand optimiert den Physikunterricht und lässt einen erforderlichen Konzeptwechsel nach sich ziehen.

¹⁶⁴ Ebd. S. 212.

10. Literaturverzeichnis

Berger L., Luckmann T. (2016): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. 26.Auflage. Frankfurt am Main: Fischer Verlag.

BFS – Bundesamt für Strahlenschutz (2020): Schutzmaßnahmen bei Laseranwendungen. URL: <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-alltag-technik/laser/schutz/schutz-laser.html> [letzter Zugriff: 21.02.2020].

Bohnsack R., Geimer A., Meuser M. (Hrsg), (2018): Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung. 4.Auflage. Opladen & Toronto: Verlag Barbara Budrich.

Borg Lessinggasse (2020): Schulprofil. URL: <http://www.lessinggasse.at> [letzter Zugriff: 20.02.2020].

DKFZ – Deutsches Krebsforschungszentrum (2018): Krebsinformationsdienst. Radioaktivität und Röntgenstrahlung. Strahlenquellen, Risiken und Nutzen. URL: <https://www.krebsinformationsdienst.de/vorbeugung/risiken/radioaktivitaet-und-roentgenstrahlen.php#inhalt7> [letzter Zugriff: 21.02.2020].

Duden (2010): Basiswissen Schule. Physik. 5. Bis 10. Klasse. 4.Auflage. Berlin: Duden.

Duden (2011): Basiswissen Schule. Physik. Abitur. 3.Auflage. Berlin: Duden.

Gogolin I., Lange I. (2010): Durchgängige Sprachbildung. Eine Handreichung. Münster: Waxmann Verlag.

Gropengießer, H. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. 2.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag. S. 172-189.

Hanslmeier, A. (2017): Das helle und das dunkle Universum. Was uns die Strahlung über Himmelsobjekte verrät. Berlin: Springer Spektrum.

Hofmann, A. (2003): Einsichten – Ausblicke. Essays. 3.Auflage. Solothurn: Nachtschatten Verlag AG.

Hopf M., Schecker H., uvm. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum.

Kattmann U., Duit R., uvm. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 3 (3), 3-18.

Kiefer, J. (2012): Strahlen und Gesundheit. Nutzen und Risiken. 1.Auflage. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Kircher E., Girwidz R., Häußler P. (Hrsg.), (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3.Auflage. Berlin: Springer Spektrum.

Krukemeyer M., Wagner W. (Hrsg.), (2004): Strahlenmedizin. Ein Leitfaden für den Praktiker. Berlin: Walter de Gruyter.

Mayr, H. (2000): Lehrplan – Physik / Chemie – HS und AHS Unterstufe. In: Plus Lucis – Verein zur Förderung des physikalische und chemischen Unterrichts. 1/2000. S. 5-8.

Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12.Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Meiringer, M. (2013): Schülervorstellungen zur Infrarotkamera und deren Aufnahmen. Diplomarbeit, unveröffentlicht. Wien: Universität Wien.

Murphy, G.L. (2002): The big book of concepts. Cambridge: MIT Press.

Neumann S., Hopf M. (2011): Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Strahlung. In: 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. In: Journal of Science and Technology. 21 (6), 826-834.

Plotz, T. (2017): Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Dissertation, unveröffentlicht. Wien: Logos Verlag Berlin.

RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes. (2020): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne-allgemein bildende höhere Schulen. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> [letzter Aufruf: 20.02.2020].

Rohracher, H. (1976): Einführung in die Psychologie. München: Urban & Schwarzenberg.

Tajmel, T. (2012): Sensibilisierung von Lehrkräften. In: Röhner C., Hövelbrinks B. (Hg.): Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Basel: Juventa.

Tajmel, T. (2013): Bildungssprache im Fach Physik. In: Gogolin, Ingrid, Imke Lange (Hg.): Herausforderung Bildungssprache - und wie man sie meistert. Bd.9. Münster: Waxmann Verlag.

Tipler P., Moska G. und Wagner J. (Hrsg.), (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. 7.Auflage. Heidelberg: Springer Spektrum.

Ullrich L. (2019): Klärung der Begriffe *künstlich* und *natürlich* und deren Anwendung von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Strahlung. Diplomarbeit, unveröffentlicht. Wien: Universität Wien.

Watzlawick, P. (2019): Vom Unsinn des Sinns oder vom Sinn des Unsinns. 12.Auflage. München: Piper Verlag.

Worthoff W., Krojanski H., Suter D. (2012): Medizinphysik in Übungen und Beispielen. Berlin: Walter de Gruyter.

Anhang

Interviewtranskripte

Notationshinweise

Interviewerin: „Int“

Schüler bzw. Schülerin: „S1, S2, S3, etc“

... : Kurze Redepause

[...]: Lange Redepause

– : anschließende Ergänzung/Einschübe

(Wort/Text): in Klammer gesetztes = Inhaltliche Klärung

Interview S1

Dauer des Interviews: 00^h:17^m:10^s

Int: Welche Begründung führt zu deiner Anordnung die Strahlungsarten von Gefährlich nach Ungefährlich so anzuordnen wie du das gemacht hast? Wie kommst du zu dieser Annahme? Was war dein Gedanke dahinter?

S1: Naja, ich habe das in der Schule gelernt, wie die Strahlungen halt aussehen. Also wie langsam, wie hoch, wie schnell die sind. Und ich habe da gesehen was gefährlich ist und was eher ungefährlich ist.

Int: Okay! Und die Gammastrahlung schätzt du eher als sehr gefährlich ein und die Radiowellen als sehr ungefährlich.

S1: Mhm! Ja!

Int: Okay! Dann haben wir als nächstes noch: Welche Begründung führt zu deiner Anordnung von Nützlich nach Unnütz? Wie hast du das hier geordnet? Hier hast du das sichtbare Licht als nützlichste und die Gammastrahlung als unnützeste Strahlungsart eingegliedert. Die Grenzlinie befindet sich zwischen Röntgenstrahlung und Infrarotstrahlung. Wie kommst du zu dieser Annahme?

S1: Naja, weil wir halt ur oft das Licht nutzen. Radiowellen brauchen wir auch in unserem Alltag und auch Mikrowellen. Röntgenstrahlen im Krankenhaus falls irgendwas passiert aber was wir nicht so oft nutzen. Ähm...und es ist nicht wirklich unnütz, aber es ist halt...man braucht es nicht wirklich.

Int: Du hast am Anfang auch gesagt, dass keine Strahlung unnütz ist, Nichts auf der Welt dürfte unnütz sein weil es ja existiert.

S1: Ja genau!

Int: Welche Alltagsgegenstände, Geräte, usw. verbindest du mit der jeweiligen Strahlungsart? Versuche mir 2-3 Beispiele zu nennen:

S1: Radiowellen, sichtbares Licht, Mikrowellen

Int: Die drei Strahlungsarten meinst du, benötigt man im Alltag?

S1: Ja.

Int: Wie zum Beispiel? Hast du da ein paar Beispiele? Zum Beispiel: Wo setzt man die Radiowellen ein?

S1: Bei elektronischen Geräten, glaube ich. [...]

Int: Das sichtbare Licht? Wie nutzen wir das?

S1: Das nutzen wir so. [...]

Int: Die Mikrowellenstrahlung?

S1: Ich glaube, um Bakterien und so zu vernichten oder so.

Int: Okay! Dankeschön! Die nächste Frage lautet: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also wann beginnt die deiner Meinung nach gefährlich zu werden oder wie merkst du das?

S1: Wenn sie einen Menschen zerstören kann. Also zum Beispiel Gammastrahlung oder so.

Int: Okay! Das heißt, wenn sie für den Menschen gesundheitsschädigend ist?

S1: Oder für die Umwelt halt.

Int: Wann wird eine Strahlungsart für den Menschen gesundheitlich gefährlich?

S1: Mhh...ich glaube immer! Wenn man etwas öfters benutzt, dann wird es mit der Zeit halt gefährlicher.

Int: Das heißt, du machst das fest beim Einsatzgebiet – je häufiger, dass man die Strahlung einsetzt, desto gefährlich kann das dann auch werden.

S1: Ja genau!

Int: Kannst du mir noch weitere Beispiele aus dem Alltag nennen, wo die Gefährlichkeit der Strahlung für den Menschen vorhanden ist? [...] Einfach aus dem Alltag herausgegriffen?

S1: Vielleicht so – ist nicht wirklich Alltag – aber manchmal so Röntgenstrahlung?

Int: Das heißt die Strahlung hat man bei Ärzten?

S1: Ich habe auch mal gehört es gibt da so eine Strahlung mit der man so...ähm...mit der man Krebs beseitigen kann.

Int: Also eine Strahlungsart die Krebs heilen kann?

S1: Mhm!

Int: Weißt du vielleicht noch, um welche Strahlungsart es sich dabei gehandelt hat?

S1: Ich glaube X-Ray Strahlung, glaube ich.

Int: Das heißt, ihr habt in der Schule schon über diese Strahlungsarten gesprochen und auch wie sich das auf die Gesundheit auswirken kann – eines Menschen?

S1: Ja, heuer in der Schule!

Int: Dann kommen wir schon zur nächsten Frage: Wann ist denn eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich – für einen Menschen?

S1: Mhh...Wenn sie ein Mensch oder die Umwelt nutzen kann. Also wenn sie der Mensch oder die Umwelt für sich positiv nutzt.

Int: Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit des Menschen nicht beeinträchtigen? Also wir haben ja jetzt vorhin schon darüber gesprochen, dass eine Strahlungsart den Menschen gesundheitlich gefährden kann und glaubst du, gibt es auch ein Gegenüber? Also, dass eine Strahlungsart den Menschen eben nicht gesundheitlich beeinträchtigen kann und wie kann das denn ablaufen glaubst du?

S1: Ähm...ich glaube zum Beispiel beim Licht, dass schadet uns ja nicht wirklich ganz. Also wir können auch damit leben und es wird uns nicht gleich so schaden.

Int: Kannst du mir Beispiele aus dem Alltag nennen, wo ungefährliche Strahlung vorkommt?

S1: Ungefährlich?

Int: Ungefährliche Strahlung – ja genau! Also zum Beispiel: Egal wo wir sind, wir sind immer elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt, wir haben ja Radiowellen, Mikrowellen, etc. und es werden auch in Spitälern Strahlungsarten positiv genutzt, die uns teilweise auch negativ beeinflussen können, das kommt ganz darauf an, wie man die Strahlungsart sozusagen nutzt und wenn du jetzt über den Alltag so nachdenkst, welche Strahlungsarten nutzt denn der Mensch für sich?

S1: Die Röntgenstrahlung zum Beispiel. Und ich weiß nicht, ob es das auch ist, aber mein Vater hat ein rotes Licht benutzt, er nennt es so Infrarot das Licht.

Int: Eine Infrarotlampe? Das heißt dein Vater hat diese Strahlungsart schon für sich selbst genutzt?

S1: Ja, gegen Muskelschmerzen.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich?

S1: Ja, wenn sie uns hilft halt. Also – dieselbe Antwort.

Int: Also wenn der Mensch einen gesundheitlichen Nutzen davon hat. Und da habe ich also die Frage, die du vorhin eigentlich schon beantwortet hast. Ich stelle sie trotzdem nochmal: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnützlich? Du hast gesagt, deiner Meinung nach gibt es keine unnützen Dinge. Aber glaubst du, dass Menschen teilweise gewisse Strahlungsarten eher nicht so brauchen oder weniger nutzen?

S1: Naja, ich habe einmal gehört von der Geschichte von Hiroshima und Nagasaki – das sind Atomstrahlen. Das finde ich nicht gut – sowas brauchen wir halt nicht.

Int: Also die Alpha-, Beta- und Gammastrahlung sozusagen?

S1: Ja.

Int: Und da meinst du, dass die Strahlung nicht so gut für uns ist und die sollten wir meiden?

S1: Ja und sie ist daher eher unnütz.

Int: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also zum Beispiel wenn wir jetzt einer bestimmten Strahlung länger ausgesetzt sind, glaubst du, dass dann ein großes Ausmaß an Gefährlichkeit für den Menschen stattfinden könnte?

S1: Ja schon!

Int: Was meinst du? Hast du da einen Gedankengang, wie dieses Ausmaß aussehen könnte? Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten ansiehst, welche Gefahren für den Menschen fallen dir dazu ein?

S1: Naja äh, beim Handy. Ich glaube da sind wir auch einer Strahlung ausgesetzt und sehr viele werden handysüchtig oder sind es schon und da ist die Strahlung hoch, die auf den Menschen ausgeübt wird. Es ist halt gefährlich für sie.

Int: Glaubst du, dass sich im Körper des Menschen durch die Strahlung etwas ändern kann?

S1: Ja.

Int: Wie würde das aussehen? Was glaubst du?

S1: Also es würde sehr gesundheitsschädigend sein.

Int: Jetzt habe ich die gleiche Fragestellung nur in die entgegengesetzte Richtung: Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also man kann ja auch Strahlen für den Menschen positiv nutzen. Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten ansiehst, was glaubst du, wie kann man die denn positiv für den Menschen nutzen?

S1: Das Licht, damit wir was sehen. Die Röntgenstrahlung zeigt uns, ob unser Körper okay ist, ob nichts gebrochen ist. Ich weiß nicht, wie es auf Deutsch heißt, aber diese X-Ray Strahlung hilft uns Krebs zu bekämpfen. Und die Infrarotstrahlung hilft uns bei Muskelzerrungen.

Int: Wir haben die unterschiedlichen Strahlungsarten schon angeschaut. Teilweise ist es dann so, dass viele Menschen auch sagen: Diese Strahlen sind gleich gefährlich oder gleich ungefährlich sowie gleich nützlich oder gleich unnütz. Was bedeutet denn für dich eine Strahlung wäre gleich gefährlich oder gleich nützlich?

S1: Eigentlich wirklich nichts. Weil jede Strahlung hat seine eigene Eigenschaft.

Int: Das heißt, du würdest niemals zwei Strahlungsarten auf eine Stufe stellen weil sie unterschiedlich sind und auch eine unterschiedliche Wirkweise für dich haben?

S1: Ja!

Int: Gut! Dann haben wir noch drei Fragen. Die erste davon lautet: Wie kann man sich vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Es gibt ja auch Strahlungsarten, vor denen man sich etwas schützen kann, wenn du an deinen Alltag denkst, was fällt dir dazu ein?

S1: Ein bisschen weniger Handy – also vom Handy Abstand halten. [...] Nicht so lange fernsehen, nicht lange vor dem Computer sitzen. [...] und...ja.

Int: Wenn man jetzt zum Beispiel die Strahlungsart positiv nutzen möchte, kannst du mir da Einsatzbereiche nennen, wo man die jeweilige Strahlungsart nutzt? Also zum Beispiel auch Einsatzbereiche in Österreich – also jetzt nicht nur der einzelne Mensch an sich, sondern auch größere Institutionen?

S1: Naja, ich habe gehört vom Klimawandel und so und dass die Bäume und die Pflanzen immer mehr kaputt werden wegen dem Klimawandel und so. Ich würde

schätzen, dass man das Licht dafür nutzen kann also zum Beispiel Pflanzen wieder nach draußen pflanzen und so.

Int: Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung dadurch ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Was meinst du? Also in eigenen Worten nochmal zusammengefasst: Wenn wir eine gefährliche Strahlung haben, kann man die auch positiv einsetzen? Und auch umgekehrt, dass eine nützliche Strahlung durch häufiges Anwenden gefährlich werden kann?

S1: Also, die Strahlung, die ich gesagt habe, dass die Krebs bekämpfen kann – also wenn man die zu lange nützt, also da kann man sterben. Aber wenn man sie ganz kurz nützt, dann kann sie helfen. Also sie kann auch positiv genutzt werden und auch negativ.

Int: Das heißt, du meinst, die Wirkdauer – wie oft, dass man die Strahlung anwendet und wie lange. Wenn man sie immer wieder mal kurz anwendet, ist es für den Körper einfacher, als wenn man das längere Zeit auf einmal macht.

S1: Ja genau.

Interview S2

Dauer des Interviews: 00^h:22^m:08^s

Int: Die erste Frage bezieht sich auf die Kärtchen, die du zu Beginn aufgelegt hast. Du hast ja die ersten Kärtchen von Gefährlich nach Ungefährlich geordnet. Welche Begründung führt zu dieser Anordnung? Was war dein Gedanke dahinter? Woran hast du deine Grenzen festgelegt?

S2: Ich habe darauf geschaut, welche Strahlungen irgendwie sichtbare Schäden am Körper anrichten und Strahlungen, die halt nicht so schädlich sind wie – ich denke halt nicht, dass Radiowellen sehr schädlich sind. Und Infrarot ist zum Beispiel schon

schädlich, wenn man einen Sonnenbrand bekommen kann. Ja ich habe halt an sowas gedacht und mein Vater warnt mich auf öfters vor Strahlung.

Int: Dann haben wir auch dieselbe Anordnung gemacht nur von Nützlich nach Unnütz. Woran hast du das festgemacht?

S2: Ich habe geschaut, welche Strahlungen Menschen brauchen, um anderen Menschen helfen zu können. Und ich habe auch darauf geschaut, welche Strahlungen eigentlich nicht nötig sind weil – zum Beispiel Mikrowellenstrahlung, wir bräuchten nicht unbedingt Mikrowellenstrahlung, um Sachen aufzuwärmen oder sowas, sondern wir können auch ganz einfach mit normalen Feuer auch aufwärmen.

Int: Interessanter Gedankengang!

S2: Und das Essen nimmt auch Strahlung mit, wenn man es aufwärmt. Wenn man es aufheizt mit Feuer, dann kommt ja kaum Strahlung auf.

Int: Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten anschaust, welche Alltagsgegenstände oder Geräte verbindest du mit der jeweiligen Strahlungsart? Kannst du mir da ein paar Beispiele nennen?

S2: Radiowellen werden meistens, schätze ich mal, zur Kommunikation verwendet wie Radios, Handys – solche Art von Sachen. Mikrowellenstrahlung wird glaube ich meistens verwendet, um Sachen aufzuwärmen oder einzuheizen. Da denke ich an die Mikrowelle. Die UV-Strahlung wird meistens von Tieren verwendet, das menschliche Auge kann das nicht sehen, aber Tiere schon und dadurch lauern sie ihrer Beute auf. Adler zum Beispiel lauern ihrer Beute so auf, weil Tiere Urin und solche Sachen hinterlassen, die geben solche Strahlung ab und so können sie die Fährte zurückverfolgen. Und...ähm....Röntgenstrahlung wird meistens – ich denke schon, dass es nützlich ist, weil – es ist zwar richtig schädlich, aber man geht ja nicht jeden Tag für ein Röntgen hin, deswegen denke ich mal, dass es nicht jetzt extrem schlimm wäre und man braucht es ja, weil wenn irgendwas im Körper los ist, dann weiß man nicht sofort welcher Knochen es ist – man hat ur viele Knochen und wenn man es dann sichtbar gemacht hat, dann weiß man es genau, wo man eingreifen muss. Und

sichtbares Licht ist für mich so eine Alltagssache, denn sichtbares Licht ist überall und ja, ich denke halt, sichtbares Licht ist schon lebenswichtig. [...] Und irgendwie verbinde ich sichtbares Licht mehr mit dem Alltag als die anderen Strahlungen. Infrarot auch – aber Infrarot ist auch nicht so gesund – wie gesagt, man kriegt halt einen Sonnenbrand, wenn man zu lange dieser Strahlung ausgesetzt ist. Und ja...Gammastrahlung wirkt glaube ich – das ist für mich die schädlichste Strahlung, ist im Weltraum sehr viel zu finden, dringt auch ein wenig durch die Atmosphäre durch. Ich glaube die Sonne gibt sehr viel davon ab. Die Sterne auch. Und im Weltraum würden wir wahrscheinlich – hätten wir nicht diese Schutzanzüge oder so, dann würden wir durch die Gammastrahlung sterben.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also zum Beispiel aus medizinischer Sicht oder woran machst du das fest, wann sie wirklich gefährlich wird?

S2: Sie wird wirklich gefährlich wenn man – zum Beispiel bei Röntgenstrahlung, wenn man etwas zu oft röntgt, weil dann erhöht sich das Krebsrisiko. Man sollte halt jedenfalls schauen – Strahlung muss nicht immer schädlich sein, nur, wenn man zu viel davon abkriegt, dann wird es schädlich. Manche Strahlungen sind stärker und deswegen braucht es weniger Zeit, bis es schädlich ist.

Int: Das heißt, manche Strahlungsarten sind nicht so intensiv, die bräuchten länger, bis sie uns Menschen schaden?

S2: Ja.

Int: Kannst du mir vielleicht Beispiele aus dem Alltag nennen von Strahlungsarten, die für den Menschen sehr gefährlich sind oder wo du glaubst, dass es für den Menschen eine sehr gefährliche Strahlungsart darstellt?

S2: Mikrowellenstrahlung, Radiowellenstrahlung sind die am wenigsten schädlichsten Strahlungen, ähm...Infrarot ist im Alltag sehr oft zu finden – vor allem im Sommer schätze ich mal jedes Jahr, [...] Ähm... [...]

Int: Und was glaubst du ist die schädlichste Strahlung für uns Menschen?

S2: Die Gammastrahlung.

Int: Wir haben ja schon besprochen, von der Anordnung her – wann ist eine Strahlungsart gefährlich oder auch ungefährlich. Da haben wir mal die Kärtchen aufgelegt und die Gefährlichkeit haben wir bereits besprochen. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nicht gefährlich – für den Menschen? Also nicht welche Strahlung, sondern wann.

S2: Wenn man nicht zu viel davon abbekommt, wenn man sich davor schützt – wie Eincremen mit Sonnencreme, das schützt ein wenig vor der Infrarotstrahlung. Ja schützen – nicht zu viel davon abbekommen. [...]

Int: Kannst du mir weitere Beispiele aus dem Alltag nennen von Strahlungen, die für den Menschen ungefährlich sind? Begegnest du diesen Strahlungsarten irgendwo?

S2: Radiowellen.

Int: Das haben wir auch täglich im Gebrauch?

S2: Ja.

Int: Jetzt haben wir gefährlich und ungefährlich durch. Als nächstes lautet die Frage: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich?

S2: Wenn man meistens damit vielleicht Leben retten kann? Wenn man weiß, wie man es verwendet? Und [...] wenn man davon halt abhängig ist im Leben, wenn man ohne dem nicht leben kann – wie zum Beispiel sichtbares Licht.

Int: Das heißt sichtbares Licht ist notwendig, damit wir überleben können?

S2: Ja.

Int: Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart positiv oder nützlich eingesetzt werden? Kannst du da vielleicht ein paar Beispiele nennen?

S2: Ähm, wenn man – beim Röntgen kann es nützlich werden, indem man...ähm...halt damit Sachen rausfindet was jemandem fehlt. Es ist sehr nützlich, aber auch sehr schädlich, deswegen sollte man nicht allzu oft Röntgen machen lassen. Und...ja, ich denke, Infrarot hat auch ein paar Vitamine – habe ich mal gehört. Und, man sollte halt trotzdem nicht zu viel von etwas nehmen. Bei allen Sachen ist es immer so, wenn man zu viel davon nimmt, dann wird es schädlich. Das ist bei allen Dingen einfach so.

Int: Wann ist denn eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Also, dass man sie gar nicht braucht?

S2: Wenn wir ohne das leben können. [...] Oder wenn das halt unnötig ist und wir auch andere Möglichkeiten haben...äh...etwas so verwenden zu können, wie wir die Strahlung verwenden – halt einen Ersatz dafür finden können.

Int: Wodurch kann denn eine Strahlungsart unnütz sein/werden? Woran machst du das fest? Wir haben jetzt gehört, wenn der Mensch ohne die Strahlung leben kann. Hast du da vielleicht noch ein Beispiel, wodurch eine Strahlungsart unnütz wird?

S2: Hmm...[...]...Indem man halt...ähm...Indem zum Beispiel die Strahlung nichts kann, außer schädlich zu sein.

Int: Das heißt, wenn sie für den Menschen rein schädlich ist, dann ist sie unnütz?

S2: Ja.

Int: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Beschreibe deinen Gedankengang! Also wie stark könnte sich das auf die Menschen auswirken? Was könnte denn da passieren?

S2: Unfruchtbarkeit, Krebsrisiko wird erhöht, Haarausfall, Lebenserwartung wird verkürzt, [...] vielleicht können deine Kinder halt...ähm...darunter leiden, falls du eines

bekommst, dass sie vielleicht ein paar Fehlbildungen bekommen. Organe sind davon auch sehr stark betroffen.

Int: Welches Ausmaß kann denn eine Strahlungsart an Nützlichkeit für den Menschen annehmen? Wir haben gehört, was kann die jeweilige Strahlungsart anrichten und jetzt wie kann sie Gutes tun.

S2: Es kann uns helfen, wie gesagt, halt, Leute zu retten, zu schauen, was ihnen fehlt. Wir könnten sie auch damit heilen – ein paar Sachen.

Int: Jetzt kommen die letzten vier Fragen, dann haben wir's schon. Was bedeutet für dich gleich gefährlich, gleich ungefährlich, gleich nützlich oder gleich unnütz – also wenn wir uns die Strahlungsarten anschauen, da gibt's oft den Moment, dass man sagt, ja, diese Strahlungsart ist eigentlich gleich gefährlich wie die andere oder gleich nützlich oder gleich unnütz oder gleich ungefährlich. Gibt es das für dich? Ein gleich gefährlich? Oder gleich unnütz? Oder wie würdest du das einteilen? Gibt es das für dich? Was meinst du dazu?

S2: Gleich nützlich gibt es. Aber ein gleich gefährlich gibt es nicht. Weil jede Strahlung seine eigene Intensivität hat und... – Strahlungen können gleich nützlich sein, weil sichtbares Licht ist genauso nützlich wie Radiowellen heutzutage – ungefähr. Und...Röntgenstrahlung ist auch sehr nützlich wie die Infrarot.

Int: Das heißt, für dich ist es eher so, dass beim nützlichen Bereich – da kann man schon die Strahlungsarten auf eine Stufe stellen, aber bei gefährlich und ungefährlich würdest du das immer separieren?

S2: Ja.

Int: Dann, da hast du eigentlich schon vorher ein paar Beispiele genannt. Ich stelle dir die Frage trotzdem nochmal: Wie kann man sich vor der jeweiligen Strahlungsart schützen?

S2: Es gibt auch heutzutage, falls irgendwelche Strahlung ausbrechen sollte - Atomkraftwerke oder so, Tabletten dagegen, die den Körper oder die die Organe ein bisschen schützen davor. Und ja, man könnte sich auch davor schützen, indem man strahlenabgebende Sachen nicht in seine Hosentasche steckt.

[...] Interview wurde für wenige Sekunden unterbrochen (es klopfte an der Tür)

Int: Okay, also wir haben: Zum Beispiel bei Atomkraftwerken, wenn da irgendein Unfall passieren würde, hast du gesagt, kann man Tabletten verwenden, dass die Organe geschützt werden. Dann soll man auch schauen, dass man Dinge, die Strahlung aussenden, wie zum Beispiel Handy oder sonstiges, nicht in die Hosentasche steckt. Hast du noch weitere Beispiele?

S2: Sie sollen halt auch nicht in der Nähe von dir sein (Strahlungsquellen). Man sollte auch Abstände halten von Mikrowellen oder so. Man sollte halt generell strahlungsabgebende Sachen einpacken, in den Keller bringen oder so.

Int: Dann habe ich noch die letzten zwei Fragen. Nämlich: Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele/Einsatzbereiche und führe diese an. Wenn wir uns die Strahlungsarten anschauen, wir haben ja jetzt schon viel gehört von medizinischen Aspekten. Glaubst du, dass die Strahlungsarten noch für andere Dinge verwendet werden können?

S2: Man kann Mikrowellenstrahlung zum Aufwärmen von anderen Objekten verwenden, das sichtbare Licht ist schon immer da gewesen. Ich glaube die meisten Strahlen waren schon immer da aber sichtbares Licht war wahrscheinlich einer der ersten Sachen, die so aufgefallen sind, da es überall ist. Und Infrarot wird glaube ich meistens durch Solarenergie genutzt. Ähm...Gammastrahlung weiß ich nicht, wie das verwendet wird. Ich glaube, es kann auch zur Heilung verwendet werden? Aber da bin ich mir jetzt nicht so sicher.

Int: Und die Infrarotstrahlung zählst du zur erneuerbaren Energie – Sonnenenergie?

S2: Ja. Und es gibt auch meisten Vitamine ab, was gut für den Knochenbau ist. Und Röntgenstrahlung wird meistens, wie gesagt, im medizinischen Bereich verwendet. Und Radiowellen werden meistens verwendet, um zu kommunizieren. Ich glaube die Fernbedienung und so funktioniert auch nur durch Radiowellen. Satelliten – die Satelliten im Weltraum sind auch von Radiowellen abhängig – halt die Kommunikation der ganzen Welt ist davon abhängig.

Int: Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt? Oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert?

S2: Äh...Also ich glaube, es gäbe Möglichkeiten, die gefährliche Strahlung auf eine gute Art zu verwenden. Aber ich glaube, die Menschen sind noch nicht so weit, es herauszufinden, wie man es richtig nützlich verwendet und wie man sich davor richtig schützen könnte. Die meisten verwenden es auch so unbewusst und weil sie es auch nicht wirklich wissen, dass es schädlich ist. [...] Aber die Schädlichkeit ist ja noch immer da. [...] Aber auch selbst, wenn wir draußen sind, nehmen wir auch überall Strahlung auf. Es ist überall.

Interview S3

Dauer des Interviews: 00^h:29^m:29^s

Int: Du hast im ersten Schritt ja die Strahlungsarten von Gefährlich nach Ungefährlich geordnet. Kannst du mir ungefähr erklären, warum du das so geordnet hast, wie du das geordnet hast?

S3: Also ich finde – zum Beispiel ich habe Gammastrahlung als das Gefährlichste gemacht (als Gefährlichste angeordnet), ich finde das so gefährlich, dass es zum Beispiel das Leben schädigt.

Int: Das heißt, es schädigt den Menschen?

S3: Ja. Dann habe ich, glaube ich, die UV-Strahlung. Die ist auch, glaube ich, so gefährlich wie die Gammastrahlung. Nur die UV-Strahlung ist weniger (weniger gefährlich). Dann habe ich die Röntgenstrahlung – das habe ich mal gesehen, wie jemand das bekommen hat. Das ist nicht so gefährlich. Das gehört eher in die Mitte.

Int: Das heißt, die Röntgenstrahlung ordnest du in den mittleren Bereich zwischen Gefährlich und Ungefährlich?

S3: Ja. [...]Und dann habe ich die Infrarot. Äh...das ist nicht soo gefährlich, sie ist schon gefährlich, aber nicht so. Die Radiowellen finde ich nicht so gefährlich, weil es schon so gesichert ist, dass man nicht den bekommt (dass man keine Schäden bekommt). Als letztes glaube ich war die Mikrowellenstrahlung. Ich glaube es schadet nicht so viel – es schadet schon, aber nicht so viel. Man braucht ein paar Jahre, damit man das bekommt (damit man Schäden bekommt).

Int: Dann haben wir auch einmal die Anordnung von Nützlich nach Unnütz gemacht. Da stelle ich dir die gleiche Frage: Welche Begründung führt zu dieser Anordnung?

S3: Also für zum Beispiel Radiowellen finde ich das ist in der Mitte. Das ist nützlich und unnütz. Und für Mikrowellenstrahlung, ich finde das ist eher nützlich. Also das erste (nützlichste) wäre die Mikrowellenstrahlung. Und die Infrarotstrahlung, finde ich auch eher, dass die so in der Mitte ist. Aber es ist weniger als Radiowellen.

Int: Also es ist weniger schädlich als Radiowellen?

S3: Ja. Sichtbares Licht, das finde ich ganz, ganz unnütz. Also meine persönliche Meinung, das finde ich unnütz, nützlich.

Int: Also das findest du unnütz oder nützlich?

S3: Unnütz.

Int: Okay.

S3: UV-Strahlung, das gebe ich eher hinter die Mikrowellenstrahlung, weil das finde ich auch unnütz halt. Die Röntgenstrahlung, das finde ich schon nützlich. Und die Röntgenstrahlung, finde ich, dass das eher hinter der UV-Strahlung ist. Und die Gammastrahlung, finde ich, dass das auf den zweiten Platz für Nützlich ist.

Int: Okay, das heißt Gammastrahlung ist auf Platz Zwei von der Nützlichkeit her?

S3: Ja.

Int: Das waren nun die Fragen zur Anordnung der Kärtchen. Jetzt kommen wir zum Interview selbst. Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten anschaust, welche Alltagsgegenstände oder Geräte würdest du mit dieser Strahlung verbinden? Also wo findest du im Alltag Geräte, die mit der Strahlungsart arbeiten und die für sich nutzen?

S3: Radiowellen zum Beispiel, zum Beispiel im Auto gibt es auch diese Radiowellen. Oder zu Hause, wenn man ein Radio kauft oder ein altes Radio zu Hause hat. Oder die Mikrowellenstrahlen halt für die Mikrowelle und ich glaube auch für den Herd – ich glaube für den Elektroherd, die benutzen auch Mikrowellen. Und für Infrarotstrahlung, ich weiß es leider nicht...oder...äh, ich glaube, wenn man zum Beispiel draußen ist oder...wenn es so ganz heiß ist, ja, dann, wenn man zum Beispiel im Schwimmbad ist, dann bekommt man glaube ich diese Infrarotstrahlen ab. Sichtbares Licht finde ich zu Hause. Für die UV-Strahlung, finde ich, wenn zum Beispiel jetzt ein Computer explodiert, da kommt auch diese UV-Strahlung raus. Das passiert fast nie, aber wenn das passiert, dann bekommt man, glaub ich, diese UV-Strahlen ab. Die Röntgenstrahlung, wenn man zum Beispiel beim Arzt ist, dann kommt so diese elektrische Dings, da bekommt man dann glaube ich Röntgenstrahlung. Für die Gammastrahlung, da ist es glaube ich auch so wie – man hat zum Beispiel ein Handy dabei und man ist wo, wo viele elektrische Sachen sind, dann passiert Gammastrahlung.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also ab wann ist eine Strahlung für dich gefährlich?

S3: Also es ist sicher gefährlich, wenn ich es bekomme, aber es ist halt gefährlich, wenn es neben dir ist. Also, wenn ich spüre, dass ich das habe, dann. Also, es kommt darauf an, welche Strahlung ich habe (ich ausgesetzt bin).

Int: Das heißt, es kommt auf die Strahlungsart darauf an?

S3: Ja.

Int: Das heißt, du gehst davon aus, wenn ich zum Beispiel krank bin und ich bin einer bestimmten Strahlungsart ausgesetzt, dann kann das die Krankheit dann verstärken?

S3: Ja genau! Ja! Das meine ich.

Int: Hast du vielleicht eine Idee, wie oder wodurch eine Strahlungsart die Gesundheit eines Menschen gefährden kann?

S3: [...] Wie?

Int: Wir haben ja unterschiedliche Strahlungsarten, die auf uns einwirken und was glaubst du, wodurch kann uns das eigentlich schädigen oder warum kann uns das schädigen?

S3: Zum Beispiel: Ich glaube bei jeder Wohnung oder Haus gibt es eine Mikrowelle. Das kann auch schädlich sein, aber nicht so schädlich, dass man am Ende im Krankenhaus ist oder irgendwelche Krankheiten dann hat. Oder bei den Röntgenstrahlung – ich finde, das ist ganz gefährlich, weil dort gibt es eine elektrische Maschine und ich glaube, da ist etwas drinnen, was die Menschen schädigt (deren Gesundheit), wenn man ein Röntgen macht.

Int: Das heißt, Röntgenstrahlen – da schaut man ja in den Körper hinein, da kannst du ja Knochenbrüche usw. ausfindig machen – jetzt einerseits kann man nachsehen, was hat man und andererseits glaubst du, dass es schädlich ist.

S3: Ja.

Int: Dann haben wir schon die nächste Frage: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich? Jetzt haben wir über die Gefährlichkeit gesprochen, wann glaubst du, ist sie ungefährlich für uns?

S3: Zum Beispiel bei Infrarotstrahlung. Wenn man jetzt diese Strahlung abbekommt, das ist nicht so gefährlich. Das ist schon schädigend, aber nicht so gefährlich, dass irgendwas passiert.

Int: Wie kann man denn die Infrarotstrahlung nutzen? Was meinst du?

S3: Wie nutzen?

Int: Du hast gesagt, dass die Röntgenstrahlung für dich gefährlich ist, weil, wenn man das öfters hat, gesundheitliche Schäden davontragen kann.

S3: Ja.

Int: Und bei der Infrarotstrahlung hast du gemeint, die ist zwar auch gefährlich aber nicht so sehr gefährlich und kannst du mir vielleicht ein Beispiel nennen, wie wir Menschen die Infrarotstrahlung öfters benutzen?

S3: Zum Beispiel, keine Ahnung. Wenn man...irgendwo...ähm...[...] Ich weiß es nicht.

Int: Okay.

S3: Weil keine Strahlung ist für den Menschen unnützlich, weil es die gibt.

Int: Das heißt, du meinst, keine Strahlung ist unnütz für den Menschen, weil es die Strahlungsarten immerhin gibt?

S3: Ja.

Int: Aber du unterscheidest schon zwischen gefährlich und ungefährlich und du glaubst schon, dass manche Strahlungsarten gefährlicher und manche ungefährlicher für den Menschen sind?

S3: Ja genau.

Int: Okay, dann komme ich schon zu der nächsten Frage. Das kommt jetzt schon ein bisschen gleich mit dem was wir schon besprochen haben. Nämlich: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Du hast ja schon gesagt, für dich ist jede Strahlungsart nützlich. Kannst du mir vielleicht ein paar Beispiele nennen, wie wir die Strahlungsart nützlich einsetzen oder was wir verwenden zum Beispiel?

S3: Also...ähm...zum Beispiel...Bei den...sichtbares Licht ist schon nützlich, weil zum Beispiel, wenn man – jetzt ist sichtbares Licht, wenn sichtbares Licht zum Beispiel zu viel wird, dann schädigt das die Augen, das Gehirn, den Körper aber wenn zum Beispiel nur ein bisschen ist, ich glaube, dann ist es nützlich, weil man kann auch davon etwas – zum Beispiel Sehen oder sowas.

Int: Jetzt haben wir die gleiche Frage, nur wieder umgekehrt. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnützlich? Du hast ja schon gemeint, jede Strahlungsart hat ihren Nutzen. Aber glaubst du, dass es eine Strahlungsart gibt, die wir Menschen nicht brauchen oder die eher unnützlich für uns ist? Was meinst du?

S3: Zum Beispiel die Röntgenstrahlen sind eher nützlich, weil ich weiß, welcher Knochen ist kaputt aber es schadet. Aber zum Beispiel: Das ist nützlich und unnützlich. Bei den Gammastrahlen, da gibt es keine nützlichen Sinn, nur unnützlich.

Int: Okay, das heißt, die Gammastrahlung ordnest du als unnützlich für den Menschen ein?

S3: Ja.

Int: Glaubst du, dass eine Strahlungsart unnützlich werden kann? Also, dass die eigentlich schon nützlich ist, aber dass die auch einen Unnutzen irgendwann erreichen kann?

S3: Ähm...zum Beispiel bei den Röntgenstrahlen – ich rede schon viel davon – aber ich glaube, wir sind in einer Welt, wo viele Sachen passieren. Es wird noch andere Sachen geben. Es gibt zum Beispiel einen Roboter, der macht ein Foto und kann dir zeigen wo alle Knochen sind und was alles kaputt ist. Und ich finde, in der Zukunft wird die Röntgenstrahlung unnützlich sein.

Int: Ah, sehr interessanter Ansatz! Das heißt, du glaubst, dass unsere Technologie sich so weit entwickeln wird, dass wir diese Röntgenstrahlung nicht mehr brauchen werden.

S3: Ja genau! Das finde ich!

Int: Dann sind wir schon bei Frage 8: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also, wir haben ja schon gehört, dass Strahlungen sehr gefährlich sein können für uns. Was kann denn der Mensch davon bekommen also wie kann man den Menschen schädigen?

S3: Zum Beispiel: Ganz einfach das Gehirn. Also, wenn das Gehirn ein Problem hat, dann hat der ganze Körper ein Problem. Weil, Sie wissen ja, alles was wir machen, steuert das Gehirn. Und wenn das Gehirn beschädigt ist, von allen diesen Strahlungen oder einer davon, dann kann man nichts mehr machen, weil die Strahlung kann man nicht mehr rausnehmen oder so.

Int: Das heißt, man kann die Strahlung nicht mehr ungeschehen machen und die Veränderung bleibt dann auch?

S3: Ja. Wenn man Medikamente bekommt, das wird nicht nützen, glaube ich. [...] Es kann nur etwas...also die Strahlung kann nur weniger werden durch die Zeit. Zum Beispiel beim zweiten Weltkrieg, wo Amerika die Atombombe geworfen hat, ist die Strahlung noch immer, aber jetzt ist es schon weniger.

Int: Das heißt die Strahlungsschäden können sich mit der Zeit runterreduzieren, aber es gibt halt keine Medikamente, die dich wieder gesund machen?

S3: Ja genau.

Int: Gut, dann komme ich zur nächsten Frage: Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also jetzt haben wir gehört, wie kann uns eine Strahlungsart krank machen und gibt es jetzt auch ein Gegenüber, dass man sagt, eine Strahlungsart kann uns Gutes tun?

S3: Uhh...

Int: Also gibt es das überhaupt? Und wenn ja, wie könnte das aussehen?

S3: Nein, ich glaube nicht. Weil alle Strahlungen – nicht alle, also fast alle, sind gefährlich. Also manche sind ungefährlich aber dafür schädigen sie auch. Und was schadet, ist auch nicht gut.

Int: Manche Leute sagen oft, dass eine Strahlung gleich gefährlich wie eine andere Strahlung sei. Oder diese Strahlung ist gleich ungefährlich wie eine andere. Was bedeutet für dich gleich gefährlich oder gleich ungefährlich und gleich nützlich oder gleich unnützlich?

S3: Für mich also ungefährlich und gefährlich, was dem Menschen schadet. Und nützlich und unnützlich, was wir davon kriegen, was wir davon Gutes bekommen. Und unnützlich, was uns nur schadet.

Int: Das heißt, bei nützlich, wenn es dem Menschen hilft und unnützlich, wenn wir einen Schaden davontragen. Und glaubst du, dass es eine Strahlungsart gibt, die einerseits nützlich und gleichzeitig auch unnützlich sein kann? Genauso wie, glaubst du, gibt es Strahlungsarten, die gefährlich sind und aber auch nützlich sein können? Kann eine gefährliche Strahlungsart nützlich sein? Kann man das so kombinieren?

S3: Ja, zum Beispiel bei den Mikrowellenstrahlung oder beim sichtbaren Licht. Bei der Mikrowellenstrahlung ist es so, man braucht Mikrowellenstrahlung halt zum Essen, man erhitzt das Essen.

[...] Interview wurde für wenige Sekunden unterbrochen (es klopfte an der Tür)

Int: Also du meinst bei nützlich und gefährlich: Die Mikrowellenstrahlung ist dazu da, dass wir unser Essen aufwärmen, aber man kann auch was davon bekommen (gesundheitlich). Was meinst du, was kann man als Mensch von der Mikrowellenstrahlung, gesundheitlich betrachtet, bekommen?

S3: Schädigung. Ich habe mal gehört, dass es am meisten die Augen schädigt.

Int: Ah okay, das heißt, die Augen des Menschen werden geschädigt – von der Mikrowellenstrahlung?

S3: Ja und wenn die Augen geschädigt sind, muss man wieder.... – entweder man macht die Augenlinsen und das ist, finde ich ganz, ganz schlecht, weil die normalen Augen/die natürlichen Augen, sind besser als die Augenlinsen oder so.

Int: Wenn man jetzt bestimmten Strahlungen ausgesetzt ist, wie kann man sich denn vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Was meinst du? Weil, wir gehen ja auch raus in die Sonne oder sind unterschiedlichen Strahlungsarten ausgesetzt. Wie kann man sich denn vor den verschiedenen Strahlungen schützen?

S3: Zum Beispiel bei den Infrarotstrahlen, man kann Creme haben. Oder bei manchen Strahlungen, kann man sich schützen. Wenn man weiß, man bekommt eine Strahlung (ist einer Strahlung ausgesetzt) – ich habe in Physik gelernt, dass, wenn eine Strahlung kommt, man kann – manche Strahlen können nicht durch die Wand gehen und man kann sich dadurch gleich schützen. Aber manche sind so gefährlich, dass sie überall (durch) gehen und man kann sich davor nicht schützen. Zum Beispiel bei sichtbares Licht, kann man zum Beispiel ein anderes Zimmer oder so irgendwo anders (hin) gehen, dass man sich schützt oder bei den Mikrowellenstrahlung oder Röntgenstrahlung (anderes Zimmer). Aber andere sind halt gefährlich. Da kannst du dich nicht schützen.

Int: Und vor anderen kann man sich gar nicht schützen?

S3: Nein. Also die leichten Strahlen kann man sich schützen, vor den anderen nicht.

Int: Dann haben wir als nächste Frage: Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele und Einsatzbereiche! Also man kann ja auch die Strahlungsarten in der Technologie usw. einsetzen oder für bestimmte Dinge. Fallen dir Beispiele ein? Irgendwas im Alltag, Einsatzbereiche, wo man die Strahlungsarten verwenden kann?

S3: Halt zum Beispiel, wenn man...keine Ahnung.

Int: Keine Angst vor Wiederholungen. Es kommen immer wieder ähnliche Fragen, die ähnliche Ideen/Gedanken in Erinnerung rufen. Keine Angst vor gleichen Antworten, die du vielleicht schon gegeben hast.

S3: Ja zum Beispiel nochmal bei den Röntgenstrahlen. Jetzt in dieser Zeit, ist es das wichtigste, was dem Menschen helfen kann, weil früher – man kann schon spüren, wo ein Knochen kaputt ist, aber wo genau, das konnte man nicht sagen. Die Röntgenstrahlung ist gut, damit du genau siehst, wo du verletzt bist.

Int: Das heißt, die Röntgenstrahlung hilft uns eigentlich, um den Menschen schneller wieder gesund zu machen.

S3: Genau.

Int: Und wenn du dir die anderen Strahlungsarten anschaust? Wir haben heute auch schon vom Handy usw. gehört. Was glaubst du, wo die anderen Strahlungsarten noch so im Alltag unterwegs sind? Ein paar Beispiele hast du mir schon genannt, wie beispielsweise das Handy oder die Mikrowelle hast du mir schon genannt. Wo kann man die Strahlen noch so einsetzen? Wenn du an die elektrischen Geräte im Alltag denkst, wo findest du denn noch was?

S3: Ganz einfach zum Beispiel der Computer. Ich habe ein Handy in der Hosentasche und meine Eltern sagen die ganze Zeit, dass ich mein Handy nicht in der Hosentasche

tragen soll, weil das Handy kann Samen – das Handy hat so eine Strahlung, dass die Samen geschädigt sind, wenn die Samen beschädigt sind, man kann nicht mehr Kinder kriegen. Und wenn man keine Kinder kriegt, dann wird die Menschheit aussterben. Wenn das jeder so macht, man kann nichts mehr machen.

Int: Dann sind wir schon bei der letzten Frage: Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt? Oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Also kann man jetzt wirklich eine gefährliche Strahlung so anwenden, dass sie nützlich ist? Oder ist eine Strahlungsart immer gleich gefährlich und wird nicht verändert? Was meinst du?

S3: Sie ist immer gleich gefährlich.

Int: Das heißt, eine Strahlungsart, wenn die gefährlich ist für den Menschen, dann ist die auch immer gefährlich, auch, wenn man sie jetzt zum Beispiel unterschiedlich einsetzt, ist die Gefährlichkeit die gleiche.

S3: Ja.

Interview S4

Dauer des Interviews: 00^h:17^m:57^s

Int: Ich beginne mit der ersten Frage. Du hast deine erste Anordnung von Gefährlich nach Ungefährlich angelegt. Da hast du die Gammastrahlung auf der gleichen Höhe wie die Infrarotstrahlung, darunter die Röntgenstrahlung. Die UV-Strahlung und Radiostrahlung wieder auf gleicher Höhe nach der Röntgenstrahlung. Dann hast du nochmal die Röntgenstrahlung und dann die Mikrowellenstrahlung angeordnet. Dann die Infrarot und das sichtbare Licht stehen nebeneinander und dann bist du ganz unten bei Ungefährlich angelangt. Welche Begründung führt zu deiner Anordnung, die du gelegt hast?

S4: Die Gammastrahlung verwendet man entweder für die Atombombe oder für die Atomkraftwerke und daher sind die eigentlich gefährlich für den Menschen. Dann die Infrarotstrahlung, da gibt's zum Beispiel diese infraroten Wärmegeräte und wenn zum Beispiel da etwas schief läuft, kann das für das Haus gefährlich werden. Es kann zum Beispiel auch umgekehrt sein. Wenn man zum Beispiel einen Ofen zu Hause hat.

Int: Einen Ofen?

S4: Ja oder wie heißt das, wenn – Kamin – hier kann sich das Feuer schneller verbreiten, als das von der Infrarotstrahlung. Dann, die Mikrowellenstrahlung ist eigentlich gar nicht gefährlich. Radiowellen sind weniger gefährlich. Das heißt, man weiß noch nicht, welche Ergebnisse das auf den Menschen hat. Und die anderen – zum Beispiel UV-Strahlung – allgemein die Sonne und dann sichtbares Licht, ist glaube ich, nicht gefährlich. Und ja, dann die Röntgenstrahlung ist, wenn man mehrere Mengen an Röntgen hat, dann ist es gefährlich. Aber es hilft dir beim Arzt.

Int: Das heißt die Röntgenstrahlung ist für dich sowohl gefährlich als auch ungefährlich?

S4: Genau und nützlich auch.

Int: Zum Thema Nutzen, da kommen wir auch schon zur zweiten Frage. Wir haben ja auch diese Anordnung durchgeführt von Nützlich nach Unnütz. Kannst du mir hier ungefähr deine Anordnung erklären, warum du diese so angeordnet hast?

S4: Nützlich, Radiowellen zum Beispiel Handy geht auch über Radiowellen – genauso wie der Radio. Dann Mikrowellenstrahlung kommt sogar, glaub ich, von der Mikrowelle. Dann Infrarotstrahlung zum Beispiel, wie gesagt, Heizgerät. Dann sichtbares Licht, brauchen wir zum Sehen. UV-Strahlung kommt von der Sonne. Das braucht man auch. Röntgenstrahlung ist die Hilfe für die Ärzte. Und die Gammastrahlung außer Atomkraftwerke – keine Ahnung.

Int: Danke! Kommen wir zur nächsten Frage. Wenn du dir die einzelnen Strahlungsarten genau ansiehst, welche Alltagsgegenstände oder Geräte verbindest du mit dieser Strahlungsart?

S4: Mikrowelle, Handy, Fernseher, Internet, dann Radio, [...] , digitale Uhren, [...]

Int: Meinst du diese Funkuhr, die sich automatisch stellt?

S4: Ja, genau. Dann [...] ich glaube mehr gibt es nicht.

Int: Gut. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Was glaubst du? Wann wird es gefährlich für uns Menschen?

S4: Gamma!

Int: Gamma?

S4: Ja, Röntgen auch, aber nur größere Mengen!

Int: Also bei Röntgenstrahlung benötigt man eine größere Menge? Die Gammastrahlung ist generell gefährlich?

S4: Ja!

Int: Und wann glaubst du wodurch oder wann wird eine Strahlung gefährlich?

S4: Ähm – Alpha ist noch nichts, Beta wird schon und Gamma ist allgemein schon – ja das ist schon.

Int: Dann kommen wir schon zu der nächsten Frage, nämlich: Wann ist denn eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich?

S4: Ungefährlich – ich würde sagen ab Röntgenstrahlung, weil das kann man auch verwenden. Aber halt in größeren Mengen ist es gefährlich. Und alles unter der

Röntgenstrahlung (siehe Anordnung) ist, glaube ich, nicht mehr gefährlich. Zum Beispiel Mikrowelle. Vielleicht noch Radiowellen in ein paar hundert Jahren? Aber ich glaube heute noch nicht.

Int: Die Radiowellen sind also noch ungefährlich, aber du glaubst in ein paar hundert Jahren nicht mehr?

S4: Entweder wird es besser oder es wird schlimmer.

Int: Und was glaubst du, warum wird es dann schlimmer oder weniger schlimm? Was machen die Radiowellen? Oder was machen wir damit?

S4: Wir verwenden allgemein Handy. Zum Beispiel Tesla hat einen eigenen Server dafür. Das ist das erste Auto, indem man auch Updates bekommt und seit die Handys erfunden wurden, gibt es Menschen, die zum Beispiel zum Arzt gehen, weil sie immer müde sind oder so irgendetwas.

Int: Dankeschön! Dann kommen wir schon zu der nächsten Frage: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Also wirklich, dass man sagt, jetzt nutzen wir diese Strahlung auf nützliche Art und Weise für den Menschen.

S4: Mikrowellenstrahlung, Radiowellen für Handys oder Radio – allgemein um Informationen zu bekommen. Dann, sichtbares Licht – allgemein, dass wir sehen können. UV-Strahlung von der Sonne. Dann, Infrarot vielleicht – bin nicht sicher.

Int: Dankeschön! Kann man eine Strahlungsart auch nützlich oder positiv für den Menschen einsetzen?

S4: Gammastrahlung durch Atomkraftwerke, Röntgenstrahlung für die Ärzte, UV-Strahlung kommt grad Nichts in mein Gehirn, Licht brauchen wir allgemein wie den Tag, Infrarotstrahlung für das Heizen, Mikrowellenstrahlung – ja, allgemein für die Mikrowelle und Radiowellen für Handy bis Radio oder Autoupdates.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Also, welche Strahlung ist unnütz und warum?

S4: Unnütz – ich würde sagen Gammastrahlung, weil heute verwendet man das nur für Atomkraftwerke – sonst nichts. Dann vielleicht UV-Strahlung.

Int: Und warum glaubst du, dass die UV-Strahlung unnütz für uns Menschen ist. Glaubst du, dass etwas an uns Menschen geschädigt wird oder was verbindest du mit der UV-Strahlung?

S4: Ähm...einfach, weil wenn es so weitergeht, die UV-Strahlung wird etwas zu stark und schädigt uns.

Int: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen. Also wie kann sich das auf uns auswirken, auf unsere Gesundheit?

S4: Solche Strahlen können uns müde machen. Mikrowellen, ich glaube nichts. Infrarotstrahlung, naja, vielleicht wird uns ein bisschen heißer. Sichtbares Licht – wenn es kein Licht gäbe, könnten wir nichts sehen. UV-Strahlung – ich habe keine Idee. Röntgenstrahlung, könnte nach größeren Mengen lebensgefährlich sein oder sogar töten. Und Gammastrahlung ist allgemein gefährlich.

Int: Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Jetzt haben wir gehört, was die Strahlen uns Menschen generell so gesundheitlich antun können. Aber man kann Strahlung auch positiv nutzen. Welches Ausmaß an Nutzen kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Was meinst du?

S4: Gamma – Nützlichkeit, würde ich nicht so viel sagen aber Röntgen für Ärzte, dass wir den Körper besser überwachen können. Radiowellen wegen Handys und wie gesagt heutzutage funktioniert fast alles digital, Mikrowelle für Essen wieder wärmen und Infrarot für Heizgeräte.

Int: Wenn wir uns jetzt die verschiedenen Strahlungsarten anschauen, dann hat man ja – du hast das zum Beispiel gemacht, man hat ja manche Strahlungen bei Gefährlich und Ungefährlich hinlegen können, was du auch gemacht hast und daraus ergibt sich die Frage: Was bedeutet für dich gleich gefährlich oder gleich ungefährlich und gleich nützlich oder gleich unnützlich? Was bedeutet das für dich?

S4: Gleich gefährlich und gleich ungefährlich würde ich sagen Röntgenstrahlung, weil das ist ja einerseits nicht schädlich in kleinen Mengen – wenn man es halt vielleicht einmal innerhalb der nächsten fünf Jahre macht, dann ist es eh nicht gefährlich. Aber wenn man es jeden Tag macht, dann wird es schon gefährlich.

Int: Das heißt, der Nutzen an sich kann die Gefährlichkeit aufheben, aber man muss darauf achten, dass man das nicht zu häufig macht, weil man dann doch krank werden kann davon?

S4: Ja.

Int: Wie kann man sich denn vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Der Mensch kann sich ja vor Strahlungsarten auch schützen. Kennst du dazu ein paar Beispiele?

S4: Radiowellen, ich glaube mittlerweile gibt es solche Armbänder? Dann allgemein: In der Nacht das Handy nicht beim Kopf haben oder bei den Füßen, sondern irgendwo im Wohnzimmer hinlegen. Gammastrahlung – wie heißt das Material? Wie heißt das Material? [...] Ich habe es vergessen. Man braucht dafür Wasser und dicke Platten aus Beton und wie heißt denn dieses Material noch einmal? [...] Keine Ahnung mehr, wie das Material heißt.

Int: Du musst mir keine Fachausdrücke nennen können. Es reicht mir, dass du mir den Sachverhalt beschreiben kannst.

S4: Vor manchen Strahlungsarten kann man sich schützen.

Int: Du hast auch bei den Radiowellen gesagt, dass man das Handy nicht am Körper tragen und wo anders hinlegen soll. Das heißt, diese Strahlung greift nicht so weit und

kann mittels Distanz abgeschwächt werden. Andere Strahlungsarten, wie beispielsweise die Gammastrahlung, die reicht durch viele Gegenstände hindurch hast du gemeint. Da benötigt man dann auch schon andere Schutzmaßnahmen, um uns vor der jeweiligen Strahlung zu schützen. Dann habe ich noch eine Frage: Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele und Einsatzbereiche. Also hier meine ich nicht die privaten Einsatzbereiche der Strahlungsarten wie beispielsweise Radio, Handy, usw. und auch nicht den medizinischen Einsatz, sondern größere Institutionen oder Einrichtungen, die gewisse Strahlungsarten verwenden. Kannst du da vielleicht Beispiele nennen?

S4: Einmal Atomkraftwerk, Röntgenstrahlung für die Ärzte, dass die den Körper besser beobachten können. [...] Dann zum Beispiel die Solarenergie. Essen wärmen – Mikrowelle. Und Radiowellen – allgemein Radio, dass man die Information bekommt – zum Beispiel, ob es einen Unfall wo gegeben hat, ein Atomkraftwerkunfall.

Int: Das heißt, mit den Radiowellen kommen wir sehr schnell zu Informationen, sollte es mal zu einer Gefahr kommen, dann sind wir schnell verständigt. Dann die letzte Frage, dann haben wir es auch schon. Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Du hast vorhin gesagt, dass uns die Röntgenstrahlung schädigt, wird man ihr zu oft ausgesetzt aber wenn man das nur hin und wieder macht, kann es uns helfen, da wir in den Körper hineinsehen können. Jetzt ist aber die Frage: Bleibt die Strahlungsart trotzdem immer gleich gefährlich oder glaubst du durch die Anwendung, dass sie nützlich ist, wird die Strahlungsart dann ungefährlicher?

S4: Ich glaube, dass man, je mehr am Körper angewendet wird, desto gefährlicher ist es.

Int: Das heißt, durch die Anwendung, wird es immer ein bisschen gefährlicher?

S4: Ja.

Interview S5

Dauer des Interviews: 00^h:19^m:17^s

Int: Du hast ja jetzt im ersten Beispiel die Strahlungsarten von gefährlich nach ungefährlich gegliedert, was war denn dein Gedanke dazu; Wie kommst du zu dieser Anordnung?

S5: Ich habe mich an Hiroshima erinnert, wegen Atombombe...und schwarzes Loch...und an Universum... mhm. Das waren meine Gedanken.

Int: Aha, das heißt, die Gammastrahlen waren für dich im Teil gefährlich, und wo hast du die anderen Strahlungsarten angeführt? Also wenn du da jetzt schaust, wo würdest du das sichtbare Licht jetzt zum Beispiel bei gefährlich oder ungefährlich einordnen?

S5: Ungefährlich.

Int: Mhm... also beim Ungefährlichen. Ok also da meinst du, das schädigt uns Menschen nicht?

S5: Doch schon.

Int: Schädigt uns, aber ist eher ungefährlich meinst du.

S5: Ja.

Int: Mhm, dann haben wir auch die Anordnung gehabt von nützlich nach unnütz; Woran hast du da gedacht?

S5: Ähm, ich habe den Wind. Wie heißt das Ganze, das sich dreht?

Int: Das Windrad?

S5: Ja, das Windrad. Und Atombomben.

Int: Das heißt, du hast dich orientiert an Stromerzeugung und Atombomben, wie man die zum Beispiel einsetzen kann... Würden Atombomben für dich eher nützlich oder unnütz sein?

S5: Unnützlich. Und Atomkraftwerk.

Int: Mhm, das Atomkraftwerk ist für dich nützlich oder unnütz?

S5: Unnützlich. Man braucht es nicht.

Int: Mhm. Ja... Warum braucht man es nicht? Weil es sehr gefährlich ist und man kann auch natürliche Licht zum Beispiel Solarlichtenergie oder Windradenergie oder Wasserenergie und Sonne zum Beispiel, ja?

S5: Also erneuerbare...

Int: Erneuerbare Energien.

S5: Ja. Und ich habe ja Kernschmelzung erinnert. Kernverschmelzung. Ja.

Int: Ja, mhm. Gut, das heißt du hast deine Gefährlichkeit und die Nützlichkeitsanordnungen an den Auswirkungen festgemacht, dass man sagt, das würde uns Menschen schaden und deswegen ist es eher nicht so gut für uns.

S5: Ja.

Int: Ok, danke. Der Fragebogen hat insgesamt 13 Fragen, nur damit du ungefähr weißt, wir sind jetzt bei Frage 3. Das mit den Kärtchen ist erledigt. Wenn du dir die ganzen Strahlungsarten anschaust, die wir uns aufgeschrieben haben, welche Alltagsgegenstände oder Geräte verbindest du mit dieser jeweiligen Strahlungsart?

S5: Handy.

Int: Ja, Handy, wo würde das dazugehören? Zu welcher Strahlungsart?

S5: Es ist bei der Licht glaub ich.

Int: Mhm. Und welche Geräte fallen dir noch so ein, die Strahlung erzeugen?

S5: Äh, Fernseher, Mikrowelle, und Herd? Nein. Ja. Heizungen. So heißt das.

Int: Mhm.

S5: Nein Heizungen nicht.

Int: Mhm, das heißt Fernseher: Welche Strahlungsart braucht der Fernseher?

S5: Ah, ich weiß es nicht. [...] Mikrowellen.

Int: Wenn du dir die anderen Strahlungsarten noch anschaust, wo glaubst du könnte man die zum Beispiel im Alltag verwenden?

S5: Was. Röntgen zum Beispiel. Ärzte nehmen die.

Int: Mhm, sehr gut, das heißt die Röntgenstrahlung verwenden auch Ärzte,

S5: Äh, Infrarot zum Beispiel. Ah, und, ja.

Int: Infrarot benutzen auch Ärzte? Oder...

S5: Na... Kamera zum Beispiel. Oder wenn man in Nacht draußen geht, dann ist.

Int: Aha, du meinst so Nachtsichtgeräte.

S5: Das nehmen zum Beispiel auch Biologen. Oder man kann zum Beispiel einen Tod feststellen, ob man Tod ist oder nicht.

Int: Aha, interessant. Das heißt man kann auch den Tod feststellen.

S5: Oder die Hitze. Die Hitze. Oder Kälte. Und man kann auch erkennen, wie alt, oder wann es, ja. Man kann es erkennen, wann der Tiger oder der Tier gestorben ist.

Int: Aha, interessant. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich für uns Menschen?

S5: Äh. Gammastrahlung, UV, Radiowellen, ... Äh. Ja.

Int: Aha. Das heißt die Gammastrahlung, UV-Strahlung und Radiowellen ordnest du generell als gefährlich für den Menschen ein, und kannst du mir sagen, warum das so ist, oder wie das gefährlich sein kann für uns?

S5: Äh, Zum Beispiel die UV- Strahlen, kannst du dich schützen, wenn du ein Blatt gibst und du kannst dich auch beim Gammastrahlen, du musst dich einfach unter Keller verstecken oder unter, hinter Beton verstecken. Das ist auch sehr nützlich. Und Radiowellen, man muss glaub ich pusten oder ein Blatt. Ein Blatt Papier.

Int: Das heißt, so kann man sich vor der jeweiligen Strahlungsart schützen. Da haben wir jetzt die einzelnen Strahlungsarten aufgezählt, und man kann sich auch vor denen unterschiedlich schützen. Wir sind ja immer der Strahlung ausgesetzt. Kommt es da jetzt auch darauf an, auf bestimmte Faktoren, ob uns die Strahlung jetzt wirklich schädigt oder nicht? Oder glaubst du kann man da irgendwie sagen, warum das so ist, dass uns diese Strahlen schädigen und wodurch eigentlich?

S5: Ich glaube durch Atome.

Int: Mhm. Das heißt, du meinst Atome sind für diese Strahlungsarten...

S5: Verantwortlich.

Int: Verantwortlich. Und wie meinst du das...

S5: Äh. Zum Beispiel Gammastrahlung ist äh Kalzium oder so etwas drinnen. Also das. Giftige Stoffe. Oder Stickstoff.

Int: Mhm. Das heißt du meinst dass die Zusammensetzung der Strahlung schon eine gefährliche sein kann.

S5: Das ja.

Int: Dann kommen wir zu der nächsten Frage: Wann ist denn deiner Meinung nach eine Strahlungsart ungefährlich. Jetzt haben wir von gefährlichen Strahlungsarten....

S5: Äh Mikrowellenstrahlung ist ungefährlich, weil wirs jeden Tag benutzen. Und ja, [unverständlich].

Int: Mhm. Mikrowellenstrahlung, weil wir sie jeden Tag benutzen.

S5: Infrarotstrahlung ist auch ungefährlich. Sichtbare Licht ist auch ungefährlich. Röntgenstrahlung ist auch.

Int: Mhm. Und du meinst das diese Strahlungsarten generell ungefährlich sind. Und

S5: Es kann auch gefährlich sein.

Int: Und wann ist sie deiner Meinung nach gefährlich?

S5: Äh, wenn man sie verschmilzt.

Int: Wenn man die Strahlungsarten kombiniert? Oder wie?

S5: Ja, kombiniert, ja.

Int: Mhm, dann kommen wir zur nächsten Frage: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich?

S5: Nützlich ist Infrarotstrahlung.

Int: Mhm, und warum?

S5: Ja, weil man ja... damit kann man sehr viele Sachen tun, man kann zum Beispiel etwas feststellen. Und man kann auch zum Beispiel Hitze messen.

Int: Das heißt Infrarotstrahlung hat auch mit Wärme zu tun?

S5: Mit Wärme. Ja.

Int: Das heißt, dass wäre eine Strahlungsart, die für uns nützlich ist. Kannst du noch eine nennen, die wir selbst ...

S5: Äh, Röntgenstrahlung. Äh. Da kann man feststellen, ob dein Knochen gebrochen ist oder ob er schief, schiefer Wirbel ist.

Int: Und meinst du dass es noch etwas gibt, dass für uns nützlich ist?

S5: Mikrowellenstrahlung. Essen wärmen. Also offen, äh Ofen.

Int: Ok. Wann ist denn eine Strahlungsart für dich unnütz?

S5: Gammastrahlung, meiner Meinung nach.

Int: Mhm...okay, da hast du ja schon gesagt, weil die also schädlich ist, deswegen brauchen wir die nicht als Mensch. Und gibt es noch irgendeine Strahlungsart die du als unnütz empfindest?

S5: UV-Strahlung.

Int: Und warum?

S5: Äh weil es auch sehr schädlich ist, man kann Hautkrebs bekommen.

Int: Und gibt es noch eine Strahlungsart, die uns wirklich unnütz für den Menschen erscheint?

S5: Ich glaube sichtbare Licht. Äh. Sichtbares Licht. Ich kenne es nicht. Deswegen.

Int: Mhm. Danke. Dann habe ich schon die nächste Frage: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlung für den Menschen annehmen. Also wenn wir jetzt zum Beispiel einer bestimmten Strahlungsart länger ausgesetzt sind, was kann denn dann passieren mit uns?

S5: Äh. Hautkrebs. Äh. Organische Dinge. Und. Mehr weiß ich nicht.

Int: Ok, danke. Und wenn wir uns die Strahlungsarten für uns zu Nutzen machen, was kann man dann Nützliches damit tun, zum Beispiel? Du hast da eh schon ein paar Beispiele vorher schon genannt. Aber da ist jetzt wirklich die Frage, welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine bestimmte Strahlungsart für den Menschen annehmen. Wenn wir jetzt eine bestimmte Strahlungsart hernehmen, wie sehr kann man denn damit jetzt Gutes tun?

S5: Mikrowellenstrahlung.

Int: Also Mikrowellenstrahlung nutzen wir für uns täglich.

S5: Mhm.

Int: Ok. Würdest du dir da noch eine Strahlung dazu nehmen?

S5: Infrarotstrahlung.

Int: Ok. Und auch wieder wegen der Beispiele, die du schon genannt hast? Weil man sie in der Biologie einsetzen kann und so weiter?

S5: Ja genau.

Int: Gut. Noch 4 Fragen. Nämlich: Was bedeutet für dich gleich nützlich oder gleich unnütz? Wenn man jetzt zum Beispiel eine Strahlungsart nimmt, etwa die Röntgenstrahlung, die hast du schon einmal genannt, die ist gefährlich, aber man kann mit ihr auch Knochenbrüche feststellen: Was bedeutet für dich gleich gefährlich oder gleich ungefährlich?

S5: Es kann auch gefährlich sein, weil wenn es in die Augen kommt, dann kann man auch blind werden.

Int: Ja.

S5: Und.... Ich weiß es nicht.

Int: Ok. Dann haben wir: Wie kann man sich vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Du hast vorher schon ein paar Beispiele genannt. Da hast du mir zum Beispiel genannt, bei der Gammastrahlung, da kann sich der Mensch schützen, indem er in den Keller geht, hast du gesagt...

S5: Beton. [...] Es muss eine sehr dicke Beton sein.

Int: Ok. Sehr dick. Ok. Wie kann man sich denn noch vor den unterschiedlichen Strahlungsarten schützen?

S5: Also zum Beispiel vor Radiowellen oder... und UV-Strahlen kann man sich mit einem Blatt schützen, Papier schützen.

Int: Ok. Sehr gut. Fällt dir noch etwas ein?

S5: Nein

Int: Ok. Dann noch eine Frage. Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele und Einsatzgebiete und führe diese an. Also

wir haben ja schon gehört, dass man die Strahlungsarten auch zum Kochen und so weiter verwenden kann. Fällt dir...

S5: Also Stromkraftwerk.

Int: Mhm. Stromerzeugung.

S5: Ja. Zur Stromerzeugung.

Int: Gut. Und dann die letzte Frage: Die bezieht sich auch ein bisschen auf die Röntgenstrahlung aber auch generell auf alle Strahlungsarten. Kann eine gefährliche Strahlung durch ihre nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt auch? Oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Also...

S5: Unverändert.

Int: Ok... Das heißt, du meinst, eine Strahlungsart ist gefährlich oder auch ungefährlich, und da ändert sich nichts daran. Das ist die Strahlung an sich, da hat...

S5: Vielleicht in Zukunft.

Int: Mhm. Und was glaubst du wie das in der Zukunft, was müsste sich da ändern, damit das anders aussieht?

S5: Naja die Strahlen-Technologie.

Int: Mhm.... Ja super. Dankeschön, das war die letzte Frage.

Interview S6

Dauer des Interviews: 00^h:21^m:39^s

Int: Zur ersten Frage von gefährlich nach ungefährlich, welche Begründung führt zu deiner Anordnung? Also du hast ja angefangen mit, das Gefährlichste war die Gamma-Strahlung und ganz unten, Radio und Röntgen waren die ungefährlichsten für dich.

S6: Ja. ich habe das in der Schule gelernt, wie die Strahlungen halt aussehen. Also wie langsam, wie hoch, wie schnell die sind. Und ich habe da gesehen was gefährlich ist und was eher ungefährlich ist.

Int: Woran hast du dabei gedacht, was ist deine Begründung?

S6: Es gibt auch manche Leute, die eine Erkrankung haben durch die Strahlungen und dadurch auch sterben können.

Int: Mhm.

S6: Und manche können auch durch ein paar Strahlungen vielleicht Blindheit bekommen.

Int: Ja?

S6: Und vielleicht auch ... man wird dann dadurch behindert. Zum Beispiel, bei Gammastrahlung, man wird vielleicht, wenn man schwanger ist und man hat Gammastrahlung bei sich, kann das Baby vielleicht ... viele Beine haben, Finger.

Int: Ja genau.

S6: Und vielleicht wird's auch bisschen zum Tod führen. Vielleicht, zum Beispiel, dass das Herz außen ist statt innen.

Int: Sehr gut. Okay danke. Das heißt, von gefährlich nach ungefährlich hast du wirklich an die Gesundheit des Menschen gedacht? Und bei nützlich und unnütz da hast du begonnen, dass die Röntgen- und Infrarotstrahlung circa gleich auf sind?

S6: Ja.

Int: Und das unnützteste für dich sind UV- und Gammastrahlen. Woran hast du denn dabei gedacht?

S6: Auch die gefährlichsten können auch nützlich sein für die Menschen. Die haben so Strahlungen, bei zum Beispiel Röntgenstrahlungen, da wo man in den Körper reingucken kann. Und obwohl es auch bisschen gefährlich sein könnte, wegen die Strahlungen, könnte für viele Menschen auch gefährlich sein, wenn die auch Erkrankungen damit haben.

Int: Mhm. Das heißt, eine Nützlichkeit wäre für dich, zum Beispiel, dass man in den Körper hineinschauen kann, dass man manche Krankheiten auch feststellen kann und unnütz sind dann eben solche Strahlen wie UV- und Gammastrahlen, weil sie uns wieder schädigen sozusagen.

S6: Mhm ja.

Int: Ok gut. Dann, du hast ja hier die unterschiedlichen Strahlungsarten aufgelistet. Welche Alltagsgegenstände oder Geräte verbindest du mit der jeweiligen Strahlungsart?

S6: Mikrowellenstrahlung, Radiowellen, Infrarotstrahlung,

Int: Und die sind für dich alle nützlich oder unnütz? Oder was verbindest du mit denen?

S6: Die sind alle nützlich.

Int: Und welche Gegenstände oder Geräte nutzen denn diese Strahlungsarten? Fällt dir da was ein?

S6: Ich weiß nicht, ja beim Röntgen ... bei Mikrowelle ...

Int: Genau, die Mikrowelle wird auch verwendet.

S6: Es gibt auch beim Handy so Radiostrahlungen [...] bei der Wärmebildkamera

Int: Fällt dir vielleicht noch irgendetwas ein?

S6: Beim Scannen, zum Beispiel, wenn man zum Flughafen geht gibt es so manche Scannungen.

Int: Ja, wo man da auch so in die Koffer und so reinschauen kann.

S6: Ja.

Int: Okay, Dankeschön. Dann, wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich?

S6: Wenn es halt, wenn der Mensch beschädigt wird dadurch.

Int: Und wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit des Menschen gefährden?
Was glaubst du warum?

S6: Es könnte vielleicht den Mensch verändern, geistig und körperlich.

Int: Kannst du mir vielleicht Beispiele aus dem Alltag nennen zur Gefährlichkeit der Strahlung für den Menschen?

S6: Atomkraftwerke [...] eigentlich auch Radiowellen.

Int: Mhm, Radiowellen. Und wie schaut das da aus, also welche Geräte verwenden denn Radiowellen?

S6: So Lautstärk... Lautstärke. [...] Mir kommt jetzt nix in den Sinn mehr.

Int: Okay, das macht gar nichts. Wenn dir nichts mehr einfällt, einfach sagen. Das ist kein „Muss“. Ich lass immer ein bisschen Zeit zum Nachdenken, weil, oft fällt einem dann etwas später nochmal was ein. Die nächste Frage lautet: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich?

S6: Wenn die Strahlung nicht so hoch ist.

Int: Und was bedeutet „so hoch“? Was meinst du da?

S6: Dass man nicht so viel Strahlung rauslässt.

Int: Wie würde das aussehen meinst du? [...] Kannst du ein Alltagsbeispiel nennen, wo eine Strahlungsart eher ungefährlich ist und wir sie nutzen können?

S6: Ja also wie beim Handy, wenn man den Bildschirm öffnet, gibt's auch so eine Art Strahlung da, wenn man halt nicht so oft den Handy nimmt und immer auf den Handy schaut, bekommt man wenige Strahlungen ab.

Int: Das heißt, du meinst, dass man generell diese Geräte, die mit Strahlung arbeiten, einfach gezielter nutzt, nicht so häufig, aber dafür dann eher bewusst.

S6: Ja.

Int: Kommen wir schon zu der nächsten Frage, wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Also wie kann man denn eine Strahlungsart nützlich einsetzen? Gibt's da irgendwas? Also ich sag auch dazu, manche Sachen werden für dich so, werden sich so anhören, als würden sich die Fragen wiederholen und wiederholen, weil es doch immer irgendwie zusammenhängt, weil ich nur mit vier unterschiedlichen Wörtern arbeite, deswegen wird sich das immer wieder bisschen ähnlich anhören. Also scheu auch nicht eine Antwort doppelt zu geben, weil, es ist jetzt nicht so, dass jede Frage etwas ganz Eigenes darstellt. Genau, also wann ist eine

Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Kannst du da Beispiele aus deinem eigenen Leben nennen, oder auch aus der Technologie?

S6: Bei Röntgenstrahlung wegen dem Körper [...] auch Infrarotstrahlungen.

Int: Wozu werden die verwendet?

S6: Wenn man gerne ... man macht doch daraus eine Wärmebildkamera, ein Wärmebild, man könnte vielleicht auch Einbrecher oder so irgendwas einfangen, im Garten, wo vielleicht so Tiere herumlaufen und du möchtest wissen vielleicht was das ist, ob es kaltblütig ist oder warmblütig, dann kann man es ein bisschen zuordnen ... oder wie viele Menschen oder Tiere dort sind ... oder etwas offen gelassen wurde.

Int: Wenn man das jetzt aus medizinischer Sicht betrachtet, also Röntgenstrahlen haben wir schon gehabt, wie aber dadurch kann eine Strahlungsart noch positiv eingesetzt werden? Hast du da vielleicht Beispiele?

S6: Durch den, wegen den Gehör, ob die Trommelfell vielleicht noch funktionieren, ob es langsamer schwingt oder...bei sichtbares Licht, kann man vielleicht für den Augen benutzen, ob die Pupille sich weit öffnet oder...

Int: Das ist ganz toll, ich darf euch gar nicht loben, aber ich muss. Ich lerne von euch auch. Super, dankeschön. Kommen wir schon zu der nächsten Frage, also der Interviewleitfaden hat 13 Fragen, also wir haben jetzt noch zwei Seiten, dann sind wir durch. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnützlich? Also wenn wir jetzt die unterschiedlichen Strahlungsarten anschauen, wie wir Menschen die auch teilweise nutzen, dann gibt's halt welche, mit denen können wir nicht wirklich viel anfangen. Und wann ist das glaubst du? Gibt es eine Strahlung überhaupt, die für den Menschen unnützlich ist? Und wenn ja, welche meinst du denn, dass die unnützlich sind?

S6: Zum Beispiel bei Gammastrahlungen, man kann nicht wirklich viel daraus machen, aber es ist sehr gefährlich für uns Menschen und auch für die Umgebung. Also es ist unnützlich für uns.

Int: Das heißt, du ... die Gammastrahlung, dadurch, dass wir ja wissen, dass die doch gefährlich für uns ist und wir die ja jetzt nicht so viel unterschiedlich einsetzen können, meinst du, dass die eben eher unnütz für uns ist und auch für die Umgebung und die Natur sehr gefährlich sein kann?

S6: Ja.

Int: Okay, dankeschön. Kann eine Strahlungsart denn auch unnützlich werden? Also wenn wir eine nützliche haben, kann man die auch irgendwie unnützlich machen? Glaubst du geht das und wenn ja, wie?

S6: Ich glaube schon ... wenn man es zu oft benutzt, wird vielleicht der Körper sich verändern, weil manche Strahlungen, die wir auch verwenden, ist angeblich für den Körper schon bisschen schädlich und auch für die Natur und der Körper wird sich auch wehren ... und vielleicht wird man selbst so eine Art Krankheit bilden.

Int: Sehr gut [...] Die nächste Frage lautet, welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Beschreibe deinen Gedankengang. Wenn wir uns jetzt die verschiedenen Strahlungsarten anschauen, welche Gefahren für den Menschen fallen dir dazu jetzt ein.

S6: Wie schon gesagt, durch den Geburt wird das Baby sich vielleicht körperlich und auch geistig verändern ... bei der Natur, bei der Umgebung, man kann vielleicht bei manche schon dann nicht mehr dort wohnen, weil es ist dann zu gefährlich, wie bei Fukushima ... es könnte auch Krankheiten damit bilden ...

Int: Und da sprichst du aber eher von welcher Strahlung?

S6: Ich glaub das war so eine Atomkraftwerk.

Int: Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also wenn wir uns wieder die unterschiedlichen Strahlungsarten ansehen, welchen Nutzen der Strahlungsart für den Menschen fällt dir ein?

S6: Meinen Sie, die Strahlen oder die Dinge?

Int: Die Dinge, die für uns ... nützlich dann sind, oder halt ... ja die Nützlichkeit. Wie kann man, welchen Nutzen haben wir zum Beispiel an ...

S6: Das Röntgen, das Scannen, ... zum Beispiel bei den Mikrowellen oder Backofen gibt's auch so Strahlungen, ... es gibt eigentlich auch beim Fernsehen so Strahlungen, die man auch häufig benutzt, ... ich glaub beim Licht, bei so Lampen

Int: Das sichtbare Licht? Oder was meinst du?

S6: Ja, beim sichtbaren Licht.

Int: Die Lampen?

S6: Ja.

Int: Gut und wir sind schon bei der letzten Seite. Es sind nur mehr vier Fragen. Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten anschaust, man kann ja auch eine, da haben wir ja gerade schon bisschen darüber gesprochen, eine gefährliche Strahlungsart hernehmen, die aber dann gleichzeitig auch ungefährlich wird oder nützlich oder gleich unnütz ist, je nachdem wie man sie verwendet. Jetzt ist die Frage, Was bedeutet für dich gleich gefährlich oder gleich ungefährlich? Oder gleich nützlich und gleich unnütz? Hast du da Beispiele? Gibt es sowas überhaupt?

S6: Beim medizinischen Bereich, bei Röntgen, es könnte für uns nützlich sein, aber auch gefährlich, wenn man halt nicht, wenn der Körper sich gegen die Strahlungen wehrt, ... oder bei den Radiowellen, wenn man nicht, wenn man ein empfindliches Gehör hat, könnte die Radiowellen vielleicht das Gehör schaden.

Int: Kannst du mir denn Beispiele nennen, wie man sich vor einer Strahlungsart schützen kann? Es gibt ja unterschiedliche Möglichkeiten.

S6: Man ... es gibt da so spezielle Anzüge, mit einer Maske, ... oder einfach gar nicht dort hingehen.

Int: Oder, wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten ansiehst, wie könnte man sich denn noch vor gewissen Strahlungsarten schützen?

S6: Wenn man sie gar nicht erst, auch nicht benutzt.

Int: Das heißt, wenn man die technischen Geräte, die gewisse Strahlungen aussenden einfach weniger häufig benutzt, sozusagen. [...] Von den unterschiedlichen Strahlungsarten, die wir haben, da werden manche auch sehr positiv für die Menschen genutzt. Welche Beispiele kannst du mir denn da nennen? Wir haben das jetzt eh schon ein paar Mal besprochen, aber doch, gewisse Sachen werden von uns positiv genutzt, die möglicherweise auch in die anderen Bereiche fallen würden.

S6: Radiowellen, Röntgenstrahlungen und UV-Strahlungen.

Int: Und die letzte Frage lautet, kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Also glaubst du, wenn wir jetzt zum Beispiel eine Strahlung haben, die normalerweise sehr gefährlich wäre, wir aber nützlich verwenden, dass die Strahlungsart selber unschädlicher wird oder glaubst du, dass die Natur der Strahlungsart immer gleichbleibt?

S6: Es kommt drauf an wie viel man damit benutzt, wie viel Strahlung man ausgibt.

Int: Das heißt, es kommt drauf an, wie vielen Strahlen der Mensch ausgesetzt ist, oder so.

S6: Ja.

Int: Also meinst du, die Strahlung an sich ist entweder gefährlich oder ungefährlich, nur wie man damit umgeht, das macht sozusagen das Gift dann aus am Ende.

S6: Ja.

Interview S7

Dauer des Interviews: 00^h:34^m:04^s

Int: Ich beginne mit der ersten Frage – nämlich – wir haben ja jetzt vorher die Kärtchen aufgelegt. Es sollten die Strahlungsarten von Gefährlich nach Ungefährlich gelegt werden. Ganz oben bei Gefährlich hast du die UV-Strahlung. Mikrowellenstrahlung, Röntgenstrahlung und Gammastrahlung hast du in einer Linie nebeneinander stehen. Dann schon kommt die Grenzlinie. Infrarotstrahlung, sichtbares Licht und Gammastrahlung befinden sich wieder in einer Linie. Dann kommen bei dir die Radiowellen und dann sind wir schon bei der Ungefährlichkeit angelangt. Jetzt lautet eben meine Frage: Welche Begründung führt zu dieser Anordnung?

S7: Soll ich zuerst mit der Nützlich oder Unnütz beginnen?

Int: Von Gefährlich nach Ungefährlich und einfach nur deinen Gedankengang.

S7: Bei Mikrowellenstrahlung habe ich an die Mikrowelle gedacht und das Licht von der Mikrowelle – ich glaube, es ist schon stark. Weil, immer, wenn ich reinschaue – ich schaue manchmal in die Mikrowelle, da ist das Licht von dem sehr stark und tut meinen Augen manchmal weh und bei Gammastrahlung, da Gamma der stärkste Lichtstrahl ist, da dachte ich mir, das ist dann ur stark, weil es gibt ja auch andere Lichtstrahlen aber die sind dann nicht ganz so gefährlich und deswegen habe ich Gamma auch zu Gefährlich hingegeben. Röntgen habe ich zu Gefährlich hingegeben, weil, immer wenn ich beim Arzt bin, beim Zahnarzt oder im Spital, wenn ich meine Hand röntgen muss oder so, dann bekommt man einen Sattel drüber außer auf der Hand, damit die Strahlen nicht auf den Rest des Körpers treffen und dich beschädigen – meistens bei den Frauen, damit es nicht schädigt bei der Schwangerschaft. Radiowellen habe ich auch bei Gefährlich angeordnet – weil [...] – das habe ich einfach so hingelegt.

Int: Radiowellen hast du ganz unten bei Ungefährlich.

S7: Bei Ungefährlich habe ich die Radio? Radiowellen habe ich bei Ungefährlich hingemacht, weil, ja, ich habe Radio im Kopf gehabt und die Radiowellen, die vom Radio kommen sind jetzt nicht so gefährlich. Es ist ja, wie ich Musik höre – vom Radio und die Radiowellen und die Wellen von der Musik gleiten in mein Ohr und das ist, finde ich, nicht gefährlich.

Int: Okay! Dann haben wir einmal von Nützlich nach Unnütz sortiert. Welche Begründung führt zu dieser Anordnung? Also am Nützlichsten hast du die Infrarotstrahlung und ganz unten sind die Radiowellen, die du am wenigsten Nützlich angegeben hast.

S7: Gamma bei Nützlich habe ich, weil es das Stärkste ist und deswegen habe ich es bei Nützlich angeordnet und dann habe ich [...] was kommt dann?

Int: Dann hast du Infrarotstrahlung.

S7: Infrarot, das ist ja unser Sonnenlicht. Und ohne Sonne können wir nicht leben und ohne dem Licht, was die Sonne uns bringt, können wir halt nicht überleben und es ist nützlicher als Gamma, finde ich. Und [...] ähm...

Int: Dann hast du sichtbares Licht.

S7: Sichtbares Licht, ja, das ist eigentlich – was wir gerade sehen ist sichtbar und das ist einfach auch sehr wichtig. Es ist genau wie die Sonne, man braucht es einfach. Man braucht Licht, damit man leben kann und so.

Int: Dann hast du als nächstes Röntgenstrahlung und dann ist bei dir die Grenze. Dann geht es weiter in UV-Strahlung, Mikrowellen und Radiowellen.

S7: Ja, Röntgen ist schon nützlich, weil, wenn deine Hand kaputt ist, dann muss man ja deine Hand röntgen, damit man sieht, was mit deiner Hand los ist. Man kann sagen, es ist unnütz – weil, ich werde mir nicht jede Woche die Hand brechen – aber, wenn man die Hand gebrochen hat, ist es nützlich, dass man halt anschaut, was passiert ist.

Und dadurch braucht man ja Röntgen. Und das Licht an sich braucht man ja, um die Brüche oder was passiert ist, die Prellungen anschauen kann.

Int: Dann haben wir noch UV, Mikrowellen und Radiowellen.

S7: UV und Mikrowellen habe ich zu unnütz gegeben, weil ich habe die Mikrowelle im Kopf gehabt und diese UV und Mikrowelle – ja, ich finde Mikrowelle sowieso unnötig.

Int: Warum findest du sie unnütz?

S7: Die Mikrowelle?

Int: Ja.

S7: Weil, wenn man jetzt zum Beispiel etwas Kaltes hat und gibt es in die Mikrowelle, dann finde ich das halt ur – ich mag das einfach nicht.

Int: Wie würdest du es denn anders machen?

S7: Ich würde es dann selber kochen. Halt, wenn ich zum Beispiel, wenn ich jetzt Gemüse oder wenn ich zum Beispiel eine Pizza habe oder so, dann ist das in Ordnung – ich gebe sie in den Ofen – Pizza aus dem Lidl oder so – ich gebe sie in den Ofen und esse. Aber so, zum Beispiel jetzt Popcorn – normal auch in der Mikrowelle – aber wenn ich jetzt zum Beispiel – ähm – Essen von gestern habe und in die Mikrowelle rein gebe, das mag ich nicht. Ich gebe es in einen Topf oder so und wärme es auf. Aber selber die Mikrowelle würde ich nicht nehmen, weil es ist, finde ich, ungesund. Weil es dreht sich – ich weiß, nicht, ob es mit dem Drehen was zu tun hat aber an sich könnte ich es auch in einem Topf machen und es wäre genauso gut wie in der Mikrowelle. Nur ich habe es halt viel gesünder gemacht, weil in der Mikrowelle – das Licht von der Mikrowelle ist halt, glaube ich, nicht so gesund und wenn ich es im Topf mache, dann bekomme ich schon vom Herd Feuer oder so, was sich aufwärmt aber ich habe kein Licht, was – das Licht kommt nicht in das Essen rein – also nur Topf, Topf ist ja normal – schadet ja nicht so wie die Mikrowelle.

Int: Die nächste Frage lautet: Welche Alltagsgegenstände, Geräte, usw. verbindest du mit der jeweiligen Strahlungsart?

S7: Radiowellen verbinde ich damit, dass ich Musik höre – also wenn ich auf der Straße bin und so und eigentlich ist es das Handy – man hört ja vom Handy auch Musik und das gleitet und dann kommt es in mein Ohr. Also das verbinde ich halt damit, dass ich vom Radio auch Musik hören kann. Mikrowellenstrahlung – naja, es ist unnütz, finde ich und eigentlich verbinde ich es mit gar nichts, weil, naja [...] ich verwende auch keine Mikrowelle. Ähm...Infrarotstrahlung, das verbinde ich mit der Sonne, dass unser Licht von der Sonne kommt und das ist das Wichtigste! Weil ohne Sonne, wie gesagt, kann man ja nicht leben. Und das verbinde ich halt damit, dass die Strahlung halt sehr nützlich ist. Man bekommt auch Vitamin C dadurch und keine Ahnung. Vitamin C ist auch sehr wichtig. Sichtbares Licht ist, dass, zum Beispiel die Lampe, es bringt uns Licht und das finde ich auch wichtig, weil, wenn ich in einem dunklen Raum bin, habe ich auch ganz andere Gedanken als, wenn ich in einem hellen Raum bin. Bei dem hellen Raum kann ich ja die Gegenstände sehen und kann mir dann vorstellen, was für Gegenstände vor mir sind aber im dunklen Raum, würde ich mir denken: „Hä? Was passiert da?“ Und ich höre auf zu denken oder denk über etwas ganz anderes – obwohl ich die gleichen Gedanken haben sollte. Ähm...UV-Strahlung – was ist das nochmal?

Int: Die UV-Strahlung findet man beispielsweise im Solarium oder auch um Geldscheine zu überprüfen, ob die echt sind oder gefälscht sind.

S7: Es ist schon nützlich, aber man muss halt auf seine Augen aufpassen, glaube ich. Aber UV-Strahlungen sind schon nützlich, weil es ja beim Geld schaut, ob es richtig ist

– original ist oder gefälscht ist oder so. Es ist wichtig aber im Alltag brauche ich es jetzt nicht. Das brauchen ja nur die bestimmten Leute, die das machen. Und Gammastrahlung ist eine starke Strahlung, ich weiß nicht genau was es ist aber ich glaube, ich würde es nicht im Alltag brauchen – vermute ich. Also ich würde vielleicht auch Radiowellen bevorzugen als Gammastrahlung, ich weiß nicht. Weil Radiowellen zum Beispiel – du sitzt zu Hause zum Beispiel und strickst und hörst Radio, Musik und die Wellen kommen in dein Ohr und die Gammastrahlung verwende ich glaube ich nicht. Ich verwende eher mehr Radio als Gammastrahlen.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also wodurch, wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit eines Menschen gefährden?

S7: Ich verstehe es nicht. Nochmal.

Int: Wenn du dir die unterschiedlichen Strahlungsarten anschaust, wir haben ja hier gefährliche und ungefährliche Strahlungsarten aufgezählt, und wie oder wodurch kann eine Strahlungsart nun für den Menschen gesundheitlich eine Gefährdung darstellen?

S7: Röntgenstrahlung. Bei Röntgenstrahlung ist nützlich, weil man sieht was passiert ist mit deiner Hand. Aber gleichzeitig ist es jetzt auch so nicht – es ist nicht gesund. Weil, wenn du zum Beispiel, du sitzt auf dem Sessel und bekommst diesen Sattel aber trotzdem – es ist vielleicht sicher und alles aber man hat trotzdem das Gefühl, dass, wenn der Arzt sagt: „Pass auf!“ oder so, dann hat man halt das Gefühl „Ich habe Angst“ und so. Also ich finde halt, dass das den Körper sehr gefährdet.

Int: Und glaubst du, dass andere Strahlungsarten uns irgendwie gesundheitlich schädigen können?

S7: Äh...UV-Strahlungen. Es gibt ja auch – das Sonnenlicht ist ja wichtig und so – aber UV-Strahlung gibt es auch wo anders. Und das könnte uns vielleicht schaden, wenn es mit unseren Augen Kontakt hat oder auch körperlich könnte es uns schaden. Licht kann stark schaden. Äh, ja ahm [...]. Mikrowellenstrahlung könnte auch genauso stark schaden, wenn man zum Beispiel jetzt in der Mikrowelle, du gibst etwas rein, machst es an und so und dann machst du es auf und schaust in das Licht rein. Das schadet ja wahrscheinlich deinem Körper. Weil Körper und Mikrowellenlicht: das Mikrowellenlicht ist ja nicht das natürliche Licht von draußen und dadurch wird wahrscheinlich dein Körper denken: „Ah, das tut weh!“ und schaltet wahrscheinlich um. Radiowellen, wie gesagt, ich habe nichts gegen Radiowellen. Vielleicht ist das Wort – vielleicht hat es ja nicht die Bedeutung vom Wort aber es kann sein, dass es schadet und auch nicht aber ich glaube nicht, dass es schadet. Sichtbares Licht schadet auch nicht, weil du musst ja irgendwas sehen und dadurch schadet es dir nicht.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich? Also wie oder wodurch kann eine Strahlungsart, die Gesundheit des Menschen weniger beeinträchtigen? Wir haben ja jetzt die gefährliche Seite beobachtet und nun schauen wir den umgekehrten Fall an. Was meinst du, welche Strahlung ist ungefährlich?

S7: Ungefährlich wäre zum Beispiel beim sichtbaren Licht, wie gesagt. Das ist das Licht, was man halt sieht. Also man muss ja irgendwas sehen. Ähm...bei Radiowellen würde ich auch nichts dagegen haben, weil das ja auch, das Geräusch es kommt in deine Ohren und das finde ich nicht gefährlich. Infrarotstrahlung kann ich nicht

gefährlich finden und gleichzeitig auch ungefährlich – dadurch dass das Sonnenlicht ja nicht so gefährlich ist. Aber trotzdem aufpassen könnte man schon, weil man dadurch eine Krankheit bekommen kann, wenn man in der Sonne ohne Creme ist – also Sonnencreme. Aber Sonnenlicht an sich ist eh gut, aber Infrarotstrahlung gibt's ja auch in künstlichen Sachen – also das gibt es auch künstlich und dann finde ich es nicht gut! Also das ist meine Sicht. Es könnte auch sein, dass die Infrarotstrahlung einer Krankheit hilft also entgegenwirkt. Aber meine Sichtweise ist halt, dass ist trotzdem nicht das beste – da würde ich eher das Sonnenlicht nehmen. Ahm sichtbares Licht ist wie gesagt gut. UV-Strahlung ist etwas Starkes, oder?

Int: Alle Strahlungsarten haben eine bestimmte Energiezusammensetzung. Die UV-Strahlung kommt auch in manchen Lokalen zum Einsatz (dieses Blaulicht) damit fluoreszierende Farben beispielsweise zum Leuchten beginnen. Zum Beispiel können dadurch unsere Marker und diverse Leuchtfarben im UV-Licht dann leuchten. Das sind diese bunten Neonfarben zum Beispiel.

S7: Ah diese Textmarker!

Int: Genau! Wenn man diese Farben im dunklen Raum mit UV-Licht anleuchtet, beginnen diese Farben zu leuchten.

S7: UV-Strahlung ist nicht gut finde ich! Weil das ist sowas wie mit dem Laserpointer! Das finde ich gar nicht gut! Gar nicht! Aber das ist ja nicht die Frage! Wir sind ja bei UV-Strahlung. UV-Strahlung ist gefährlich. Und Röntgenstrahlung ist auch gefährlich. Gammastrahlung genauso stark gefährlich. Bei diesen Laserpointer...es gab immer so Schüler, die das lustig gefunden haben und das Licht anderen ins Auge geleuchtet

haben und meine Lehrerin hat dann gesagt: „Hört auf damit! Das ist nicht gut für das Auge! Diese Strahlung ist generell nicht gut!“ Und es gibt sogar UV-Strahlung, glaube ich, die eine Krankheit bringen könnte, wenn man es übertreibt. Weil wenn ich zum Beispiel so einen Laserpointer habe und das eine ur starke UV-Strahlung hat und damit ins Auge treffe, dann könnte es sein, dass das Auge schwach wird und dass etwas passiert mit dem Auge, das könnte wirklich sein. Wenn das Auge schon schwach genug ist und dann kommt noch so ein Licht rein, dann ist es glaube ich, dann wird es noch schlimmer. Es gibt sicher dann auch Geräte, was man ins Auge mit Licht bestrahlt. Aber ich finde – wahrscheinlich ist es nicht schlimm aber es könnte auch sein, dass ein Teil schlimm ist aber es ist halt nicht so gesundheitsschädigend. Könnte sein, dass es schlimm ist aber nicht gleich gesundheitsschädlich.

Int: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich? Wie oder wodurch kann eine Strahlungsart positiv eingesetzt werden oder nützlich eingesetzt werden? Woran machst du das fest?

S7: Äh...bei Radiowellen ist es nützlich, weil ohne Musik kann man halt nicht leben. Es ist einfach so. Das finde ich also nützlich. Und ja...Mikrowellenstrahlung könnte auch für manche Menschen nützlich sein und für andere Menschen unnütz. Aber bei Mikrowellenstrahlung finde ich es nützlich.

Int: Mhm...das heißt die Mikrowellenstrahlung kann man nützlich einsetzen?

S7: Kann man aber es ist – nützlich kann man es einsetzen aber ob es gesund ist oder nicht gesund ist, das ist – entscheidet halt die Person selber.

Int: Und wie könnte man diese Strahlung nützlich einsetzen?

S7: Zum Beispiel wenn man Popcorn machen möchte oder zum Beispiel trockene Sachen, die man aufwärmen will, dass man dann eben Popcorn hat. Maiskörner, das kann man ja noch machen in der Mikrowelle. Aber zum Beispiel habe ich heute Reis mit Fleisch und das will ich jetzt aufwärmen in der Mikrowelle. Das finde ich dann nicht gut. Weil das Licht was auf das Fleisch und auf den Reis kommt, das ist, finde ich einfach so ungesund! In meinem Kopf ist es ungesund. Da nehme ich lieber einen Topf und gebe den Reis und das Fleisch rein und gebe den Deckel drauf und nach fünf Minuten auf dem Herd, ist es genauso schnell wie in der Mikrowelle und nach fünf Minuten hast du genauso warmes Essen, wie in der Mikrowelle, nur das Licht in der Mikrowelle kommt auf das Essen und im Topf kommt es nicht auf das Essen. Bei Infrarotstrahlung – ich finde es nützlich. Wegen der Sonne natürlich und es könnte ja auch sein, dass es andere Krankheiten heilt. Das kann ja alles sein. Also eine Strahlung muss ja nicht so schädlich sein und Infrarotstrahlung kann auch genauso schädlich sein aber auch nützlich! Sichtbares Licht ist natürlich nützlich. Weil, das was ich gerade sehe, ist sichtbares Licht. Ich kann es ja nicht anfassen. Und ich sehe es ja, es ist schon nützlich. UV-Strahlung ist äh...kann man wie Infrarotstrahlung einschätzen. Also kann genauso wie Infrarotstrahlung sein. UV-Strahlung könnte auch anderen Menschen helfen bei anderen Krankheiten? Und könnte aber genauso machen, dass man blind wird – glaube ich. Man kann auch blind werden, wenn man es übertreibt. Dein Auge ist zum Beispiel sehr schwach und diese Strahlung kommt direkt in dein Auge und man kann dadurch blind werden. Ich habe das mal gehört, aber ich weiß nicht, ob das stimmt. Also UV und Infrarot ist auf der gleichen ähm...Ebene. Damit kann man helfen, kann also nützlich sein und gefährlich. Röntgenstrahlung ist nützlich, aber gleichzeitig auch – schadet es auch!

Int: Und wozu wird sie positiv eingesetzt die Röntgenstrahlung?

S7: Äh...Röntgenstrahlung zum Beispiel du hast deinen Fuß gebrochen und sie wollen schauen, was mit deinem Fuß passiert ist. Dann tun sie halt diesen Sattel auf dich setzen und dann gehen sie mit so einem Lichtgerät auf deinen Knöchel oder genau wo die Stelle halt kaputt ist und röntgen es und schauen was passiert ist. Es ist nützlich, aber man muss halt schauen, dass man diesen Sattel da hat. Also es ist nützlich. Gammastrahlung...ähm...[...].

Int: Wenn du kein Beispiel hast, macht das auch nichts.

S7: Nützlich und gefährlich.

Int: Also du meinst es ist beides?

S7: Gamma ist ja, Alpha, Beta, Gamma – ist ja das dritte. Und ja, ich kann mit Gammastrahlung nicht viel anfangen...deswegen.

Int: Jetzt kommt die gleiche Frage nochmal nur mit dem Begriff unnütz. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Gibt es Strahlungsarten, die für den Menschen unnütz sind? Wenn ja, nenne mir die Strahlungsarten, die deiner Meinung nach keinen Nutzen für den Menschen haben.

S7: Also was von den Beispielen her eher unnütz sind?

Int: Da wo du sagst, die Strahlung hat eher keinen Nutzen für den Menschen im Alltag oder auch gesundheitlich.

S7: An und für sich ist glaube ich alles hier nützlich. Aber, was ich jetzt unnütz hier einschätzen würde ist die Mikrowellenstrahlung, weil wie gesagt, das Essen kann man auch anders machen. Kann man auch auf dem Herd machen, muss man nicht dafür die Mikrowelle verwenden. Und bei der Infrarotstrahlung – nein Infrarotstrahlung ist wichtig, da ist es egal, ob es – ähm – Infrarotstrahlung finde ich sehr wichtig. Sichtbares Licht ist auch wichtig. UV-Strahlung ist – naja, man kann auch nützlich sagen und unnütz. Weil UV-Strahlung brauchst du ja nicht jede Sekunde – brauchst du gar nicht eigentlich. Und ja, Röntgenstrahlung ist sicher nützlich, aber gleichzeitig naja – ohja, Röntgenstrahlung ist nützlich. Ohne diese Strahlung von dem Röntgen könnte man ja nicht sehen was passiert ist. Gammastrahlung ist unnütz, glaube ich. Bei solchen Radiowellen und so, finde ich auch sehr nützlich, weil dadurch hörst du ja auch was, dadurch, dass die Wellen in dein Ohr gleiten. Finde ich nützlich.

Int: Dann kommen wir schon zur nächsten Frage: Welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also wie kann uns denn eine Strahlung gefährden? Wie macht sich das bemerkbar? Was kann denn da passieren?

S7: Bei Radiowellen könnte es dich glaube ich nicht gefährden. Bei Mikrowellenstrahlung, wie gesagt, du machst, du willst etwas aufwärmen – Popcorn. Du gibst es in die Mikrowelle, es ist fertig, du gibst es raus und schaust dann direkt ins Licht.

Int: Das heißt hier schädigt das Licht das Auge?

S7: Ja genau! Dann denkt sich das Auge, es ist kein Naturlicht, weder Sonnenlicht noch ein sichtbares Licht und dem Auge wird wahrscheinlich irgendwas passieren. Bei der Infrarotstrahlung ist es so, wenn du – naja, wenn du in die Sonne schaust? Nein.

Int: Glaubst du, dass uns irgendwas gesundheitlich gefährden kann?

S7: Ja, Röntgenstrahlung, Infrarotstrahlung, UV-Strahlung und Mikrowellenstrahlung. Aber die Mikrowellenstrahlung kann man hier aufzählen, muss man aber nicht. Aber was ich fix bei den gefährlichen Sachen dazuzähle ist die Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Infrarotstrahlung.

Int: Die sind ganz sicher gefährlich sagst du?

S7: Ja! Sage ich, ja!

Int: Und wie kann sich das auf den Menschen auswirken? Was glaubst du, was können wir davon bekommen? Welches Krankheitsbild? Hast du da Beispiele?

S7: Bei UV-Strahlung könnte dein Auge blind werden. Bei Infrarotstrahlung kannst du Krebs bekommen. Bei Röntgenstrahlung könnten bei einer Frau Probleme bei der Schwangerschaft auftreten. Und es könnte sogar sein, dass man bei Röntgenstrahlung auch vielleicht eine Krankheit bekommen könnte durch das Licht. Bei UV-Strahlung – also wenn man das direkt ins Auge bekommt, könnte man blind werden. Infrarotstrahlung – man könnte sogar Krebs bekommen.

Int: Die nächste Frage lautet: Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also wenn man jetzt die Strahlungsarten alle anschaut, jetzt haben wir uns angeschaut, welche Krankheiten oder was könnte die Strahlung mit uns anrichten im Falle, wenn es uns erkranken würde. Und nun sehen wir uns an, wie die Strahlung für den Menschen positiv genutzt werden kann.

S7: Bei den Radiowellen Musik hören. Mikrowellenstrahlung würde ich nichts dazu sagen. Infrarotstrahlung könnte einer Krankheit helfen, könnte also gegen eine Krankheit hilfreich sein. Für sichtbares Licht – [...] nichts. UV-Strahlung...mhm...auch nichts. Röntgenstrahlung ist schon gefährlich.

Int: Und hat es auch einen Nutzen?

S7: Ah...Röntgenstrahlung könnte gegen Brüche oder was halt passiert ist helfen. Halt man schaut halt, was passiert ist mit deinem Körper. Und Gammastrahlung wüsste ich auch nichts.

Int: Kommen wir zur Frage 10. Wir haben auch schon ein wenig darüber gesprochen und ich habe es von dir schon gehört. Was bedeutet für dich gleich gefährlich oder gleich ungefährlich – also es ist sowohl gefährlich als auch ungefährlich oder gleich nützlich oder unnützlich? Was bedeutet das für dich?

S7: Äh...zu diesem Beispiel...gleich gefährlich und gleich ungefährlich: Zum Beispiel bei den Radiowellen ist es schon – es ist nicht gefährlich. Mikrowellenstrahlung ist gefährlich aber gleichzeitig auch ungefährlich, weil, man muss ja nicht in die Mikrowelle

schauen. Außer man ist schlau und schaut in die Mikrowelle. Aber es ist jetzt nicht so gefährlich. Es ist gefährlich, wenn man reinschaut, aber es ist auch ungefährlich, wenn man nicht reinschaut. Infrarotstrahlung, wenn man zum Beispiel jetzt – man muss ja – ähnlich wie bei der Mikrowellenstrahlung, weil, man muss ja nicht irgendwo reinschauen, wo es gefährlich ist oder wo man sich denkt „Ja, dieses Licht ist stark!“. Man muss dem Licht ja nicht nahe kommen. Sichtbares Licht ist auch genauso. Aber beim sichtbarem Licht finde ich, ist es gar nicht gefährlich. Also weder noch. Äh...bei UV-Strahlung, da finde ich gefährlich aber gleichzeitig auch ungefährlich. Weil zum Beispiel ein Lehrer könnte ja auch auf eine Wand mit dem Laserpointer zeigen. Es ist dann nicht gefährlich. Aber wenn so ein Lustiger kommt und auf dich dann zeigt, das ist dann gefährlich. Aber von dieser Sicht her vom Lehrer wäre es nicht gefährlich, vom Schüler her schon. Weil, ein kleines Kind ist halt zu dumm und dann ist es gefährlich.

Int: Das heißt, ich höre da ein bisschen so raus, wenn ich die Strahlungsart für mich richtig anwende, dann ist sie ungefährlich.

S7: Genau!

Int: Wenn ich aber mit der jeweiligen Strahlungsart falsch umgehe, kann ich auch sehr viel schädigen?

S7: Genau!

Int: Das heißt, es kommt echt darauf an, deiner Meinung nach, was möchte ich damit machen und wie gehe ich damit um?

S7: Ja! Infrarotstrahlung kann man nicht – man kann ja mit dem Laserpointer, wenn ich einen ur starken Laserpointer kaufe und ich zeige auf irgendeine Schülerin damit und ziele auf ihre Augen, das schadet dann den Augen. Aber gleichzeitig kauft das ein Lehrer – diese Infrarotstrahlung mit der gleichen Stärke von dieser Strahlung und kommt und möchte halt auf die Wand zeigen. Zum Beispiel er liest dort einen Text und er hat kein Lineal dabei und zeigt dann eben damit auf die Wand. Das schadet ja keinem. Er möchte ja nur zeigen, wo man hinsehen soll. Das sind dann keine Augen. Also zum Beispiel der Lehrer macht das dann nützlich. Aber als Schülerin oder halt als kleines Kind würde ich nicht sowas halten, weil man weiß dann nicht, ist das gut oder schlecht. Man denkt sich so: „Ja, Licht, Licht, Licht!“ und aus. Aber Licht ist ja nicht wie von der Sonne – Infrarotstrahlung ist ja nicht jetzt – ist schon die Sonne, aber Laserpointer ist ja anders als die Sonne. Ich meine – das eine ist künstlich und das andere Natur. Man muss halt schauen, wie man es verwendet und wo man es verwendet. Weil, wenn ich zum Beispiel mit einem Licht auf deinen Körper zeige, ja okay mit einem Laserpointer so auf deinem T-Shirt hinzuzeigen, ist ja nicht schlimm. Aber wenn man es direkt diesen Lichtstrahl ins Auge trifft, dann ist das kein Spaß mehr. Das ist gar kein Spaß mehr. Danach hatte man uns die Laserpointer genommen...in der Mittelschule. Weil immer solche lustigen Kinder da waren, die sich dachten so: „Hahaha, Licht!“ und dann in der Stunde ein bisschen stören und so. Aber das hat mir dann ur weh getan in den Augen. Meine Augen haben ur weh getan. Dann hat die Lehrerin gesagt: „Weg damit!“.

Int: Wir haben noch drei Fragen. Was meinst du, wie kann man sich denn vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Kannst du mir da ein paar Beispiele nennen? Wir haben ja besprochen, dass es Strahlungsarten gibt, die gefährlich sein können für uns. Und wie kann man sich vor denen schützen? Was meinst du?

S7: Beim Röntgen zum Beispiel mit dem Sattel, Infrarotstrahlung mit Sonnencreme. Sichtbare Licht – da braucht man gar nichts. Da hilft die Kleidung aber ohne Kleidung wird es auch nicht schaden, glaube ich. Radiowellen, da braucht man auch nichts. UV-Strahlung – muss man seine Augen schützen.

Int: Wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Nutzt du selbst bestimmte Strahlungsarten für dich?

S7: Ja, die Radiowellen. Nicht vom Radio aber vom Handy – ich weiß nicht, ob das dasselbe ist, aber ich nutze es täglich, wenn ich es vom Handy her sehe. Mikrowellenstrahlung nutze ich gar nicht. Infrarotstrahlung nutze ich immer – die Sonne! Sichtbares Licht nutze ich immer – ist ja unser Licht. UV-Strahlung nutze ich gar nicht, glaube ich. Röntgenstrahlung, nur, wenn ich etwas gebrochen habe. Gammastrahlung nutze ich auch nicht.

Int: Die letzte Frage: Kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Das bedeutet, wenn man jetzt eine gefährliche Strahlung hernimmt und wir haben aber eine nützliche Anwendung für den Menschen dafür, hebt sich das dann auf, dass die Strahlung nicht mehr ganz so gefährlich ist oder bleibt die Strahlungsart immer gleich gefährlich?

S7: Na es hebt sich auf! Weil, bei der Infrarotstrahlung es ist gefährlich, aber es kann sich auch nützlich erweisen, weil man Krankheiten heilen kann. Das hebt sich dann schon auf! Und wie gesagt, es kommt von Person zu Person darauf an, wie sie das

verwendet. Also Infrarotstrahlung kann sehr nützlich sein und kann gleichzeitig aber auch gefährlich sein. Bei Röntgenstrahlung ist es ja sehr nützlich, weil es hilft, zu sehen was mit deinem Arm passiert ist. Aber es kann auch gefährlich sein. Bei UV-Strahlung bleibt es unverändert nach meiner Sicht. Bei Radiowellen ist es auch gleich – es ist nützlich. Bei Mikrowellenstrahlung bleibt es auch gleich.

Int: Dankeschön!

Interview S8

Dauer des Interviews: 00^h:14^m:04^s

Int: Du hast ja gerade, ich gebe dir den Zettel noch einmal, damit du die Einteilung vor Augen hast, die unterschiedlichen Strahlungsarten nach gefährlich und ungefährlich eingeteilt. Welche Begründung führt zu deiner Anordnung. Was hast du dabei im Hinterkopf gehabt?

S8: Ich habe hauptsächlich nach so Sachen, die man in den Nachrichten hört, also zum Beispiel Gammastrahlung, das ist die Atomkraft, führt ja manchmal, also meistens halt zu irgendwelchen Katastrophen aber es ist halt trotzdem auch für Energie und so wichtig. Und zum Beispiel Röntgenstrahlung bin ich halt danach gegangen, dass man das bei Ärzten halt benutzt, aber ich weiß auch, dass man da glaub ich auch vorsichtig sein muss und ja, solche Sachen halt. Und auch eigentlich so vom Gefühl her hauptsächlich.

Int: Ok. Das heißt, du hast das eher eingeteilt, eine Anordnung von gefährlich nach ungefährlich in Bezug auf Gesundheit des Menschen und der Umwelt sozusagen, also wie sich das auf uns selbst auswirken könnte.

S8: Genau.

Int: Ok. Dann haben wir auch nochmal die gleiche Anordnung gemacht nur diesmal von nützlich nach unnütz. Welche Begründung führt zu dieser Anordnung?

S8: Also wie gesagt also zum Beispiel bei der Röntgenstrahlung, da weiß ich dass das oft in der Medizin benutzt wird, aber auch solche Sachen wie zum Beispiel das Licht, weil ja Licht so überall, also ohne Licht könnte man ja sozusagen nichts sehen also ist es eigentlich sehr wichtig.

Int: Mhm.

S8: Und Sachen, mit denen ich mich nicht so gut auskenne, habe ich mehr nach unnütz getan.

Int: Mhm, ok, danke. Insgesamt hat der Fragebogen 13 Fragen. Ein paar Fragen werden sich für dich immer wiederholen und immer wieder gleich anhören. da ist die Frage immer nur ein klein Wenig anders. Das heißt jetzt nicht per se, dass ich nach einer neuen Antwort suche, sondern einfach weil immer Kleinigkeiten anders sind, ob es dadurch zu Abweichungen kommt. Die nächste Frage lautet: Welche Alltagsgegenstände oder Geräte verbindest du mit den jeweiligen Strahlungsarten?

S8: Also Mikrowellenstrahlung, die Mikrowelle, Radiowellen das Radio, Infrarotstrahlung kann ich jetzt eigentlich grad nicht so richtig etwas vorstellen. Also vielleicht, ich habe das mal gehört, aber ich bin mir nicht so ganz sicher, bei der Fernbedienung vorne dieses Ding. Sichtbares Ding halt so Lampen und so was. UV-Strahlung jetzt eigentlich auch nicht so viel kann ich mir darunter vorstellen. Bei Röntgen halt beim Arzt diese Röhre, und Gammastrahlung halt Atomkraft.

Int: Mhm. Sehr gut. Danke. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach gefährlich? Also wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit eines Menschen gefährden und wann ist das der Fall? Was glaubst du?

S8: Also ich glaube das ist so, sobald man mehrere Fälle davon gehört hat. Also wenn jetzt eine Person davon betroffen ist dann wurde ich das jetzt nicht als gefährlich einstufen, weil, es könnte auch einfach sein dass es einfach die Person individuell

nicht verträgt. Aber so halt wenn man öfter hört, dass irgendwas halt schiefgegangen ist, dann würde ich das schon als gefährlich einstufen.

Int: Das heißt, du machst das fest daran, wenn man jetzt zum Beispiel hören würde, mehrere Menschen sind mittlerweile schon von einer Krankheit betroffen, die eine gewisse Strahlung hervorgerufen hat, dann würdest du sie als gefährlich einstufen.

S8: Mhm.

Int: Ok. Gut. Dann kommen wir schon zur nächsten Frage: Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach ungefährlich. Also wie oder wodurch kann eine Strahlungsart die Gesundheit des Menschen nicht beeinflussen, das heißt, wann beeinträchtigt sie uns nicht?

S8: Äh also ich denke sobald sie uns auch hilft und dass auch halt wenige, dass es halt auch nachgewiesen ist, dass sie auch wirklich gar keine Schäden in uns hervorrufen.

Int: Das heißt du verlässt dich auf die Wissenschaftliche Perspektive. Wenn es die Wissenschaft soweit untersucht hat, dass man weiß, es ist keine Gefahr für uns, erst dann würdest du sie selbst auch dahingehend einstufen.

S8: Ja.

Int: Ok. Dann sind wir schon bei der nächsten Frage. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach nützlich. Kannst du mir Beispiele nennen, wodurch Strahlungsarten positiv eingesetzt werden können?

S8: Ja. Also wenn sie halt auch wirklich einen guten Nutzen haben. Ich würde jetzt zum Beispiel solche Sachen wie Gammastrahlung oder Atombomben nicht als nützlich einstufen. Ja.

Int: Fallen dir Beispiele ein, wo man die Strahlen nützlich für uns verwenden, also wirklich für Menschen positiv nutzen kann?

S8: Ach so ja, also sichtbares Licht halt, damit man etwas sieht, Röntgenstrahlung, also beim Arzt.

Int: Jetzt merkst du, es kommen manche Fragen doppelt, nur ein bisschen anders formuliert.

S8: Ja, und sonst ...

Int: Das heißt, du hast sichtbares Licht, Röntgenstrahlung und ... genau das war's, die beiden. (blättert um) Das haben wir schon [...] Jetzt kommt eine Frage, die wir schon mal gehört haben. Wann ist eine Strahlungsart deiner Meinung nach unnütz? Also wirklich, wann hat sie keinerlei Nutzen für uns Menschen?

S8: Wenn sie gefährlich ist. Und wenn man daraus, zum Beispiel, Waffen macht oder sowas halt.

Int: Das ist eine interessante Antwort. [...] Gut, dann die nächste, welches Ausmaß kann die Gefährlichkeit einer Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also was ... wie merkt der Mensch das, dass diese Strahlung jetzt gar nicht gesund für einen war. Wie kann sich das bemerkbar machen?

S8: Also, ich habe gehört, ich weiß nicht ob das stimmt, dass man bei der Gammastrahlung, dass einem schlecht wird und, dass man bisschen Kopfschmerzen bekommt. Aber sonst wüsste ich jetzt eigentlich auch nichts.

Int: Langzeitfolgen, kennst du da vielleicht welche? Wenn man einer Strahlungsart längere Zeit ausgesetzt wird? Was kann da passieren?

S8: Ja also, ich glaube Krebs, dass sowas dabei ist und ich glaube auch solche Sachen wie Schlaganfälle.

Int: Jetzt machen wir das Ganze umgekehrt. Welches Ausmaß an Nützlichkeit kann eine Strahlungsart für den Menschen annehmen? Also man kann die Strahlung auch

für die Gesundheit des Menschen nutzen, kannst du mir da vielleicht ein paar Beispiele nennen?

S8: Also Röntgenstrahlung und ... also ich habe mal irgendwo gelesen, ich bin mir nicht sicher ob das halt wirklich so die Wahrheit ist, aber dass man Gammastrahlung halt auch ... wenn man halt in ganz geringen Maßen, dass man es auch irgendwie ... ich glaub auch gegen Krebs oder irgendwas einsetzen kann.

Int: Das heißt, geringe Dosen sozusagen?

S8: Ja.

Int: Jetzt kommt eine sehr wichtige Frage. Was bedeutet für dich gleich gefährlich, gleich ungefährlich und gleich nützlich, gleich unnütz? Zum Beispiel, von der Röntgenstrahlung haben wir jetzt gehört, die kann uns helfen, kann aber auch gefährlich sein. Was bedeutet das, also was bedeutet für dich das? Kannst du mir Strahlungsarten nennen, die für den Menschen im gleichen Maße gefährlich und ungefährlich sind oder auch nützlich und unnütz? Also zur gleichen Zeit. Welche Strahlungsarten wären das für dich?

S8: Also Röntgenstrahlung und dann, wenn das stimmt, halt die Gammastrahlung auch ... ich glaub, UV-Strahlung auch und ja.

Int: Ok, danke. Dann kommen wir zur nächsten Frage. Wie kann man sich denn vor der jeweiligen Strahlungsart schützen? Also, die gewissen Strahlungsarten können uns ja ... treffen und so weiter und auch krank machen, haben wir gehört oder manche auch bisschen weniger Anzeichen. Jetzt ist halt die Frage, kann man sich vor diesen Strahlungsarten denn schützen und wenn ja, wie?

S8: Also UV-Strahlung ist ja, zum Beispiel, Sonnencreme, ... bei Gammastrahlung kann man sich so einen Anzug anziehen ...

Int: Mhm, Schutzanzug, genau.

S6: Ja und bei Röntgenstrahlung ist es ... ich glaub, da ... ich weiß nicht genau, wie man das macht. Keine Ahnung.

Int: Kannst du dich vielleicht erinnern, beim Arzt, wenn man ein Röntgen macht, dann tut man ja auch ...

S8: Also man muss Metalle ausziehen, ich glaub weil's magnetisch ist und der Arzt geht immer raus. Aber sonst ... ist eigentlich nie was gewesen.

Int: So, dann haben wir noch die letzten zwei Fragen. Nämlich einmal, wie kann man die jeweilige Strahlungsart positiv nutzen? Finde unterschiedliche Beispiele oder Einsatzbereiche! Also, welche Strahlungsarten nutzt du, zum Beispiel, für dich selbst? Oder kennst du auch Institutionen, die gewisse Strahlungsarten verwenden?

S8: Also, ich weiß jetzt nicht ob das stimmt, oder wo/wie ich das einschätze, aber wenn Mikrowellenstrahlung in der Mikrowelle ist, dann nutze ich das eigentlich oft, Radiowellen auch. Infrarotstrahlung denke ich dann auch, da bin ich mir jetzt nicht ganz sicher. Licht – ja, ... und ja, ich denke ich bin durch.

Int: Was glaubst du, wie du Infrarot nutzt? Also was, wie nutzt du das?

S8: Also ich glaube, dass es halt, so, zum Beispiel, im Fernseher ist und in der Fernbedienung und in solchen elektrischen Sachen, die ich benutze.

Int: Jetzt die letzte Frage lautet, kann eine gefährliche Strahlung durch nützliche Anwendung ungefährlicher werden und umgekehrt oder bleibt die Natur der Strahlungsart unverändert? Also, einfach wie das Beispiel Röntgenstrahlung, einerseits ist es gefährlich, andererseits nützlich, weil wir in unseren Körper reinschauen können. Jetzt ist halt die Frage, ist es für dich so, dass dann die Gefährlichkeit abnimmt, weil der Nutzen überwiegt, oder sagst du, die Strahlung ist nach wie vor gefährlich und für mich ist sie gefährlich?

S8: Ja, also das würde ich sagen. Ich würde sagen, nur weil sie nützlich ist, heißt das nicht gleich, dass sie ungefährlich ist, weil, zum Beispiel, halt eben bei der

Röntgenstrahlung ... ich glaub es wär jetzt auch nicht so gesund, wenn man sich jeden Tag röntgen lässt und ich habe auch gehört, meine Mutter hat mir das erzählt, dass früher, als es gerade herausgefunden war, haben irgendwie reichere Leute auch die ganze Zeit Partys damit gemacht und dann sind die auch alle, also haben auch alle Krebs bekommen und so. Ich denke, es ist trotzdem noch gefährlich.