



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Schülerzeichnungen zum Thema Strahlung in verschiedenen Schultypen der Sekundarstufe“

verfasst von / submitted by

Nina Sturmlechner

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 190 423 412

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

Lehramtsstudium UF Chemie UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor

Mag. Dr. Thomas Plotz



FÜR MEINEN VATER



## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

---

Datum

---

Nina Sturmlechner



## Vorwort

Jede Abschlussarbeit benötigt Zeit. Es ist ein weiter Weg vom ersten Gedanken, über die Planung und Umsetzung des Forschungsvorhabens bis hin zur Verschriftlichung. Ich habe auf meinem Weg viel Unterstützung von allen Seiten bekommen und daher möchte ich mich an dieser Stelle bei allen bedanken. An erster Stelle möchte ich meinem Mitbetreuer Dr. Plotz danken. Er hat mich so lange Zeit begleitet und war immer geduldig mit mir. Ich konnte mich jederzeit an ihn wenden und ich habe so viele wertvolle Impulse und Verbesserungsvorschläge von ihm bekommen. Ohne ihn hätte es diese Arbeit nie gegeben. Natürlich danke ich auch meinem Betreuer Prof. Dr. Hopf, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit zu schreiben. Besonders möchte ich mich auch bei meiner Familie bedanken. Mein geliebter mittlerweile verstorbener Vater Rudolf hat immer an mich geglaubt und war so stolz auf mich, es ist unbeschreiblich traurig, dass er den Abschluss der Arbeit nicht mehr miterleben darf. Selbiges gilt auch für meine wunderbaren Großeltern. Natürlich möchte ich auch meine Mutter Ursula hervorheben, die allerbeste Mutter der Welt, die immer für mich da ist, die mich im täglichen Leben so sehr unterstützt und mir viel Arbeit abnimmt. Besonderer Dank gilt auch meinem Partner Michael Oysmüller, der die Höhen und Tiefen dieser Zeit geduldig miterlebt hat und immer für mich da war, sowie meinem lieben Freund Simon Tischhart, der mir sehr geholfen hat und auf den ich mich immer verlassen kann. Des Weiteren möchte ich meinen Freundinnen und Freunden danken, dass sie immer ein offenes Ohr für meine Probleme hatten und mich immer zum Weitermachen ermutigt haben. Namentlich hervorheben möchte ich Christina und Gottfried Fahrafellner, Meliha und Siegfried Tischhart, Sophie und Manuel Aichberger, Gabi und Manfred Aichberger, Astrid Findl, Julia und Michael Bergmann, Arnold Labenbacher, sowie Pater Gottfried Steinböck. Ich möchte auch meine vierbeinigen Unterstützerinnen und Unterstützer nicht vergessen, die mich bei unseren Spaziergängen immer auf andere Gedanken gebracht haben, sodass ich danach wieder erfrischt und mit neuer Motivation weiterarbeiten konnte: meine langjährige treue Begleiterin Chiara, sowie Nada, Lucky, Aro und Blago. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei allen, die mich bei der Durchführung des Forschungsvorhabens unterstützt haben. In diesem Zusammenhang sind einerseits meine Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner in den Schulen zu erwähnen, besonders Frau Mag.<sup>a</sup> Hauff-Achleitner, Frau Mag.<sup>a</sup> Aichberger und Herr Mag. Schönbrunner und andererseits die vielen Schülerinnen und Schüler, die so bereitwillig mitgemacht haben.



## Abstract

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erforschung von Schülervorstellungen zu Strahlung, IR-Strahlung und UV-Strahlung. Dabei wurde die Forschungsmethode angewendet Schülerinnen und Schüler, die bereits naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten haben, Zeichnungen zum Thema anfertigen zu lassen. Ergänzend wurden im Anschluss jeweils mit ausgewählten Schülerinnen und Schülern Interviews geführt. Während der Interviews sollten von den Probandinnen und Probanden Lupenbilder angefertigt werden, um zu erfahren, wie sie sich die innere Struktur von Strahlung vorstellen. Dieses Forschungsdesign wurde erstmals in der Altersklasse der 14- bis 19-Jährigen durchgeführt. Das Ziel dieser Arbeit war einerseits weitere Daten zu Schülervorstellungen zu lukrieren und andererseits sollte evaluiert werden, ob die Methode der Schülerzeichnungen in dieser Altersklasse eine adäquate Technik ist. Bei der Analyse der Ergebnisse wurde besonderer Fokus darauf gelegt, ob sich alters- oder schulspezifische Unterschiede zeigten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich viele Ergebnisse mit den Befunden anderer Studien decken. Ein interessanter Unterschied besteht darin, dass die Schülerinnen und Schüler der vorliegenden Untersuchung die Strahlungsarten in Verbindung bringen wollten. Erwähnenswert ist auch, dass sich kaum Veränderungen der Ergebnisse bezogen auf das Alter und den Schultyp zeigten. Auch wenn die angewendete Forschungsmethode Schwächen hat, kann die Vorgehensweise insgesamt als zielführend bezeichnet werden.

Hervorgehoben werden soll auch, dass die meisten Schülerinnen und Schüler den Unterricht als wichtigste Informationsquelle angeben. Dies könnte von Lehrkräften als Anlass genommen werden, verstärkt im Unterricht das bereits vorhandene Wissen bezüglich Schülervorstellungen zu integrieren und entsprechend zu intervenieren.

The present work is focussed on the investigation of students' ideas about radiation, IR radiation and UV radiation. The research method of having drawings made on the topic was applied to pupils who have already received science lessons. In addition, interviews were conducted with selected students. During the interviews, magnifying glass pictures were to be made of the test persons to find out how they imagine the inner structure of radiation. This research design was carried out for the first time in the age group of 14 to 19-year-olds. The aim of this work was on the one hand to obtain further data on pupils' perceptions and on the other hand to evaluate whether the method of pupils' drawings is an adequate technique in this age group. In the analysis of the results, special emphasis was placed on whether age-specific or school-specific differences were apparent.

In summary, many of the results are consistent with the findings of other studies. One interesting difference is that the students of the present study wanted to relate the types of radiation. It is also worth mentioning that there were hardly any changes in the results with regard to age and school type. Even if the research method used has weaknesses, the overall approach can be described as purposeful.

It should also be highlighted that most pupils cite teaching as the most important source of information. This could be taken by teachers as an opportunity to integrate more of the existing knowledge about pupils' ideas in their lessons and to intervene accordingly.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	I
Vorwort .....	III
Abstract .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VII
1 Einleitung .....	1
2 Fachliche Klärung .....	3
2.1 Physikalischer Hintergrund zu Strahlung .....	3
2.1.1 Wärmestrahlung, Temperaturstrahlung, thermische Strahlung, Hohlraumstrahlung .....	4
2.1.2 Optische Strahlung .....	5
2.1.3 UV-Strahlung .....	6
2.1.4 IR-Strahlung .....	11
2.2 Das Thema Strahlung in Fachbüchern .....	14
2.2.1 Physikalische Standardwerke .....	14
2.2.2 Fachbücher zum Thema Optik .....	18
2.3 Das Thema Strahlung in Schulbüchern .....	20
2.3.1 Unterstufe .....	20
2.3.2 Oberstufe .....	21
2.4 Der Strahlungsbegriff .....	22
2.5 Schülervorstellungen .....	23
2.5.1 Fachdidaktische Forschung zu Schülervorstellungen in naturwissenschaftlichen Fächern .....	23
2.5.2 Die innere Struktur von Schülervorstellungen .....	24
2.5.3 Der Begriff „Schülervorstellungen“ .....	31
2.5.4 Schülervorstellungen und ihre Bedeutung für den Unterricht .....	32
2.5.5 Studien und Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen und Strahlung ...	35
2.5.6 Aktuelle Forschung und Forschungserkenntnisse .....	37
3 Forschungsdesign .....	40
3.1 Fragestellung der Untersuchung .....	40
3.2 Hypothesen .....	41
3.3 Methoden der Datenerhebung .....	43
3.3.1 Forschungsmethode Schülerzeichnungen .....	43
3.3.2 Forschungsmethode Interview .....	45
3.4 Rahmenbedingungen und Vorbereitung .....	47
3.5 Durchführung .....	50
3.6 Datenanalyse – Vorgehen bei der Auswertung .....	52

3.6.1	Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler .....	52
3.6.2	Interviews .....	56
4	Ergebnisse.....	59
4.1	Forschungsmethode Zeichnungen .....	59
4.1.1	Erkenntnisse aus den Zeichnungen.....	59
4.1.2	Spezialfälle.....	92
4.2	Forschungsmethode Interviews.....	97
4.2.1	Kernaussagen aus Interviews.....	97
4.2.2	Ergebnisse durch die Kernaussagen .....	110
4.3	Lupenbilder .....	113
4.3.1	Lupenbilder der einzelnen Klassen.....	114
4.3.2	Ergebnisse der Lupenbilder.....	123
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	124
5	Diskussion .....	128
5.1	Beantwortung der Forschungsfragen .....	128
5.2	Methodendiskussion .....	134
5.3	Vergleich mit anderen Studien .....	135
6	Ausblick .....	138
	Literaturverzeichnis.....	139
	Abbildungsverzeichnis .....	148
	Tabellenverzeichnis .....	152
	Anhang.....	153

# 1 Einleitung

Strahlung ist allgegenwärtig und die verschiedenen Strahlungsarten begegnen uns in den unterschiedlichsten Situationen im täglichen Leben. Auch Schülerinnen und Schüler kennen viele Begriffe zu dem Thema aus dem Alltag bevor sie an naturwissenschaftlichem Unterricht teilnehmen. Dementsprechend haben sie auch Vorstellungen dazu, die allerdings oft sehr weit weg von einer korrekten physikalischen Betrachtungsweise sind. Daher ist es wichtig im Unterricht auf diese Schülervorstellungen einzugehen. Ein erster Schritt in diese Richtung ist wissenschaftlich fundierte Kenntnis über die vorherrschenden Vorstellungen zu haben. Unter den Lehrkräften muss teils ein Bewusstsein für die Problematik etabliert werden und außerdem ist dementsprechendes Unterrichtsmaterial nötig. Im Rahmen von Diplomarbeiten und Dissertationen gibt es mittlerweile immer mehr Studien, die sich einerseits mit der Erforschung von Schülervorstellungen mit unterschiedlichen Methoden und andererseits mit der Entwicklung von Unterrichtsmaterial beschäftigen. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Erforschung von Schülervorstellungen zum Strahlungsbegriff, zu IR- und UV-Strahlung.

Das zweite Kapitel behandelt die fachliche Klärung: Zuerst wird der theoretische Hintergrund zum Thema Strahlung aufgearbeitet. Dazu erfolgt eine Beschäftigung mit dem Strahlungsbegriff im Allgemeinen und es wird auf die Strahlungsarten – besonders auf IR- und UV-Strahlung – eingegangen. Es wird auch erörtert, wie Strahlung in Fachbüchern und auch in Schulbüchern vorkommt. Dann wird ein Überblick über das Thema Schülervorstellungen geboten und der aktuelle Forschungsstand dazu wird beschrieben.

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit dem Forschungsdesign: Es wird anfangs die Fragestellung der Untersuchung mit den Hypothesen erläutert, danach wird auf die Methoden der Datenerhebung und die konkrete Studie, also die Rahmenbedingungen, die Vorbereitung und die Durchführung eingegangen. Schließlich wird das Vorgehen bei der Auswertung dargelegt.

Die Ergebnisse dieser Auswertung werden im vierten Kapitel wiedergegeben. Es werden dabei die Ergebnisse der einzelnen Methoden separat präsentiert und im Anschluss daran erfolgt eine Zusammenfassung.

Im fünften Kapitel werden anhand der Ergebnisse der Studie die Forschungsfragen beantwortet. Außerdem findet eine kritische Methodendiskussion statt. Das Kapitel wird abgerundet durch einen Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien.

Das sechste Kapitel beschäftigt sich mit einem Ausblick auf weitere Forschungsfelder und enthält Ideen, welche Konsequenzen anhand der vorliegenden Arbeit für den Unterricht gezogen werden könnten.

Der Anhang umfasst die Transkripte der Interviews sowie die Hilfstabellen für die Auswertung, sodass die in der Arbeit getätigten Aussagen überprüft und nachvollzogen werden können.

## 2 Fachliche Klärung

In dieser Arbeit geht es um Schülervorstellungen zu Strahlung – insbesondere UV- und IR-Strahlung. Daher soll zunächst ein Überblick über den physikalischen Hintergrund von Strahlung gegeben werden. Danach wird behandelt, wie dieses Thema in Fachbüchern und Schulbüchern vorkommt und schließlich wird auf Schülervorstellungen allgemein und vor allem bezogen auf Strahlung, UV- und IR-Strahlung eingegangen.

### 2.1 Physikalischer Hintergrund zu Strahlung

Ganz allgemein bezeichnet Strahlung sich ausbreitende Elementarteilchen oder Wellen. Im ersten Fall spricht man von Korpuskularstrahlung, im zweiten von Wellenstrahlung. Korpuskel leitet sich vom lateinischen Wort corpusculum, das so viel bedeutet wie Körperchen, ab. Ein typisches Beispiel für die Korpuskularstrahlung ist die Alphastrahlung, da es sich hier um eine Strahlungsart mit bewegten Teilchen handelt. Charakteristisch für Wellenstrahlung sind unter anderen Radiowellen und Mikrowellen (Kilian & Weber, 2003).

Die Unterscheidung ergibt sich danach, ob der Teilchen- oder Wellencharakter bei der Strahlungsart überwiegt. Eine Einteilung erfolgt im sogenannten elektromagnetischen Spektrum (siehe Abb. 1). Dabei werden die Strahlungsarten nach ihrer Energie beziehungsweise nach der Frequenz gegliedert. Bei hohen Energien überwiegt der Teilchencharakter, während man bei niedrigen Energiebereichen hauptsächlich den Wellencharakter vorfindet. Die Übergänge zwischen den einzelnen Strahlungsarten sind fließend und die Unterschiede liegen vor allem in der jeweiligen Erzeugung, der Wechselwirkung, den Nachweismethoden und damit auch der jeweiligen Verwendung.

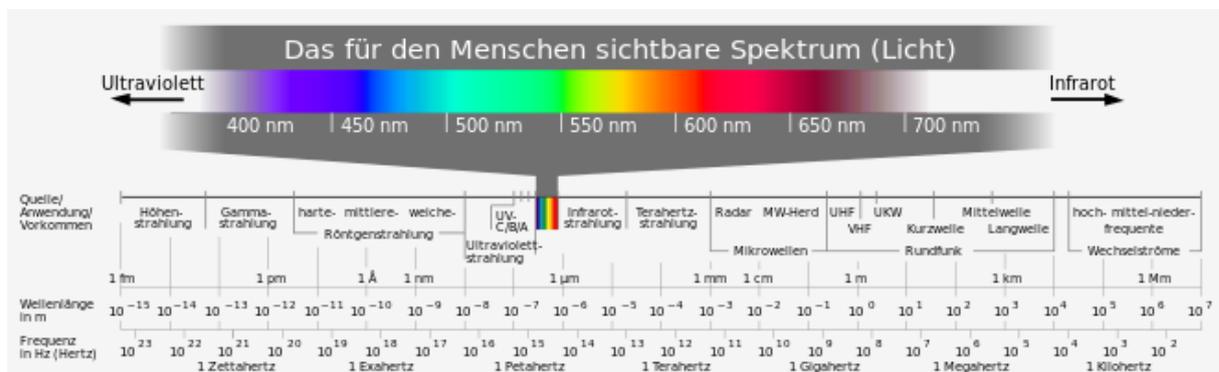


Abb. 1: Elektromagnetisches Spektrum (Frank, 2005)

Das elektromagnetische Spektrum beinhaltet eine derartig große Bandbreite, sodass einzelne Teilbereiche nach wie vor wie eigene Strahlungsarten behandelt werden. Dass es

sich aber um dasselbe Phänomen handelt, wurde erst relativ spät durch die Versuche bewiesen, die Hertz in den Jahren 1885 bis 1889 an der TH Karlsruhe durchführte.

Des Weiteren ist bezüglich Strahlung wichtig zu wissen, dass diese je nach Art der Strahlung auch andere Eigenschaften haben kann wie Masse oder Ladung. Aufgrund des Wellencharakters darf dabei aber nicht vergessen werden, dass Strahlung, die auf ein Hindernis trifft, entweder absorbiert, transmittiert oder reflektiert wird (Kilian & Weber, 2003).

### **2.1.1 Wärmestrahlung, Temperaturstrahlung, thermische Strahlung, Hohlraumstrahlung**

Jeder Körper, der eine Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts von  $-273,15^{\circ}\text{C}$  besitzt, gibt Energie in Form von Strahlung ab. Diese Strahlung wird als Wärmestrahlung oder Temperaturstrahlung beziehungsweise thermische Strahlung bezeichnet. Umgangssprachlich wird oft nur die Infrarotstrahlung mit Wärmestrahlung gleichgesetzt, weil bei Temperaturen, die typischerweise auf unserer Erde herrschen das Strahlungsmaximum im infraroten Bereich liegt. Dies ist irreführend, da jede Form von elektromagnetischer Strahlung die Umgebungstemperatur erhöht. Es gilt je wärmer ein Körper ist, umso kürzer ist die Wellenlänge der abgegebenen Strahlung. Beim Sonnenlicht zum Beispiel liegt das Strahlungsmaximum im sichtbaren Bereich (Baehr & Stephan, 2009; Simon, 1966).

Die abgegebene Strahlungsenergie ist aber nicht nur abhängig von der Temperatur, sondern auch vom wellenlängenabhängigen Emissionsgrad des Körpers. Der Emissionsgrad wird definiert als die maximale Strahlungsleistung, die ein Körper bei einer gewissen Temperatur aufweisen kann. Der Emissionsgrad hängt zusätzlich vom Material und vom Zustand der Oberfläche ab. Ein Körper mit Emissionsgrad 1 wird als idealer Strahler oder schwarzer Körper bezeichnet und kann als Hohlraum mit kleiner Öffnung realisiert werden. Daher wird die Strahlung dann als Hohlraumstrahlung bezeichnet. Um die Energiedichte der Hohlraumstrahlung zu berechnen, kann das Rayleigh-Jeans-Gesetz angewendet. Da es aber nur für große Wellenlängen mit den experimentellen Befunden übereinstimmt, machte Planck eine Annahme, die als Planck'sche Quantenhypothese bezeichnet wird. Ausgehend von dieser Hypothese entwickelte Planck das Planck'sche Strahlungsgesetz. Dieses stimmt mit den experimentellen Befunden über den gesamten untersuchten Wellenlängenbereich überein, daher ist in der folgenden Abbildung die Energiedichte der Hohlraumstrahlung laut Planck'schem Strahlungsgesetz in Abhängigkeit von der Wellenlänge für verschiedene Temperaturen dargestellt und zum Vergleich auch gemäß Rayleigh-Jeans-Gesetz:

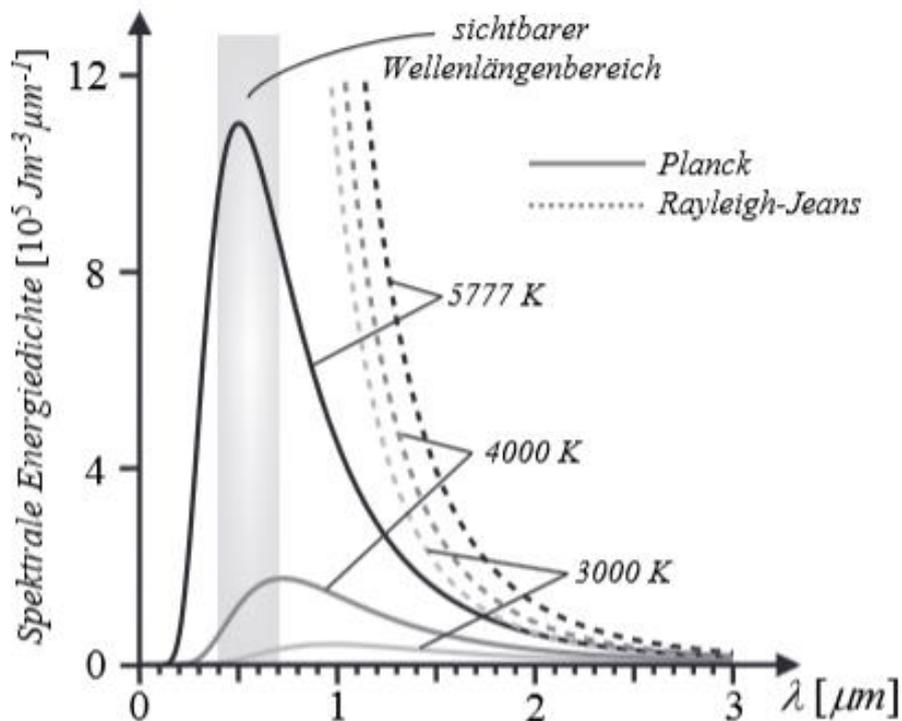


Abb. 2: Spektrale Energiedichte der Hohlraumstrahlung als Funktion der Wellenlänge bei verschiedenen Temperaturen (Wagner, Reischl & Steiner, 2012, S. 213)

### 2.1.2 Optische Strahlung

Da in dieser Arbeit besonderes Augenmerk auf dem UV- und IR-Bereich liegt, soll nun näher auf den Teil des elektromagnetischen Spektrums eingegangen werden, der als optische Strahlung bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um den Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm und umfasst neben der UV- und IR-Strahlung den für das menschliche Auge sichtbaren Bereich. Genauer wird dies im Kapitel „Optische Strahlung in Fachbüchern“ in dem Abschnitt zum Buch von Haferkorn (2003) erläutert.

Eine Zusammenfassung dieser Bereiche mit der Bezeichnung optische Strahlung kann dadurch begründet werden, dass die Gesetze der Optik angewendet werden und optische Instrumente zur Untersuchung des Verhaltens der Strahlung eingesetzt werden. (Schulze & Kiefer, 2011)

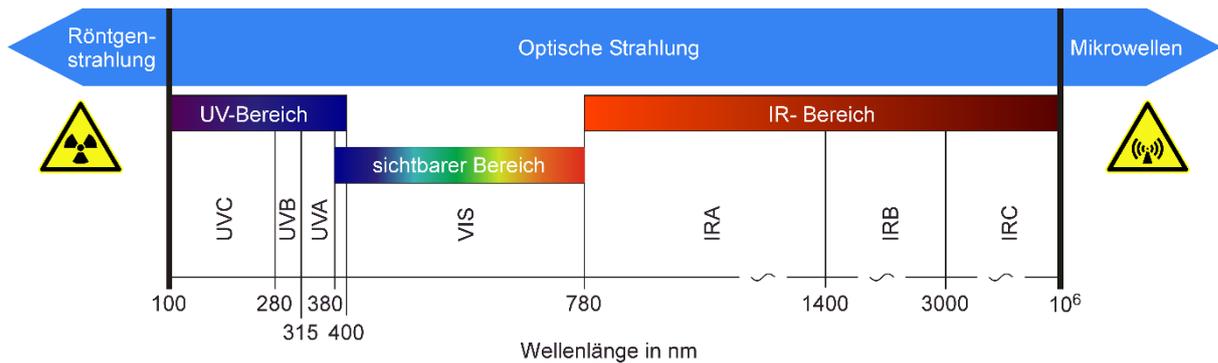


Abb. 3: Optische Strahlung (Erbach et al., 2018)

Grundsätzlich muss erwähnt werden, dass je nach Literaturquelle die Grenzen der jeweiligen Wellenlängenbereiche variieren. Hinzu kommt, dass auch sowohl der UV- als auch der IR-Bereich oftmals noch zusätzlich unterteilt werden aufgrund photobiologischer und photophysikalischer Eigenschaften (Mang & Krutmann, 2003).

### 2.1.3 UV-Strahlung

Die ultraviolette Strahlung ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung. Die Bezeichnung ultraviolett kommt daher, dass das UV-Spektrum an den violetten Teil des sichtbaren Bereichs hin zu kürzeren Wellenlängen anschließt – das Wort hat die Bedeutung „jenseits von violett“. Die UV-Strahlung ist für den Menschen nicht sichtbar und kann auch nicht mit anderen Sinnesorganen wahrgenommen werden.

Die Entdeckung der UV-Strahlung erfolgte bei dem Versuch der Schwärzung von Silbersalzen im Sonnenlicht. Im Jahr 1801 beobachtete der deutsche Physiker Johann Wilhelm Ritter, dass es Strahlen jenseits des violetten Endes im sichtbaren Spektrum geben musste, da sich in diesem Bereich das Silberchloridpapier besonders stark schwärzte. Auf Grund ihrer Wirkung wurden die Strahlen bis ins 19. Jahrhundert als chemische Strahlung bezeichnet (Mascia & Tausch, 2000).

#### 2.1.3.1 Quellen und Anwendungsgebiete von UV-Strahlung

Strahlung ist omnipräsent – jeder Körper emittiert Strahlung. Welche Strahlung nun genau emittiert wird, hängt von der Temperatur und der Oberfläche des Körpers ab (Tipler & Mosca, 2015).

Die Sonne beispielsweise besitzt eine solch hohe Temperatur, dass UV-Strahlung entsteht. Allerdings hängt die Intensität der tatsächlich auf der Erdoberfläche ankommenden UV-Strahlung auf der Erdoberfläche vom Breitengrad und dem Sonnenstand ab. Aber auch die

Höhenlage spielt eine wichtige Rolle. Außerdem hat noch der Bewölkungsgrad einen Einfluss auf die Stärke und durch Reflexion beispielsweise an Wasser, Sand und Schnee wird die Strahlung ebenfalls verstärkt (Kilian & Weber, 2003).

Tatsächlich gibt es aber im Alltag noch viel mehr Quellen von UV-Strahlung, da sie sowohl in vielen technischen Bereichen angewendet wird als auch zu medizinischen Zwecken genutzt wird. Diese wird dann oftmals als künstliche UV-Strahlung bezeichnet. In diesen Fällen macht man sich das Prinzip zu Nutze, dass UV-Strahlung entsteht, wenn Elektronen angeregt werden. Erreicht wird dies oft, indem elektrisch geladene Teilchen durch ein Gas geleitet werden (Diffey, 2002).

Beispiele für Anwendungen wären unter anderen Quecksilberdampflampen (Solarien, Fotolithografie, Wasserdeseinfektion, Aushärten von Harzen, Klebern und Lacken, Therapie von Akne und Rachitis), Quarzlampen zur Deseinfektion in Krankenhäusern, Schwarzlichtlampen (Geldscheinkontrolle, Dekoration in Diskotheken), Ultraviolett-Laser, UV-Leuchtdioden, UV-Kaltkathodenröhren,...

Das Funktionsprinzip, das hinter all diesen unterschiedlichen Lampen steht, ist die Lichterzeugung durch Gasentladung und soll anhand der folgenden Abbildung erklärt werden:

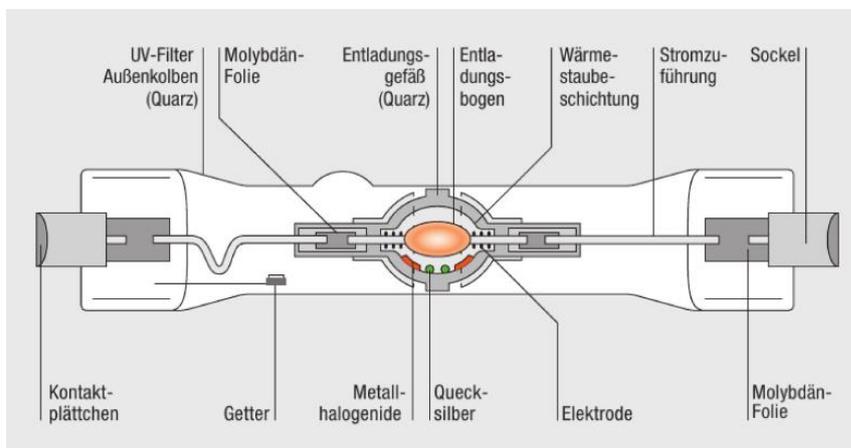


Abb.4: Prinzip einer Gasentladungslampe (de Guia-Landenberger, 2018)

Kernstück ist das Brennergefäß, das sich zwischen zwei Elektroden befindet, wobei diese beiden Elektroden in einem sogenannten Entladungsgefäß eingeschlossen sind. Um elektrische Leitfähigkeit zu erhalten, werden ionisierte Füllungsbestände eingesetzt. In der Phase der Gasentladung werden durch den Stromfluss die Metallhalogenide, die als Leuchtzusätze dienen und das Quecksilber angeregt. Je nach verwendeten Materialien entsteht dann aufgrund dieser Anregungsenergie eine charakteristische Strahlung (Diffey, 2002; Ledvance GmbH, 2018).

Bei der Quecksilberdampfampe beispielsweise wird zusätzlich zum Quecksilber noch ein Edelgas – oftmals Argon – zugesetzt, um die Zündung zu erleichtern. Der Vorteil dieser Lampenart ist die große Anzahl verschiedener Emissionslinien. Die intensivitätsstärksten Linien sind 365 nm (nahes UV), 405 nm (Violett), 436 nm (blau) und 546 nm (grün) (Lexikon der Physik; 1999; <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/quecksilberdampfampe/11944>).

Die Mischung von Strahlungsanteilen verschiedener Elemente ergibt dann die gewünschte Farbtemperatur und Farbwiedergabe. Das Quecksilber ist im Betriebszustand vollständig verdampft (Diffey, 2002; Ledvance GmbH, 2018).

### **2.1.3.2 Auswirkung von UV-Strahlung auf den Menschen**

Aufgrund der starken Dominanz des Themas UV-Strahlung in Zusammenhang mit schädigender Wirkung der Sonne, werden einerseits oft die positiven Effekte und die vielen anderen Anwendungsmöglichkeiten außer Acht gelassen beziehungsweise sind sie gar nicht bekannt. Einige dieser nützlichen Einsatzarten sind bereits im Kapitel „Quellen und Anwendungsgebiete von UV-Strahlung“ beschrieben worden.

Natürlich sind die Auswirkungen der UV-Strahlung auf den Menschen nicht unerheblich, da es sich um den energiereichsten Teil der optischen Strahlung handelt. Die Auswirkungen betreffen hauptsächlich Haut und Augen, wobei die Dauer, die Häufigkeit und die Intensität der Exposition entscheidend sind. Die menschlichen Zellen absorbieren die UV-Strahlung und das bewirkt verschiedene Veränderungen in den Zellen. Die wichtigste Veränderung ist die Schädigung des Erbguts also der DNA durch die Strahlung. Auch wird die Erbsubstanz in den Hautzellen schon geschädigt lange bevor Sonnenbrand entsteht. Allerdings beseitigen die Reparatursysteme in den Zellen die Schäden am Erbgut normalerweise wieder.

Des Weiteren kann man noch zwischen akuten und langfristigen Auswirkungen unterscheiden. Als akute Effekte an den Augen sind zu nennen Hornhautentzündung (Photokeratitis), Bindehautentzündung (Photokonjunktivitis) und photochemische Netzhautschäden. An der Haut treten folgende akute Wirkungen auf:

- Pigmentierung (Bräunung) der Haut mit Bildung einer Lichtschwiele,
- Hautrötung/Sonnenbrand (Erythem),
- Sonnenallergie sowie fototoxische Reaktionen
- Unterdrückung des Immunsystems (Immunsuppression)
- Initiierung der Bildung des körpereigenen Vitamin D.

Eine langfristige Wirkung von UV-Strahlung auf die Augen ist die Linsentrübung (Grauer Star). Die bekanntesten langfristigen negativen Folgen für den Menschen betreffen die Haut und sind die vorzeitige Hautalterung sowie Hautkrebs (Mang & Krutmann, 2003; Meffert & Meffert, 2000).

### **2.1.3.3 UV-Schutz**

Wenn es um Schutz vor UV-Strahlung geht, bezieht man sich umgangssprachlich meist auf Sonnenschutz. Der wirksamste Schutz ist damit die Vermeidung von zu langer und zu intensiver Sonnenexposition. Auch als besonders effektiv anzusehen ist das Bedecken der Haut mit Kleidung, wobei gilt „je dichter ein Stoff gewebt und je dunkler seine Farbe ist, desto besser ist sein UV-Schutz“ (Mang & Krutmann, 2003, S. 500).

Unbedeckte Haut sollte geschützt werden, indem man Sonnencreme verwendet. Auch bei der richtigen Auswahl des Produkts und der Häufigkeit der Anwendung sind einige Punkte zu beachten. Um zu wissen, welches Präparat man wann und wie oft verwenden soll und wie lange man dadurch geschützt ist, ist es wichtig zu wissen, wie der UV-Schutz in den Präparaten grundsätzlich funktioniert. Mang und Krutmann (2003) führen aus, dass sowohl chemische als auch physikalische Filter zur Anwendung kommen. Bestimmte Filter wirken bei bestimmten Wellenlängen, deshalb werden oft mehrere Filter in Kombination verwendet. Chemische Filter schützen dadurch, dass die UV-Strahlung in konjugierten Doppelbindungen absorbiert wird. Diese wird dann als Wärme oder Fluoreszenzlicht wieder abgegeben. Physikalische Filter sind mineralische Pigmente, die durch Reflexion und Streuung schützen. Zur Anwendung kommen beispielsweise Titanoxid oder Zinkoxid.

Der angegebene Lichtschutzfaktor (beispielsweise LSF 20) bezieht sich auf den Schutzeffekt gegen UVB-Strahlen. Es handelt sich dabei um einen Wert, der angibt wie viel länger man unter Verwendung des Sonnenschutzprodukts der Sonne exponiert sein kann, ohne zu riskieren, dass man einen Sonnenbrand bekommt. Das heißt, um wieviel sich die Eigenschutzzeit der Haut durch Auftragen des Lichtschutzmittels verlängert. Die Eigenschutzzeit ist vom Hauttyp abhängig, wobei diese Einteilung nur als grober Richtwert gesehen werden sollte. Vor allem bei Kindern ist die Haut noch besonders empfindlich und die Eigenschutzzeit geringer als laut Hauttyp eventuell anzunehmen wäre. Bei einem Erwachsenen mit sehr heller Haut beispielsweise kann von einer Eigenschutzzeit von etwa 5 Minuten ausgegangen werden. Verwendet diese Person nun ein Lichtschutzmittel mit Lichtschutzfaktor 20, ist es möglich sich 100 Minuten (statt 5 Minuten) in der Sonne aufzuhalten, ohne einen Sonnenbrand zu riskieren.

Sonnenschutz ist also sehr individuell und orientiert sich an Richtwerten. Seit 1994 gibt es nun ein standardisiertes Prüfverfahren zur Ermittlung des Lichtschutzfaktors. Dennoch sollte nicht vergessen werden, dass die Werte nur bei einer verwendeten Menge Lichtschutzmittel von  $2 \text{ mg/cm}^2$  gelten und laut Mang und Krutmann (2003) tragen Verbraucherinnen und Verbraucher in der Praxis weit weniger auf. Als Empfehlung im Allgemeinen gilt, eher ein Präparat mit höherem Lichtschutzfaktor vorzuziehen.

Lichtschutzmittel sollen nicht nur vor UVB-, sondern auch vor UVA-Strahlung schützen. Derzeit gibt es noch keine internationalen Standards bezüglich der Bestimmung eines UVA-Lichtschutzfaktors. Es gibt mehrere Messmethoden, wobei bei Herstellern in Europa oftmals die Australische Standardmethode zur Anwendung kommt, da es sich dabei um die einzig rechtlich verbindliche Methode handelt. Diese schreibt als Standard vor, dass ein Lichtschutzmittel dieser Norm mindestens 90% der UVA-Strahlen absorbieren muss. Am Produkt wird daher kein entsprechender Lichtschutzfaktor angegeben.

Ein Punkt, der im Zusammenhang mit Lichtschutzmitteln auch noch bedacht werden muss, ist die Wasserfestigkeit. Dazu ist anzumerken, dass es einerseits sowieso keine absolut wasserfesten Produkte gibt und andererseits die Testmethoden, die diesbezüglich existieren nicht standardisiert sind. Selbst wenn also ein Lichtschutzmittel den Vermerk wasserfest aufweist, sollte nach dem Schwimmen und besonders nach dem Abtrocknen der Sonnenschutz erneuert werden.

Abschließend geben die Autoren folgende Empfehlung:

„Ein ideales Sonnenschutzmittel für den Urlaub sollte, wenn eine UV-Exposition nicht vermieden werden kann, die Haut sicher vor UVB- und UVA-Strahlen schützen, wasserfest sein, unparfümiert, ohne chemische UV-Filter mit ausreichend hohem SSF im UVB- (mindestens 20) und UVA-Bereich sein. [...] Die Benutzung von Sonnenschutzpräparaten sollte jedoch nicht dazu verleiten, sich länger der Sonne auszusetzen.“ (Mang & Krutmann, 2003, S. 505)

Es sollte aber nicht nur die Haut geschützt werden, sondern auch die Augen. Die Vorstellung, dass Sonnenbrillen mit dunklen Gläsern besser schützen, ist nach wie vor weit verbreitet, obwohl das Gegenteil zutrifft, da sich bei einer dunklen Brille die Pupillen erweitern und dadurch noch mehr UV-Strahlung ins Auge gelangen kann. Mittlerweile sind grundsätzlich nur noch Sonnenschutzgläser mit UV-filtrierenden Gläsern zugelassen und als Standard gilt die Kennzeichnung „UV-400“ (Mang & Krutmann, 2003, S. 500).

## 2.1.4 IR-Strahlung

Die Infrarotstrahlung liegt im Spektralbereich zwischen sichtbarem Licht und der längerwelligeren Terahertzstrahlung. Die Bezeichnung „infrarot“ lässt sich dadurch erklären, dass die Strahlung unterhalb der roten Seite des in Spektralfarben zerlegten Lichtes liegt. Das Wort „infra“ kommt vom lateinischen Wort „infera“, was „unten, unterhalb“ bedeutet. (Lexikon der Biologie, 1999; <http://www.wissen.de/wortherkunft/infrarot>)

Entdeckt wurde dieser Bereich des Spektrums von dem deutschen Astronomen William Herschel im Jahr 1800. Er wollte die Temperatur der verschiedenen Farben des Sonnenlichtes messen. Dazu zerlegte er das Sonnenlicht mit einem Prisma in seine spektralen Teile und fand dabei jenseits des roten Lichts eine nicht sichtbare aber wärmende Strahlung (Beeson & Mayer, 2008; Simon, 1966).

### 2.1.4.1 Quellen und Anwendungsgebiete von IR-Strahlung

Seit der Entdeckung der Infrarotstrahlung haben sich viele völlig unterschiedliche Gebiete gezeigt, in denen Infrarotstrahlung genutzt werden kann. Im Folgenden sollen nun einige Anwendungsfelder kurz umrissen werden:

Einer der bekanntesten Einsatzbereiche ist sicherlich der Gesundheitssektor – sowohl Medizin als auch Wellness. Dabei wird die Strahlung zur Wärmebehandlung eingesetzt, beispielsweise in Form von Infrarotlampen oder zur Ganzkörperbestrahlung in Infrarotkabinen. Des Weiteren werden in den Bereichen Haut-, Augen- und Zahnheilkunde immer öfter auch Infrarotlaser angewendet. Die Infrarotthermographie („Messverfahren zur Sichtbarmachung und Registrierung von Temperaturänderungen und -verteilungen an Oberflächen von Objekten mit Hilfe der vom Objekt ausgehenden Wärmestrahlung“ Lexikon der Biologie, 1999) wird zur Erkennung von Entzündungen, Durchblutungsstörungen und zur Brustkrebs-Diagnose eingesetzt, da diese Erkrankungen zu einer geringeren oder erhöhten Gefäßdurchblutung führen und damit kommt es im Vergleich zu den angrenzenden Arealen zu einer Temperaturveränderung, die so sichtbar gemacht werden kann (Zippel, 2012; Lexikon der Biologie, 1999).

Das Messverfahren der Infrarotthermographie findet aber nicht nur im Gesundheitsbereich Anwendung. Ein anderes Einsatzgebiet ist die Astronomie. Objekte, die in anderen Spektralbereichen fast nicht zu erkennen sind, können erforscht werden. In der Biologie kann Infrarotthermographie bei der Vegetationserkennung helfen. Es ist nicht nur möglich das Verhältnis von der Grundfläche zur Vegetationsfläche zu erfassen, sondern man kann auch Aussagen über die verschiedenen Vegetationstypen und deren Gesundheitszustand machen. Ebenso spielt die Thermographie bei der Wärmeisolierung von Häusern eine Rolle.

Anhand des Infrarotbildes eines Hauses kann eine unzureichende Isolierung auffindig gemacht werden.

Im Sicherheitssektor sind Infrarot- oder Wärmebildkameras beispielsweise im Einsatz, um Risse oder sonstige Schäden bei Maschinen oder Rohrleitungen sichtbar zu machen, aber genauso nützen Feuerwehren diese Technik, um Glutnester, Brandherde sowie gefährdete Personen in verrauchten Innenräumen zu finden. Die Echtheit von Pässen und Geldscheinen kann überprüft werden, da diese infrarotsensitive Sicherheitsmerkmale aufweisen.

Ein weiteres Anwendungsfeld findet sich in Form von sogenannten Nachtsichtgeräten für beispielsweise Polizei und Militär. Personen oder Tiere, die wärmer sind als ihre Umgebungstemperatur lassen sich so aufspüren.

Infrarotspektroskopie („Methode, bei der Molekülschwingungen, die zu einer Veränderung des molekularen Dipolmoments führen, durch infrarotes Licht [...] angeregt werden. Diese IR-aktiven Schwingungsfrequenzen sind im IR-Spektrum als Absorptionsbanden direkt sichtbar und liefern Aufschluß über die Molekülstruktur“ Lexikon der Biologie, 1999), die zur Strukturanalyse unbekannter Substanzen verwendet wird oder Infrarotreflektographie – beispielsweise im Einsatz in der Kunstwissenschaft, um Unterzeichnungen von Gemälden zu dokumentieren – sind zwei weitere Technologien, die die Infrarotstrahlung ausnützen. Praktischen Einsatz findet die Infrarotspektroskopie auch bei der Abfalltrennung, um Kunststoffe zu unterscheiden.

Auch in der Industrie findet Infrarottechnik viele Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von „Infrarotprodukten“ wie speziellen Wand- oder Deckenheizungen beziehungsweise in der Gastronomie in Form von Heizpilzen oder Infrarotgrillern über den Einsatz der Infrarotstrahlung in der Materialbearbeitung (Infrarotlaser zum Schweißen, Infrarotöfen für Trocknungsprozesse in der Industrie oder zur Kunstharzpolymerisation) bis hin zur Verwendung in elektronischen Geräten wie Infrarotfernbedienungen oder Infrarotschnittstellen für Computer oder Lichtschranken.

(Mrusek, Fuchs & Oltrogge 1995; Tipler & Mosca, 2015; Zippel, 2012)

#### **2.1.4.2 Auswirkungen von IR-Strahlung auf den Menschen**

Aufgrund der geringen Quantenenergie kann Infrarotstrahlung nur erwärmen, aber nicht chemisch modifizieren. Die biologischen Effekte werden von der Eindringtiefe der Strahlung und den Absorptionsbanden des Wassers bestimmt. Menschliches Gewebe besteht hauptsächlich aus Wasser, das im Bereich des roten Anteils des sichtbaren Lichts und im angrenzenden Infrarotbereich (kurzwelliges IR-A) ein Absorptionsminimum hat. Dadurch kann

IR-A-Strahlung bis zirka 5 Millimeter in die Haut eindringen und wird dann in Wärme umgewandelt. Als Faustregel kann man sagen, dass die Eindringtiefe von Infrarotstrahlung umso größer wird, je kürzer die Wellenlänge ist. Daher wirkt IR-A-Strahlung vorwiegend in der Unterhaut, während sich die Wirkung von IR-B und IR-C-Strahlung auf die obere Hautschicht beschränkt. IR-A wirkt also durch den Wärmeeintrag in den Organismus, während durch mäßige Mengen von IR-B und IR-C eine Erweiterung kleiner Blutgefäße erreicht wird. Ein Effekt in tieferen Bereichen kann nur durch indirekte Wärmeleitung erzielt werden. Allgemein kann gesagt werden, dass Infrarotstrahlung durchblutungsfördernd wirkt und hilft die Muskelspannung zu senken. Typische Anwendungsfelder in der Medizin sind zum Beispiel die Linderung von Muskelschmerzen oder Verspannungen, aber auch bei Autoimmunerkrankungen oder bei Wundheilungsstörungen. Auch prophylaktisch zur Verminderung der Infektanfälligkeit wird Infrarotstrahlung eingesetzt (Meffert & Meffert, 2000).

Durch thermische Belastung kann es aber auch zu Störungen im Wärmehaushalt des Gesamtorganismus kommen. Bei zu starker Erhöhung der Temperatur oder zu langer Einwirkdauer der Bestrahlung können negative Wirkungen wie Hitzekrampf, Hitzekollaps, Hitzeerschöpfung oder Hitzschlag bis hin zu Verbrennungen auftreten. Es wird vermutet, dass Infrarotstrahlung eventuell sogar das Risiko der Entstehung von Hautkrebs erhöhen könnte (Meffert & Meffert, 2000). Allerdings ist bezüglich der Auswirkungen auf die Bildung von Hautkrebs, beziehungsweise welche Effekte in Kombination mit UV-Strahlung auftreten laut Dehos (2010) die Datenlage noch unbefriedigend.

Als gesicherte negative Wirkung von IR-Strahlung gilt die beschleunigte Hautalterung, dies ist besonders hervorzuheben, da in letzter Zeit Infrarotbestrahlungen als „Anti-Aging-Behandlung“ modern geworden sind (Dehos, 2010).

#### **2.1.4.3 Schutz vor IR-Strahlung**

Wie bei UV-Schutz bezieht sich Schutz vor Infrarotstrahlung vor allem auf Sonnenschutz. Daher gilt auch hier, dass ein Vermeiden beziehungsweise Minimieren der direkten Sonnenbestrahlung am besten vorbeugt. Vor sonstigen Hitzeschäden hilft leichte, luftige Kleidung zu tragen, die eine gute Luftzirkulation ermöglicht. Des Weiteren sollten Kopf und Nacken nicht längere Zeit ungeschützt der Infrarotstrahlung ausgesetzt werden, weshalb eine Kopfbedeckung angeraten wird. Bezüglich Lichtschutzmittel ist zu beachten, dass ein Schutz der Haut durch Produkte, die für den UV-Bereich optimiert sind, nicht zwangsläufig auch einen Schutz vor Infrarotstrahlung bedeutet (Dehos, 2010).

## 2.2 Das Thema Strahlung in Fachbüchern

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie das Thema Strahlung in physikalischen Standardwerken und in Fachbüchern mit Schwerpunkt Optik behandelt wird. Die Bücher wurden dahingehend analysiert, dass ich mir zuerst einen Überblick über die vorkommenden Kapitel verschaffte. Die Kapitel, in denen erfahrungsgemäß das Thema Strahlung vorkommen könnte, wurden genauer durchgesehen. Schließlich erfolgte noch eine Suche im Sachwortregister nach Begriffen: Es wurde den Einträgen bei den Worten Strahlung, elektromagnetische Strahlung/Spektrum, Infrarotstrahlung, Wärmestrahlung und Ultraviolette Strahlung beziehungsweise ähnlichen Begriffen nachgegangen.

### 2.2.1 Physikalische Standardwerke

#### 2.2.1.1 Physik: Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Harten; 2007)

Harten (2007) verknüpft die beiden Begriffe Licht und Strahlung folgendermaßen und legitimiert beide Ausdrucksweisen:

Optik ist die Lehre vom Licht, vor allem von seiner Ausbreitung. Als Licht bezeichnet man zunächst einmal diejenige Strahlung, die das Auge des Menschen wahrnimmt, also elektromagnetische Wellen in einem sehr schmalen Spektralbereich. Im erweiterten Sinn werden auch die benachbarten Gebiete als Licht bezeichnet. (S. 298)

Harten (2007) beschreibt weiters, dass es üblich ist, die „kurzwellige Seite“ (S. 301) des Spektrums als Strahlung zu bezeichnen (Röntgenstrahlung, Gamma-Strahlung,...) und die langwellige als Welle (Radiowelle, Mikrowelle,...).

Des Weiteren geht der Autor dann auf die einzelnen Spektralbereiche ein. Er unterteilt in den sichtbaren und unsichtbaren Spektralbereich und differenziert nach Wellenlänge. Die Erläuterungen zum UV-Bereich und zum IR-Bereich konzentrieren sich auf die Sonnenstrahlung: Harten (2007) erläutert, dass die Sonne nicht nur im sichtbaren Bereich strahlt, wobei aber ein großer Teil des kurzwelligen Ultravioletts vom Ozon in der Atmosphäre absorbiert wird und „der Wasserdampf wesentliche Teile vom langwelligen Infrarot herausnimmt.“ (S. 301).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass man zwar vereinzelte Informationen zum Thema Strahlung und gewissen Strahlungsarten erhält, aber immer nur als zusätzliche Information in den großen Kapiteln der Physik und die Einordnung in einen größeren physikalischen Kontext fehlt.

**2.2.1.2 Taschenbuch der Physik (Kuchling; 2007)**

Kuchling (2007) beschreibt Strahlen und Licht vorwiegend mathematisch im Kapitel Strahlenoptik. Der Begriff Sonnenstrahlung kommt im Rahmen der Ausführungen zu Sonnenenergie im Kapitel Wärmequellen vor:

„Die Sonne strahlt ständig in alle Richtungen eine Gesamtleistung von  $p \approx 3,9 \cdot 10^{26}$  W ab. Ein sehr kleiner Teil davon erreicht die Erde.“ (Kuchling, 2007, S. 265).

Ansonsten kommt Strahlung in dem Buch noch als Temperaturstrahlung (thermische Strahlung) vor:

„Jeder Körper emittiert auf Grund seiner Temperatur Strahlung. Der Wellenlängenbereich dieser elektromagnetischen Strahlung dehnt sich mit wachsender Temperatur immer mehr zu den kürzeren Wellenlängen hin aus und erfasst schließlich auch den Bereich des sichtbaren Lichts von 390 bis 370nm.“ (Kuchling, 2007, S.385).

Im Kapitel Elektrik gibt Kuchling (2007) einen Überblick über die Bereiche des elektromagnetischen Spektrums mit Hilfe einer Abbildung (S. 536):

Elektromagnetische Wellen		
Wellenlänge	Wellenart	
$10^6$ m = 1 000 km	Telegrafiewellen	
$10^5$ m = 100 km		
$10^4$ m = 10 km		
$10^3$ m = 1 km	Rundfunkwellen	LW
$10^2$ m		MW
10 m		KW
1 m		UKW, VHF
$10^{-1}$ m = 10 cm	Mikrowellen	Fernsehen, UHF
$10^{-2}$ m = 1 cm		Radar
$10^{-3}$ m = 1 mm	Infrarotwellen	
$10^{-4}$ m = 0,1 mm = 100 $\mu$ m		
$10^{-5}$ m = 0,01 mm = 10 $\mu$ m	sichtbares Licht	770 nm
$10^{-6}$ m = 1 $\mu$ m		390 nm
$10^{-7}$ m = 100 nm	Ultraviolett	
$10^{-8}$ m = 10 nm	Röntgenstrahlen	
$10^{-9}$ m = 1 nm		
$10^{-10}$ m = 100 pm		
$10^{-11}$ m = 10 pm		
$10^{-12}$ m = 1 pm	$\gamma$ -Strahlen	weich
$10^{-13}$ m		
$10^{-14}$ m	kosmische Strahlen	hart

Abb. 5: Elektromagnetische Wellen (Kuchling, 2007, S. 536)

Auffällig ist, dass er in der Abbildung den IR-Bereich als Infrarotwellen bezeichnet, den UV-Bereich als Ultraviolett und den Röntgenbereich als Röntgenstrahlung.

Kuchling (2007) schreibt in Bezug auf die Abbildung: „Sowohl die Grenze zwischen den einzelnen Bereichen als auch die der Anwendungen sind nur schematisch dargestellt und erlauben keine genaue zahlenmäßige Auswertung.“ (S. 536).

Abschließend muss gesagt werden, dass das Werk von Kuchling (2007) in vielen Bereichen als ein sehr präzises und dennoch als ein handlich kompaktes Nachschlagewerk charakterisiert werden kann, aber der Bereich der Strahlung eher vernachlässigt wird. Die Begriffe UV-Strahlung und IR-Strahlung kommen im Sachwortregister des Buches nicht einmal vor.

### **2.2.1.3 Gerthsen Physik (Gerthensen; 1999)**

Gerthensen (1999) behandelt das Thema Strahlung folgendermaßen: In dem großen Kapitel „Die Welt der Strahlung“ findet sich neben den Unterkapiteln „Röntgenstrahlung“ (S. 632ff) und „radioaktiver Strahlung“ (S. 685ff) ein eigenes Unterkapitel „Infrarot und Ultraviolett“ (S. 579ff). Darin beschreibt der Autor kurz, dass der Infrarot-Bereich zufällig durch Wilhelm Herschel im Jahr 1800 entdeckt wurde, nämlich „dass die Energiestrahlung sich jenseits des roten Endes [des Sonnenspektrums] fortsetzt“ (S. 579). Des Weiteren ist zu erfahren, dass kurz nach Herschels Entdeckung J.W. Ritter in München herausfand, „daß das Sonnenspektrum auch jenseits des violetten Endes weitergeht“ (S. 582). Allerdings wird nicht genau beschrieben wie dies jeweils entdeckt wurde und es wird auch nicht näher auf diese Strahlungsarten eingegangen. Man findet auch kein elektromagnetisches Spektrum oder sonst irgendeinen Hinweis auf eine Einordnung der Phänomene. Daher ist anzumerken, dass es sich um ein anschauliches Werk handelt, das über alle Teilgebiete der Physik informiert aber das Thema Strahlung nur unzureichend beschrieben wird.

### **2.2.1.4 Einführung in die Physik (Wagner, Reischl und Steiner; 2010)**

Bei Wagner, Reischl und Steiner (2010) kommt das Thema Strahlung einerseits im Kapitel Optik reduziert auf den Zusammenhang des Begriffs in der geometrischen Optik vor und andererseits findet Strahlung als Wärmestrahlung Erwähnung. Im Kapitel Optik wird angeführt, dass es sich bei Licht um eine elektromagnetische Welle handelt, aber was sonst noch mit diesem Phänomen in Zusammenhang steht, kommt nicht vor. Der Terminus der Wärmestrahlung wird genutzt um die Teilchennatur von elektromagnetischen Wellen herzuleiten, aber es erfolgt keine Aufklärung über den Zusammenhang zu elektromagnetischer Strahlung im Allgemeinen. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass man über den Begriff „ultraviolett“ nur als „Ultraviolett-Katastrophe“ (Wagner, Reischl & Steiner, 2010, S. 206) im

Zusammenhang mit Hohlraumstrahlung informiert wird, während der Ausdruck Infrarotstrahlung im Sachwortregister nicht einmal eingetragen ist.

Es handelt sich bei dem Buch um ein kompaktes Einführungswerk, das im Vergleich zu anderen Standardwerken sehr handlich ist und dafür natürlich etwas knapper in der Darstellung. Doch da dieses Werk beansprucht, die wesentlichen physikalischen Zusammenhänge und Querverbindungen darzustellen, muss angeführt werden, dass in diesem Sinne die Behandlung des Themas Strahlung nur unzureichend erfolgte.

#### **2.2.1.5 Halliday Physik (Halliday, Resnick und Walker; 2009)**

In der Einleitung zum Kapitel „Elektromagnetische Wellen“ finden die Begriffe „infrarot“ und „ultraviolett“ in folgender Weise Erwähnung:

„Zu Maxwells Zeit, gegen Mitte des 19. Jahrhunderts, waren nur sichtbares, infrarotes und ultraviolettes Licht als elektromagnetische Welle bekannt. [...] Inzwischen kennen wir ein breites Spektrum elektromagnetischer Wellen.“ (Halliday, Resnick & Walker, 2009, S. 998)

Ansonsten kommt der Terminus Strahlung als kosmische Strahlung vor, wobei diese nicht näher beschrieben oder erklärt wird und als thermische Strahlung. Zu letzterem Begriff erfährt man, dass es sich bei der Wärmestrahlung um eine Möglichkeit der Wärmeübertragung handelt. Es wird aber nicht auf den Zusammenhang zu elektromagnetischer Strahlung eingegangen.

Zusammengefasst ist es daher auch nicht verwunderlich, dass die Ausdrücke UV-Strahlung und IR-Strahlung im Sachwortregister nicht aufgeführt werden, weil die Begriffe in keinem Kapitel eigens behandelt werden.

Obwohl es sich also um ein extrem umfassendes und ausführliches Werk handelt, das sehr anschaulich beim Verstehen vieler Themengebiete der Physik hilft, wird gerade das Kapitel Strahlung nicht wirklich in einen größeren physikalischen Rahmen eingefügt.

#### **2.2.1.6 Physik für Wissenschaftler und Ingenieure (Tipler und Mosca; 2015)**

Mit folgender Beschreibung führen Tipler und Mosca (2015) die Begriffe Strahlung, UV-Strahlung, IR-Strahlung und Wärmestrahlung nicht nur ein, sondern betten sie gleich in den physikalischen Rahmen:

„Elektromagnetische Wellen teilt man nach ihrer Wellenlänge und Frequenz in verschiedene Bereiche ein, beispielsweise sichtbares Licht, Gammastrahlen und Radiowellen. [...] Unsere Augen sind empfindlich für elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von ungefähr 400–780 nm, das sichtbare Licht. Das kurzwellige Ende dieses Bereichs empfinden

wir als Violett, das langwellige als Rot. Jenseits des violetten sichtbaren Lichts bis hinab zu Wellenlängen von 10 nm folgt die kürzerwellige Ultraviolett- oder UV-Strahlung, jenseits des roten sichtbaren Lichts bis hinauf zu Wellenlängen von 100  $\mu\text{m}$  die längerwellige Infrarot- oder IR-Strahlung. Wärmestrahlung, die von Körpern bei Raumtemperatur abgegeben wird, liegt im Infrarotbereich.“ (Tipler & Mosca, 2015, S. 989)

Leider wird dann nicht mehr näher auf die Strahlungsarten eingegangen. Die Wärmestrahlung findet noch als Möglichkeit der Wärmeübertragung Erwähnung: „Thermische Energie kann auf drei Arten übertragen werden: durch Wärmeleitung, Konvektion oder Strahlung“ (Tipler & Mosca, 2015, S. 632).

So kann zusammenfassend gesagt werden, dass es sich um ein sehr umfassendes Werk handelt, in dem alle Themengebiete der Physik beschrieben werden, wenn auch nicht alle gleich ausführlich. Positiv zu erwähnen ist, dass eine Verbindung der Strahlungsarten UV- und IR-Strahlung mit dem elektromagnetischen Spektrum erfolgt.

Abschließen ist anzumerken, dass in physikalischen Standardwerken (Gerthsen, 1999; Halliday, Resnick & Walker, 2009; Harten, 2007; Kuchling 2007; Wagner, Reischl & Steiner, 2012; Tipler & Mosca, 2015) zumeist folgende Kapitel behandelt: Mechanik, Wärmelehre, Akustik, Optik, Elektrik, Atom- und Kernphysik, Relativitätstheorie und Quantenmechanik.

Es gibt also in keinem Fachbuch ein eigenes Kapitel, das das Thema Strahlung behandelt. Der Begriff Strahlung kommt in unterschiedlichen Kapiteln immer wieder vor. Die Häufigkeit variiert je nach Buch, wobei radioaktive Strahlung und Röntgenstrahlung besonders im Vordergrund stehen, wenn Strahlungsarten näher erläutert werden. Erwähnenswert ist auch, dass in manchen Büchern die Begriffe UV-Licht und IR-Licht und nicht die Begriffe UV-Strahlung und IR-Strahlung verwendet werden.

## **2.2.2 Fachbücher zum Thema Optik**

### **2.2.2.1 Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen (Haferkorn; 2003)**

In der Einleitung zu einem Standardwerk der Optik von Haferkorn (2003) findet sich ein guter Überblick bezüglich der Einordnung der Strahlungsarten:

Die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes stellen nur einen schmalen Ausschnitt aus dem gesamten Wellenlängenbereich dar, den die elektromagnetischen Wellen umfassen. An das rote Ende des sichtbaren Teils des Spektrums schließt sich das infrarote, an das violette Ende der

ultraviolette Bereich an. Noch größere Wellenlängen als das Infrarot haben die schlechthin als elektrische Wellen bezeichneten Erscheinungen der drahtlosen Nachrichtentechnik. In Richtung kürzerer Wellenlängen folgen auf Ultraviolett die Röntgenstrahlung, die Gammastrahlung und die Höhenstrahlung. (S. 13)

Der Autor unterscheidet in seinem elektromagnetischen Spektrum also zwischen elektrischen Wellen (Mikrowellen, Radio, Fernsehen), optischer Strahlung (UV, VIS, IR) und kurzwelligerer Strahlung (Röntgenstrahlung, Gammastrahlung, Höhenstrahlung). Zum elektromagnetischen Spektrum allgemein meint der Autor:

Die genannte Einteilung des elektromagnetischen Spektrums ist relativ willkürlich vorgenommen worden. Die einzelnen Bereiche überschneiden sich außerdem teilweise. Der wesentliche Gesichtspunkt der Gliederung sind die unterschiedlichen Methoden, mit denen die Wellen erzeugt werden, d.h. die verschiedenen Prinzipien der Strahlungsquellen. (S. 13)

Da in dem Werk die optische Strahlung im Vordergrund steht, findet sich auf Seite 16 eine genauere Untergliederung der optischen Strahlung in IR-C, IR-B, IR-A, VIS, UV-A, UV-B und UV-C. Der Autor beschreibt den Bereich der optischen Strahlung als „den Teil des elektromagnetischen Spektrums, in dem Wellen- und Quantencharakter gleichrangig zu berücksichtigen sind“ (S. 16).

Es handelt sich um ein ausführliches Nachschlagewerk, das vergleichsweise viel auf das Thema Strahlung (nicht nur mathematisch betrachtet) und deren Einordnung – zumindest in der Einleitung – eingeht.

#### **2.2.2.2 Optik: Lichtstrahlen – Wellen – Photonen (Zinth und Zinth; 2005)**

In dem Standardwerk von Zinth und Zinth (2005) finden Strahlen im Bereich der geometrischen Optik Erwähnung oder als „Strahlungsfluss“ und „Strahlstärke“ (S. 283). Auch in der Darstellung des elektromagnetischen Spektrums auf Seite 3 werden nur die Begriffe IR-Licht und UV-Licht verwendet, während der kurzwelligere Bereich sehr wohl als Strahlung bezeichnet wird. Zinth und Zinth (2005) verweisen diesbezüglich darauf, dass früher auch der Begriff „Röntgenlicht“ üblich war und daher die beiden Begriffe Licht und Strahlung äquivalent verwendet werden können. Problematisch könnte dabei nur sein, dass die unterschiedlichen Begriffe suggerieren, es handle sich um unterschiedliche Phänomene.

Betrachtet man allerdings die Definition der Optik als „Lehre vom Licht“ (Zinth & Zinth, 2005, S. 3) und berücksichtigt man, dass es sich bei optischer Strahlung um den UV-Bereich, den IR-Bereich und den sichtbaren Bereich handelt wie bei Haferkorn (2003) erwähnt wird, dann ist die Verwendung der Begriffe UV-Licht und IR-Licht in einem Buch mit Fokus auf Optik durchaus verständlich.

Zinth und Zinth (2005) gilt als einführendes Lehrbuch für Studierende und erhebt den Anspruch, die Inhalte in Zusammenhang mit anderen Gebieten der Physik zu stellen. Dafür wird das Thema Strahlung aber stark vernachlässigt beziehungsweise auf geometrische Konzepte reduziert. Denn auch wenn diese Konzepte für die Optik wichtig sind, ist es auch relevant das Thema in einem größeren physikalischen Kontext zu sehen.

So kann zusammenfassend gesagt werden, dass der Begriff Strahlung in Fachbüchern zur Optik nur am Rande vorkommt – hauptsächlich im Zusammenhang mit Strahlungsoptik und die mathematische Bedeutung steht im Vordergrund.

## **2.3 Das Thema Strahlung in Schulbüchern**

In diesem Kapitel wird erläutert, wie das Thema Strahlung in Schulbüchern behandelt wird, wenn es überhaupt vorkommt. Dazu wurden einige Schulbuchreihen für die Unterstufe und für die Oberstufe analysiert. Es wurden die Kapitel der einzelnen Schulbücher durchgesehen und die Kapitel, in denen davon ausgegangen werden konnte, dass das Thema Strahlung vorkommt, wurden gelesen. Danach erfolgte noch eine Begriffssuche im Sachwortregister der Schulbücher, wobei wie im vorherigen Kapitel den Einträgen bei den Begriffen Strahlung, elektromagnetische Strahlung/Spektrum, Infrarotstrahlung, Wärmestrahlung und Ultraviolette Strahlung nachgegangen wurde.

Aufgeteilt nach Unter- und Oberstufe wird im Folgenden beschrieben in welchen Schulbüchern das Thema überhaupt behandelt wird und wie.

### **2.3.1 Unterstufe**

Folgende Schulbuchreihen für die Unterstufe wurden analysiert: „Faszination Physik“, „Physik heute“, „Physik verstehen“, „Physik“ und „Prisma Physik“. Allgemein kann gesagt werden, dass sich die Bezeichnung der Kapitel in den Schulbuchreihen mit den Bezeichnungen im Lehrplan decken. Aufgrund der Lehrplanvorgaben, ist es nicht weiter verwunderlich, dass sich in keinem der Themenbereiche ein allgemeiner Strahlungsbegriff findet. Lediglich im Zusammenhang mit Radioaktivität wird in den entsprechenden Kapiteln der Begriff Strahlung erwähnt beziehungsweise in den Kapiteln zur Optik wird oftmals das Wort „Lichtstrahl“ verwendet.

Im Schulbuch „Faszination Physik 3“ findet der Ausdruck „Wärmestrahlung“ Verwendung: „Licht und Wärmestrahlung können sich auch im Weltall ausbreiten“ (S. 44). Der Terminus „Strahlungsenergie“ wird sowohl im Schulbuch „Physik heute 2“ definiert „Strahlungsenergie ist jene Energieform, mit der die Sonne uns ihre Energie spendet. Sichtbares Licht, UV-Licht, Wärme,... sind Formen von Strahlungsenergie“ (S. 42) als auch im Buch „Physik 3“ verwendet: „Unsere wichtigste Energiequelle ist die Sonne. Sie liefert uns Energie in Form von Strahlungsenergie. Auch Radio- und Fernsehprogramm wird durch Strahlungsenergie übertragen“ (S. 8). Obwohl Magnetismus und Elektrizitätslehre wichtige Kapitel in der Unterstufe darstellen und in den Schulbüchern ausführlich behandelt werden, wird normalerweise nicht auf das elektromagnetische Spektrum eingegangen. Beispielsweise in den Schulbüchern „Physik 4“ (S.79) und „Physik heute 4“ (S. 80) wird jeweils lediglich das Farbspektrum erwähnt und dargestellt. Im Buch „Prisma Physik 4“ wird auf UV- und IR-Strahlung eingegangen (S.74f), es erfolgt aber keine Einordnung in Bezug auf andere Strahlungsarten. Die Ausnahme bildet das Schulbuch „Physik verstehen 4“. Darin wird nicht nur das gesamte elektromagnetische Spektrum abgebildet, sondern es findet sich ein eigener Abschnitt sowohl zu UV- als auch zu IR-Strahlung (S. 66f). Allerdings beschränken sich die Ausführungen hauptsächlich auf die Risiken und es handelt sich um eine sehr vereinfachte Darstellung des Themas.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass das Thema Strahlung in Schulbüchern der Unterstufe – wenn es überhaupt vorkommt – nur mangelhaft behandelt wird und eine Einordnung in einen größeren physikalischen Kontext größtenteils völlig fehlt.

### **2.3.2 Oberstufe**

Für die Oberstufe wurden folgende Schulbuchreihen analysiert: „Physik compact“, „Sexl Physik“ und „Big Bang“.

In der Oberstufe sind die Lehrplanvorgaben fakultativer und so würde das Thema Strahlung zwar zu mehreren der genannten Punkte passen, aber es obliegt den einzelnen Lehrkräften, wieweit sie den Begriff Strahlung an der jeweiligen Stelle vertiefen beziehungsweise überhaupt erwähnen.

In dem Schulbuch „Physik compact 7 Basiswissen“ beispielsweise findet sich im Kapitel „Elektromagnetisches Spektrum“ ein eigener Abschnitt zu „Infrarot, sichtbarem Licht und Ultraviolett“ (S. 105). Es wird kurz auf den jeweiligen Wellenlängenbereich eingegangen und bei der UV-Strahlung werden die Risiken genannt.

Sexl, Kühnelt, Stadler, Jakesch und Sattlberger (2012) erwähnen in ihrem Schulbuch „Sexl Physik 7“ UV-Strahlung im Zusammenhang mit Energieübertragung durch elektromagnetische Wellen. Es wird beispielhaft auf einige Strahlungsarten eingegangen, wie Temperaturstrahlung, Röntgenstrahlung und eben auch UV-Strahlung. Auch wird auf Seite 119 das elektromagnetische Spektrum abgebildet mit Quellen und dem jeweiligen Frequenzbereich.

In der Schulbuchreihe Big Bang von Apolin gibt es im Band 7 einen eigenen Abschnitt zu UV- und IR-Strahlung – ebenfalls als Beispiel für Energieübertragung durch elektromagnetische Wellen. Der Autor selbst fasst den Inhalt des Abschnitts so zusammen: „UV und IR schließen direkt an den sichtbaren violetten bzw. roten Teil des Lichts an. Für IR gibt es eine breite Palette von Anwendungen, bei UV steht auf Grund seiner hohen Energie vor allem der hautschädigende Charakter im Vordergrund“ (S. 93).

Als Beispiel für ein bildgebendes Verfahren wird die Infrarotstrahlung im Schulbuch „Physik compact 8 Themenheft“ erwähnt. Sonst kommt der Strahlungsbegriff nicht vor.

Man sieht also auch in den Schulbüchern für die Oberstufe wird nicht auf den Strahlungsbegriff im Allgemeinen eingegangen, sondern wenn dann kommt der Terminus „Strahlung“ lediglich in anderen Kapitel vor beziehungsweise werden manche Strahlungsarten beispielhaft herausgegriffen und etwas näher beschrieben. Aber eine Einordnung in einen größeren Zusammenhang als physikalisches Phänomen fehlt gänzlich. Es ist also auch in der Oberstufe zu befürchten, dass die kurze und vor allem vereinfachte Darstellung nicht nur den Schülervorstellungen nicht entgegenwirkt, sondern möglicherweise bestätigend wirkt.

## **2.4 Der Strahlungsbegriff**

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass aus wissenschaftlicher Sicht unter dem Begriff Strahlung immer entweder Korpuskular- oder Wellenstrahlung gemeint ist. Auch wenn es weder in physikalischen Standardwerken noch in Fachbüchern zum Thema Optik ein eigenes Kapitel Strahlung gibt, kommt das Thema in allen Bereichen vor, die mit einer der Strahlungsarten zu tun haben.

Dass auch in Schulbüchern der Strahlungsbegriff nicht definiert wird und das Thema allgemein kaum Erwähnung findet, zeigt, dass es weder leicht ist, den Begriff kurz und bündig zu definieren noch die Thematik dahinter zu vereinfachen.

Die Vielzahl dessen, was unter dem Begriff Strahlung gemeint sein kann, ist wohl auch der Grund, warum sich keine verallgemeinernden Definitionen finden lassen.

In dieser Arbeit wird der Ausdruck Strahlung im Sinne von elektromagnetischer Strahlung verwendet.

## **2.5 Schülervorstellungen**

In diesem Kapitel soll zuerst ein Überblick über die fachdidaktische Forschung zu Schülervorstellungen gegeben werden. Danach wird näher auf zwei Theorien eingegangen, die sich mit der inneren Struktur von Schülervorstellungen befassen. Im Anschluss geht es um den Begriff Schülervorstellung an sich und die Bedeutung von Schülervorstellungen für den Unterricht. Schließlich werden noch die vorhandenen Studien zum Thema und deren Ergebnisse erläutert.

### **2.5.1 Fachdidaktische Forschung zu Schülervorstellungen in naturwissenschaftlichen Fächern**

Seit den 1970er Jahren hat die fachdidaktische Forschung bezüglich Schülervorstellungen in naturwissenschaftlichen Fächern an Bedeutung gewonnen (Müller, Wodzinski & Hopf, 2004/2011, S. 271). Neumann und Hopf (2011) führen dazu aus, dass Schülervorstellungen in den Prozessen, die beim Lernen ablaufen eine wichtige Rolle spielen und der fachdidaktischen Forschung diesbezüglich daher so viel Bedeutung zugemessen wurde.

In seinem Artikel fasst Duit (2004/2011) die Schwerpunkte der fachdidaktischen Forschung folgendermaßen mit weiterführenden Hinweisen zusammen:

Es wurde in den 1970er Jahren damit begonnen, die Schülervorstellungen zu den wichtigsten naturwissenschaftlichen Begriffen zu untersuchen. Dann standen Arbeiten bezüglich der Erforschung von „Konzeptwechselansätzen“ im Vordergrund, sowie die Erforschung der Vorstellungen zur „Natur der Naturwissenschaften“. Es wurden aber nicht nur die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler untersucht, sondern man beschäftigte sich auch mit den Vorstellungen der Lehrkräfte.

Dabei stellt Duit fest, dass die Arbeiten zu Lehrervorstellungen seit den 1990er Jahren einen großen Anteil der Forschung einnehmen und er befürwortet dies ausdrücklich, da natürlich zuerst von Seiten der Lehrkräfte ein Umdenken stattfinden muss beziehungsweise ein Bewusstsein und die Sensibilität gegenüber den Schülervorstellungen und den damit einhergehenden oder mitunter dadurch zu erklärenden Lernschwierigkeiten geschaffen werden muss. Erst dann kann in weiterer Folge die Aufmerksamkeit darauf gerichtet wer-

den, wie man diesen Schülervorstellungen im Unterricht am besten begegnet und entgegenwirkt. Man kann sogar sagen, dass ein richtiggehender Konzeptwechsel der Lehrkräfte notwendig ist, denn die Vorstellungen der Lehrerinnen und Lehrer, wie ihre Schülerinnen und Schüler lernen, sind der Annahme von der Übergabe des Wissens näher als der konstruktivistischen Sicht. Konstruktivistisch bedeutet, dass sich die Schülerinnen und Schüler neues Wissen auf der Basis ihres bereits vorhandenen Wissens selbst konstruieren müssen. Sie entwickeln also ihr Wissen selbst. Duit (2010) schreibt dazu „Vorstellungen bestimmen das Lernen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten ‚sehen‘ kann“ (S. 1). Dies hat zur Konsequenz, dass Schülerinnen und Schüler selbst verantwortlich sind für das, was sie lernen, da sie eine aktive Rolle im Lernprozess einnehmen. Die Lehrkräfte hingegen sind eher als Helferinnen und Helfer zu sehen. Wohingegen bei der Sicht, dass Wissen übergeben werden kann, Lehrerinnen und Lehrer den aktiven Part einnehmen, indem sie den Schülerinnen und Schülern ihr Wissen übergeben.

Eine andere wichtige Erkenntnis laut Duit (1992) im Zusammenhang mit Lernschwierigkeiten ist, dass natürlich nicht nur Schülervorstellungen das Lernen beeinflussen, sondern auch die soziale Gruppe in der gelernt wird und die bereitgestellten Materialien der Lernumgebung.

## **2.5.2 Die innere Struktur von Schülervorstellungen**

In der aktuellen fachdidaktischen Forschung gibt es zwei gegensätzliche Ansätze, wie die innere Struktur von Schülervorstellungen aussieht. Einerseits wurde von Ioannides und Vosniadou (2002) das Framework Theory Model entwickelt und andererseits beschrieb diSessa bereits 1988 die Knowledge in Pieces – Theorie.

In beiden Theorie geht es grundsätzlich um „conceptual change“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 843). Der Unterschied besteht nun darin, wie dieser stattfinden kann. Die Idee eines conceptual change basiert auf der konstruktivistischen Sicht des Lernens. Zentral dabei ist, wie sich Erkenntnisse verändern beziehungsweise wie sich diese durch Unterricht verändern lassen. Lernen der Physik wird dabei als Konzeptwechsel gesehen (Duit, 2004/2011). Genauer gesagt, sollen die Schülerinnen und Schüler von ihrem eigenen Konzept (also den Schülervorstellungen) zu dem neuen Konzept (nämlich der physikalischen Sichtweise) wechseln.

Damit dies gelingt, können zwei unterschiedliche Lernvarianten verfolgt werden. Einerseits der kontinuierliche Weg, bei dem auf bereits vorhandenen Vorstellungen aufgebaut wird und die Schülerinnen und Schüler so immer näher an die physikalische Sichtweise herangeführt werden und andererseits der diskontinuierliche Weg, bei dem der kognitive Konflikt

im Mittelpunkt steht. Dabei wird beispielsweise die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Phänomen gegenüber der physikalischen Sichtweise abgewogen. Bei dieser Variante ist aber zu bedenken, dass möglicherweise die Schülerinnen und Schüler den Konflikt gar nicht erkennen (Duit, 2004/2011, S.269).

### 2.5.2.1 Knowledge in Pieces

Diese Theorie geht auf diSessa (1988) zurück. DiSessa führt aus, dass es um die Frage geht, ob die „naïve physical ideas“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 843) beziehungsweise „intuitive physics“ (diSessa, 1988, S. 50) der Schülerinnen und Schüler kohärent oder fragmentiert sind.

Sucht man nach einer Definition für den Begriff „Intuitive Physik“ findet man beispielsweise im Dorch Lexikon der Psychologie, dass die naive Physik – auch als intuitive Physik bezeichnet –

die „Gesamtheit des (nicht auf formale Belehrung zurückgehenden) Alltagswissens über die physikalische Welt [darstellt]. Die intuitive Physik umfasst neben verbalisierbaren Konzepten und Erklärungsmustern auch perzeptive und perzeptiv-motorische Komponenten“.

Ein Beispiel dafür wäre die Vorstellung vom Zusammenhang zwischen Kraft und einer Bewegung. Viele Schülerinnen und Schüler gehen davon aus, dass immer eine Kraft die Ursache für eine Bewegung ist. Interessant ist, dass viele dieser „naïve physical ideas“ Parallelen zu den mittelalterlichen Denkweisen der Impetustheorie aufweisen.

Den Kern der Impetustheorie „bildet die Idee einer ‚eingepprägten Kraft‘, dem Impetus, der einem Körper von einem ‚ersten Beweger‘ mitgegeben wurde. Dieser im Körper befindliche Impetus erschlaft mit der Zeit, das wird durch den Widerstand des Mediums, zum Beispiel Luft, verstärkt. [...]Jede Bewegung endet automatisch, wenn der Körper ‚keine Kraft mehr hat‘. [...] Die drängende Frage [damals], auf welche Weise ein in die Luft geworfener Gegenstand in Bewegung gehalten wird, war damit scheinbar gelöst“ („Der Weg zum physikalischen Kraftbegriff von Aristoteles bis Newton“, S. 1).

Diese Definition lässt aber offen, ob es sich bei der intuitiven Physik nun um lose Fragmente oder um zusammenhängende Strukturen handelt. diSessa (1988) kommt dabei zu folgendem Schluss:

„Intuitive physics is a fragmented collection of ideas, loosely connected and reinforcing, having none of the commitment or systematicity that one attributes to theories“ (S. 50).

diSessa (1988) ist also überzeugt, dass die intuitive Physik aus einer großen Anzahl an Fragmenten besteht. Diese Fragmente bezeichnet er als „p-prims“ (diSessa, 1988, S. 52). Dabei steht „p-prims“ für „phenomenological primitives“. DiSessa (1988) bezeichnet die

Fragmente als primitiv, da sie für ihn einfache Abstraktionen von Alltagserfahrungen darstellen, die eigentlich keiner Erklärung mehr bedürfen. Es wird folgendes Beispiel zur Erklärung angeführt:

„Why is it, that you get more result, when you expend more effort“ (diSessa, 1988, S. 52)?

Man weiß aus dem täglichen Leben, „more effort begets more result“ (diSessa, 1988, S. 53). Weil dadurch viele Situationen im täglichen Leben erklärt werden können, dominiert die Sicht „That’s just the way things are“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 857). Die „p-prims“ (diSessa, 1988, S. 52) liefern also meistens ein zufriedenstellendes Verständnis der Welt.

Zur weiteren Veranschaulichung listet diSessa (1988) „p-prims“ auf und erklärt diese auch näher. Dazu nennt er immer ein „key attribute“ (S. 53) und beschreibt eine typische Situation. Im Folgenden sollen nun zwei Beispiele davon näher ausgeführt werden:

#### **Ohm’s Law:**

Schlüsselbegriff: „agency“

Beispiel: eine Box anstoßen mit unterschiedlicher Kraft auf unterschiedlichen Untergründen

diSessa (1988) bezeichnet dabei das Ohm’sche Gesetz als fundamentalstes „p-prim“, da es die erweiterte Version vom oben genannten Beispiel „more effort begets more result“ (diSessa, 1988, S. 53) darstellt. Es gibt dabei immer einen Handelnden oder „the impetus“ (S. 53), der versucht durch Anstrengung gegenüber einem Widerstand einen Effekt zu erzielen. Unter diesen Umständen betrachtet, ergibt mehr Anstrengung natürlich einen größeren Effekt, sowie ein größerer Widerstand den Effekt verringert. Es handelt sich dabei also um eine direkte Interpretation des Ohm’schen Gesetzes, das ja die Beziehung zwischen Spannung („Impetus“), Widerstand (elektrischer Widerstand) und Stromstärke („the result“ also der Effekt) angibt. diSessa geht sogar so weit zu sagen, dass es sich dabei um ein p-prim handelt, das in zwischenmenschlichen Situationen angewendet werden kann bei denen es um Beeinflussung beziehungsweise um die Wirkung nicht nur im physikalischen Kontext geht. Des Weiteren verweist diSessa darauf, dass der Begriff Wirkung an sich und dessen Bedeutung in der Physik eine interessante Rolle spielt, die sich stark gewandelt hat.

**Force as a mover:**

Schlüsselbegriff: „violence“

Beispiel: Ein Wurf

Dieses p-prim beschreibt diSessa (1988) als einfache Abstraktion dessen, was bei einem senkrechten Wurf passiert. Es gibt den Impuls, die Beschleunigung, den Abwurf und eine resultierende Krafteinwirkung in derselben Richtung, in welcher der Impuls eingewirkt hat. Die Wirkung wird beeinflusst durch Größen wie beispielsweise das Gewicht – oder in der Begrifflichkeit des Ohm’schen Gesetzes durch den Widerstand.

Im Folgenden sollen nun die weiteren Beispiele tabellenartig angeführt werden:

<b>p-prim</b>	<b>Schlüsselbegriff</b>	<b>Beispiel</b>
Continuous force	Steady effort	Ein Motor, der ein Auto antreibt
Dying away	Fading amplitude	Das Läuten einer Glocke, die einmal angeschlagen wurde
Dynamic balance	Conflict	Gleichgewicht und Ungleichgewicht; einander entgegen gerichtete Kräfte
Overcoming	Success	Die stärkere Kraft überwindet die schwächere

(diSessa, 1988, S. 53)

In diesem Zusammenhang geht diSessa dann auch auf die Impetustheorie ein und vergleicht sie später auch mit seiner „Knowledge in Pieces“ – Theorie (diSessa, 1988).

Laut des „Knowledge in Pieces“ – Modells ist also von Wissensfragmenten – den p-prim – auszugehen über die die Schülerinnen und Schüler verfügen und die Aufgabe der Lehrkraft ist, die Schülerinnen und Schüler dazu zu bringen, dass sie erkennen in welchem Kontext sie welches p-prim anwenden müssen.

**2.5.2.2 Framework Theory Modell**

Ioannides und Vosniadou (2002) vertreten die These, dass die Schülerinnen und Schüler über schon in der Kindheit tief verwurzelten Konzeptstrukturen über physikalische Phänomene verfügen. Sie beziehen sich damit auf die Ergebnisse früherer Studien (Vosniadou &

Brewer, 1992, 1994). Sie führen des Weiteren aus, dass es sich bei den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler um ein „gut etabliertes und kohärentes Erklärungsmuster“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 858) handelt, das Ioannides und Vosniadou (2002) als „framework theory model“ bezeichnen. Im Unterschied zu der „Knowledge in Pieces“-Theorie von diSessa konstatieren Vosniadou und Brewer (1992, 1994) also „kohärente Modelle“ hinter den Erklärungen der Schülerinnen und Schülern:

„These latent presuppositions about the physical world form what Vosniadou calls a framework theory, which constrains and shapes the ways children think about and understand many particular issues“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 858).

Um ihre These zu bestätigen, führten Ioannides und Vosniadou 2002 eine Studie durch.

In der Studie wurde die Bedeutung der Kraft für Schülerinnen und Schüler beziehungsweise die Veränderung der Bedeutung je nach Alter der Schülerinnen und Schüler untersucht, um dadurch Rückschlüsse ziehen zu können, welche Struktur hinter diesen Vorstellungen liegen.

Sie befragten dafür Schülerinnen und Schüler verschiedener Altersstufen zu einem Themenbereich und verglichen ihre Antworten mit der wissenschaftlichen Sichtweise dazu. Sie stellten folgende 4 Kernkategorien auf, in welche die Erklärungen der Schülerinnen und Schüler strukturellen eingeordnet werden sollten:

- Internal Force: an internal property of stationary objects related to size or weight
- Acquired Force: an acquired property of inanimate objects that explains their motion and their potential to act on other objects
- Force of Push or Pull: the interaction between an agent (usually animate) and an (usually non-animate) object
- Force of Gravity: the interaction at a distance between physical objects and the earth (Ioannides & Vosniadou 2002, S. 20 f).

Ioannides und Vosniadou (2002) stellten dabei fest, dass viel Schülerinnen und Schüler die Kernkategorie „Internal force“ und „Acquired force“ zur Erklärung der Bedeutung des Kraftbegriffs verwendet oder eine Kombination daraus, während die letzten beiden Kategorien keine Erwähnung fanden. Ioannides und Vosniadou (2002) interpretierten ihre Studienergebnisse dahingehend, dass „beinahe 90% der Probandinnen und Probanden nur eine kleine Anzahl an klar definierten und in sich widerspruchsfreien Interpretationen vom Kraftbegriff verwendeten“ (S. 2).

Ein weiteres Resultat der Studie ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Bedeutung des Kraftbegriffs weiterentwickeln von „Internal meaning of force through a composite (but un-instructed) Internal/Acquired meaning to the Acquired meaning“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 864).

Auf Grund dieser Resultate sehen Ioannides und Vosniadou (2002) ihre These als bestätigt an. In weiterer Folge lautet ihre Konsequenz, dass ein Konzeptwechsel nur dann stattfinden kann, wenn die schon in der Kindheit tief verwurzelten Konzeptstrukturen („kohärente Modelle“) aufgebrochen und von Grund auf neu erschaffen werden.

### **2.5.2.3 „Quasi-replication“ – Studie (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004)**

Als nun jedoch diSessa und sein Team die Studie (Ioannides & Vosniadou, 2002) – mit geringfügig verändertem Setting – wiederholten, kamen sie zu völlig anderen Ergebnissen: Einerseits werden mehr Eigenschaften von den Schülerinnen und Schülern erwähnt, als in der Publikation von Ioannides und Vosniadou (2002) angegeben werden. Andererseits fanden diSessa, Gillespie und Esterly (2004) Differenzen bezüglich dessen, wie die Probandinnen und Probanden über die neuen Kontexte dachten. Des Weiteren konnten viele Argumente identifiziert werden, die nicht in die Kernkategorien von Ioannides und Vosniadou eingeordnet werden können.

diSessa und sein Team schlussfolgern, dass die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zwar nicht völlig willkürlich und chaotisch sind, aber weder so einfach zu beschreiben sind, wie von Ioannides und Vosniadou (2002) vorgeschlagen, noch können sie als systematisch bezeichnet werden.

Dies wiederum bestätigt diSessa's „Knowledge in Pieces“ – Theorie, dass Schülerinnen und Schüler in ihren Vorstellungen keine zusammenhängenden Konzeptstrukturen haben, sondern „lose Fragmente, die sie spontan zu neuen Erklärungen zusammenfügen“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 158 f). Diese These hat dann zur Folge, dass nicht mehr das gesamte Netzwerk aufgebrochen werden muss, sondern es muss nur dafür gesorgt werden, dass die „Basis-Bausteine im richtigen Kontext aktiviert werden“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 158 f).

Mittels der „Knowledge in Pieces“ – Theorie besteht die Möglichkeit, Schülervorstellungen unter einer neuen Sichtweise zu betrachten. Beispielsweise kann die weit verbreitete Vorstellung, wie die Jahreszeiten entstehen (Hammer, 1996), so erklärt werden, dass das „p-prim“ „näher bedeutet stärker“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 159), das viele Situationen zufriedenstellend erklären kann, in Bezug auf die Entstehung der Jahreszeiten nicht richtig eingesetzt ist und somit zu einer fehlerhaften Interpretation führt. Nun muss aber nicht die

Konzeptstruktur aufgebrochen werden, sondern es muss dafür gesorgt werden, dass das „p-prim“ nur im richtigen Kontext eingesetzt wird beziehungsweise, dass der richtige Kontext geboten wird, um ein „p-prim“ zu aktivieren. Im oberen Beispiel würde dies bedeuten, man muss den Schülerinnen und Schülern bewusst machen, dass das „p-prim“ „näher bedeutet stärker“ im Falle der Entstehung der Jahreszeiten nicht angemessen ist und die Realität nicht wirklich erklärt, da die Entstehung der Jahreszeiten mit dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen zu tun hat. Aber das „p-prim“ kann in anderen Situationen sehr wohl eingesetzt werden – beispielsweise wenn es um den Kraftbegriff geht.

#### 2.5.2.4 Unterschied Framework theory – Knowledge in pieces

Vosniadou (2008) veröffentlichte ein Buch mit Artikeln von verschiedenen Autorinnen und Autoren, in denen es um Konzeptwechsel geht. Im ersten Teil des Buches geht es um die verschiedenen theoretischen Ansätze bezogen auf den Konzeptwechsel. In dem Artikel von Vosniadou, Vamvacoussi und Skopeliti (2008) führen die Autorinnen zuerst aus wie ein Konzeptwechsel im Framework Theory Modell stattfinden kann und dann beschreiben sie wie dieser in anderen Theorien vollzogen werden kann. Dabei gehen Vosniadou, Vamvacoussi und Skopeliti auch auf diSessas „Knowledge in pieces“ – Theorie ein. Sie erklären, dass sich diSessas Idee gar nicht so sehr von ihrer Framework theory unterscheidet und dass die p-prims ebenfalls konsistent mit ihrer Theorie sind. Der Unterschied laut Vosniadou, Vamvacoussi und Skopeliti (2008) besteht darin, dass ihrer Meinung nach eine Einordnung der p-prims in einen größeren physikalischen Rahmen schon früher stattfindet als diSessa vorschlägt. Vosniadou, Vamvacoussi und Skopeliti (2008) beschreiben den Unterschied zwischen ihrem und diSessas Zugang folgendermaßen:

„According to this position [diSessas position], the process of learning science is one of collecting and systematizing the pieces of knowledge into large wholes. This happens as p-prims change their function from relatively isolated, self-explanatory entities to become pieces of a larger system of complex knowledge structures such as physics laws. [...] Our position is not inconsistent with the view that something like diSessa's p-prims constitute an element of the knowledge system of novices and experts. [...] In our view [...] p-prims should become organized in knowledge structures much earlier than diSessa believes“ (Vosniadou, Vamvacoussi & Skopeliti, 2008, S. 23).

Betrachtet man nun beide theoretischen Ansätze und die Aussagen der jeweiligen Vertreterinnen und Vertreter, kann man sagen, dass der wichtigste Punkt – nämlich die Aussage, dass es „p-prims“ (diSessa, 1988) beziehungsweise „lose Wissensfragmente“ (Ioannides und Vosniadou, 2002) gibt und diese beim Lernen von Physik systematisiert werden, also

zu einem neuen einheitlichen wissenschaftlichen Konzept zusammengefügt werden – in beiden Ansätzen vorkommt. Es gibt natürlich gewisse Unterschiede wie beispielsweise wann nun die Einordnung in ein physikalisches Konzept passiert, aber das sollte als nachrangig betrachtet werden, denn für die Praxis relevant erscheint die Kenntnis, dass es prinzipiell beziehungsweise lose Wissensfragmente gibt und welche es gibt.

### **2.5.3 Der Begriff „Schülervorstellungen“**

In der Literatur werden viele ähnliche Begriffe verwendet wie Schülervorstellungen, Alltagsvorstellungen, Alltagserfahrungen usw. Die Vielfalt an Begriffen spiegelt auch die Vieldeutigkeit dessen wider, was unter dem einen Begriff der Schülervorstellungen gemeint sein kann (Wodzinski, 2004/2011):

Zur Beschreibung dessen, was die Schülerinnen und Schüler an Vorerfahrungen bzw. Vorstellungen in den Unterricht mitbringen, gibt es eine Reihe von unterschiedlichen Bezeichnungen, wie Schülervorstellungen, Alltagsvorstellungen, Fehlvorstellungen, alternative frameworks, Schülervorverständnis, Präkonzepte, childrens's science, intuitive science, Sichtweisen, facets of knowledge, etc. (S. 23)

Je nach verwendetem Begriff kann auf einen unterschiedlichen theoretischen Ansatz, der dahinter steckt, geschlossen werden beziehungsweise hat jeder Begriff eine etwas unterschiedliche Bedeutung.

Da hauptsächlich der Begriff Schülervorstellungen Verwendung findet, soll nun auf diesen noch näher eingegangen werden, denn auch dieser eine Begriff kann unterschiedlich abstrakt verwendet werden. Es kann beispielsweise die Vorstellung einzelner Schülerinnen und Schüler gemeint sein oder die Vorstellung, „die aufgrund einer bestimmten Sozialisation einer ganzen Kultur zugeschrieben“ (Wodzinski, 2004/2011, S. 23) wird. Eine andere Dimension der Differenzierung ist der inhaltliche Umfang, auf den sich die Schülervorstellungen beziehen, denn man kann sich mit dem Begriff sowohl auf die Schülervorstellungen zu einem Phänomen, als auch auf viele miteinander vernetzte Vorstellungen beziehen. Des Weiteren kann man Schülervorstellungen hinsichtlich ihrer Glaubwürdigkeit unterscheiden, denn es gibt eine Differenz „zwischen dem, was ein Schüler oder eine Schülerin zwar weiß oder versteht, aber nicht wirklich glaubt, und dem, wovon er oder sie tief überzeugt ist. Ein Schüler oder eine Schülerin kann z.B.: die Sichtweise der Physik reproduzieren und anwenden, ohne selbst davon überzeugt zu sein“ (Wodzinski, 2004/2011, S. 23).

Duit (2010) beschreibt diese Problematik als folgendes Dilemma:

Wenn wir etwas hören, sehen, lesen oder anderweitig erfahren, so versucht das Gehirn die eingehenden Sinneseindrücke zu interpretieren. Das ist nur auf der Basis der bereits vorhandenen ‚Vorstellungen‘ möglich. Das ‚Neue‘ kann immer nur aus der Perspektive des bereits ‚Vorhandenen‘ interpretiert werden. Es liegt auf der Hand, dass das ‚Neue‘ anders interpretiert wird, als es z.B. von der Lehrkraft gemeint war. Missverständnisse zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen und Schülern sind so die Folge. (S. 267)

Dies kann mit folgendem Beispiel verdeutlicht werden: „Der Lehrer sendet ein Signal an den Lernenden, schreibt zum Beispiel einen Satz an die Tafel oder sagt einen Satz in einem Gespräch. Dieser Satz hat für den Lehrer im Rahmen seiner Vorstellungen eine ganz bestimmte Bedeutung. Der Lernende verfügt aber über diese Vorstellungen noch gar nicht, sondern ist zur Interpretation des Satzes auf seine vorhandenen Vorstellungen angewiesen. Häufig verleiht er demselben Satz eine andere Bedeutung als der Lehrer“ (Duit, 2010, S. 2).

In der vorliegenden Arbeit beziehen sich die verwendeten Begriffe auf „naïve physical ideas“ (diSessa, Gillespie & Esterly, 2004, S. 843) der Schülerinnen und Schüler. Es geht also in erster Linie um die Vorerfahrungen und Vorstellungen aus dem Alltag und nicht so sehr um den theoretischen Ansatz dahinter. Wichtig dabei ist auch, dass die Komplexität der Begriffe mitgedacht wird.

#### **2.5.4 Schülervorstellungen und ihre Bedeutung für den Unterricht**

Da Schülerinnen und Schüler, wenn sie in den Physikunterricht kommen, bereits in vielfältigen Alltagserfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu den Begriffen und Phänomenen und Prinzipien entwickelt haben, um die es im Unterricht gehen soll, ist es für Lehrkräfte unabdingbar diese nicht nur zu kennen, sondern auch die Vorstellungen bei der Unterrichtsplanung zu berücksichtigen. Der Großteil der Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern stimmen nicht mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen überein. Hierin liegt eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten. Aus der modernen Unterrichtsforschung weiß man, dass Lernen „Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aktiv aufzubauen“ (Duit, 2010, S. 1) bedeutet. Nun muss man sich bewusst sein, dass auch die Alltagssprache das Bild beeinflusst, das sich Schülerinnen und Schüler von der Welt machen. Dazu schreibt Duit (2010):

Zunächst bewahrt die Alltagssprache Vorstellungen wie ‚Die Sonne geht auf‘, die dem Bild, dass die Sonne die Erde umrundet, näher steht als die heutige Auffassung. Weiterhin trägt die Art und Weise, wie im Alltag von Erscheinungen wie Elektrizität, Strom, Wärme, Energie

und Kraft die Rede ist, ebenfalls zur Ausbildung von tief verankerten Alltagsvorstellungen bei.  
(S. 1)

Somit kann festgehalten werden, dass Schülervorstellungen eine der Ursachen für Lernschwierigkeiten darstellen.

Um zu verstehen, wie nun sinnvoll mit Schülervorstellungen im Unterricht umgegangen werden kann, sollte man sich vergegenwärtigen, wie die moderne Lehr- und Lernforschung „Lernen der Physik“ (Duit, 2010, S. 3) überhaupt sieht. Duit (2004/2011) spricht in diesem Zusammenhang sogar von einem „Einleben in eine neue ‚Kultur‘“ beziehungsweise von einem „Erlernen einer neue Sprache“ (ebd., S. 270). Es steht dabei ein Konzeptwechsel im Vordergrund.

Die Schülerinnen und Schüler sollen von einem Konzept – ihren Schülervorstellungen – zu einem neuen Konzept – einer wissenschaftlich anschlussfähigen Sichtweise – wechseln. Es hat sich gezeigt, dass es sehr schwierig ist zu versuchen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Vorstellungen gänzlich aufgeben. Lehrkräfte sollten sich bewusst sein, dass es möglicherweise besser ist, nur zu versuchen, die Schülerinnen und Schüler einen Schritt in Richtung der physikalischen Sichtweise zu bringen, beispielsweise indem man sie davon überzeugt, „dass die physikalische Sichtweise in bestimmten Situationen angemessener und fruchtbarer ist als ihre Schülervorstellungen“ (Duit, 2004/2011, S. 268). Es ist bereits ein großer Schritt in die richtige Richtung, wenn Lehrkräfte einen Konzeptwechsel der Schülerinnen und Schüler anstreben. Dies stellt richtiggehend einen Konzeptwechsel auf Seiten der Lehrkräfte dar, da diese ihr fachdidaktisches Denken über Physikunterricht ändern müssen, wenn sie nach diesem Konzept vorgehen wollen.

Dazu hat Duit (2002, S. 16f) eine Liste von „Unterrichtsstrategien, die den Konzeptwechsel [bei Schülerinnen und Schülern] unterstützen“ erstellt, die einen Ablauf im Unterricht darstellen:

#### Vertraut machen mit den Phänomenen

In dieser Phase des Unterrichts sollten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit bekommen, eigene Erfahrungen mit dem Phänomen zu machen. Eine Möglichkeit, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit der Thematik auseinandersetzen, ist Schülerversuche durchzuführen.

#### Bewusstmachen der Schülervorstellungen

Um den Schülerinnen und Schülern ihre Vorstellungen bewusst zu machen, kann man beispielsweise eine Diskussion zuerst in Kleingruppen stattfinden lassen und die Ergebnisse dann als Präsentation im Plenum arrangieren.

### Einführung in die physikalische Sichtweise

Eventuell kann die Plenumsdiskussion auch gleich genutzt werden, um die wissenschaftliche Betrachtungsweise durch die Lehrkraft einzubringen. Alternativ kann die Einbringung auch durch diverse multimediale Hilfen geschehen. In dieser Phase sollte man sich auch Zeit nehmen, den Schülerinnen und Schülern den Nutzen der neuen Sichtweise näherzubringen.

### Anwendung der neuen Sichtweise

Die Forschung zu Schülervorstellungen hat gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler zwar durch den Unterricht die physikalische Sichtweise kennen lernen und lernen, diese oftmals aber nicht glauben. Daher ist diese Phase besonders wichtig. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler an weiteren Beispielen die neue Sichtweise anwenden und dadurch ihr Wissen verfestigen.

### Rückblick auf den Lernprozess

Um den Schülerinnen und Schülern den Lernprozess zu verdeutlichen, bietet sich an, an einem konkreten Beispiel zu besprechen, wie vor der Stunde über die Sache gedacht wurde und wie am Ende. An dieser Stelle kann auch nochmals auf die Vorteile der neuen Sichtweise hingewiesen werden.

Wie jeder Unterrichtsvorschlag ist auch dieses Konzept kein Garant für einen erfolgreichen Unterricht, aber es berücksichtigt jedenfalls Erkenntnisse aus der Lehr- und Lernforschung. Wichtig für den Erfolg dieser Unterrichtsstrategie ist sicher auch, dass die Lehrkraft überzeugt von ebendieser ist und die einzelnen Phasen konsequent einhält.

Abgesehen von der Diskussion um Konzeptwechsel ist es grundsätzlich aber einmal wichtig, dass Lehrkräfte die Schülervorstellungen überhaupt kennen, sie ernst nehmen und in der Unterrichtsplanung berücksichtigen. Um ein besseren Überblick über den Komplex der Thematik bezüglich Schülervorstellungen zu haben, ist es vorteilhaft, wenn man sich die Zusammenfassung der Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung von Wodzinski (2004/2011, S. 26) ansieht:

- Schülervorstellungen sind sehr resistent gegen Veränderungen.
- Bereichsspezifische Untersuchungen zeigen international ähnliche Ergebnisse.
- Es gibt eine begrenzte Anzahl an grundlegenden alternativen Konzepten, die das Schülerverhalten in verschiedenen Situationen hinreichend erklären.
- Schüler aktivieren unterschiedliche Konzepte in Situationen, die für Physiker äquivalent sind.

- Schüler passen ihre Konzepte der jeweiligen Situation an.
- Schüler beobachten und argumentieren kontextabhängig. Das bedeutet, durch Experimente lassen sie sich nur begrenzt überzeugen.

Der konkrete Umgang im Unterricht mit Schülervorstellungen kann dann einerseits über einen „kontinuierlichen“ oder andererseits über einen „diskontinuierlichen“ Weg erfolgen (Duit, 2004/2011, S. 269). Dabei bedeutet kontinuierlich, dass versucht wird, an Vorstellungen anzuknüpfen, „deren Alltagsverständnis nicht oder möglichst wenig mit dem physikalischen Verständnis kollidiert“ (Duit, 2004/2011, S. 269).

Diskontinuierliche Wege stehen in engem Zusammenhang mit dem kognitiven Konflikt. Es wird beispielsweise gezeigt, dass die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler nicht mit dem tatsächlichen Ausgang eines Experiments übereinstimmen. Laut Literatur hat es sich aber gezeigt, „dass in aller Regel ein kognitiver Konflikt nicht ausreicht, um die Lernenden von der physikalischen Sicht zu überzeugen – häufig verstehen die Schülerinnen und Schüler überhaupt nicht, worin der Konflikt besteht und was er bedeutet“ (Müller, Wodzinski & Hopf, 2004/2011, S. 269).

### **2.5.5 Studien und Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen und Strahlung**

Die Schülervorstellungen zu klassischen Gebieten der Physik sind bereits gut erforscht. Aus den Forschungserkenntnissen im Bereich der Optik können gewisse Anknüpfungspunkte zum Thema Schülervorstellungen zum Begriff Strahlung gefunden werden, aber grundsätzlich ist sehr wenig Datenmaterial vorhanden. Rego und Peralta (2006) führten eine Studie bezüglich ausgewählter Aspekte des Themas Strahlung durch (Strahlungsquellen, Auswirkungen auf den menschlichen Körper, Sicherheitsaspekte). Die Ergebnisse der Studie können wie folgt zusammengefasst werden: Die Probandinnen und Probanden der Studie waren zwar mit dem Strahlungsbegriff vertraut, Begriffe wie ‚ionisierende Strahlung‘ oder ‚kosmische Strahlung‘ waren ihnen aber nicht geläufig. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Sonne als Strahlungsquelle zwar allgemein bekannt war, aber andere Strahlungsquellen (z. B. Radon, Erdboden, ...) nur von wenigen erkannt wurden (Libarkin, Asghar, Crockett, & Sadler, 2011; Neumann & Hopf, 2011). Auch was den Forschungsstand zu Schülervorstellungen zu IR- und UV-Strahlung betrifft gibt es kaum Datenmaterial. Eine diesbezügliche Studie von Libarkin et al. (2011) ergab, dass bei Schülerinnen und Schülern kaum Vorwissen zu IR-Strahlung vorhanden ist. UV-Strahlung ist zumindest besser bekannt, wenn auch hier Vorstellungen vorherrschen, die weit entfernt von der physikalischen Sichtweise liegen. Positiv auffällig war, dass etwa 80 % der Studienteilnehmerinnen und –teilnehmer die Sonne als Quelle von UV – Strahlung identifizieren konnten. Allerdings

glaubten die meisten, der im Anschluss Interviewten, dass die Sonne die einzige Quelle ist beziehungsweise, dass Sonnenlicht nur UV – Strahlung ist. Das Besondere an dieser Studie ist, dass auch Lehrkräfte befragt wurden. Es zeigte sich, dass nur rund die Hälfte dieser eine präzise und vollständige Definition von UV – Strahlung geben konnte. Besonders bedenklich ist auch das Ergebnis der Studie, dass rund 80 % der untersuchten Schülerinnen und Schüler glaubten, dass es möglich ist Objekte zu sehen, wenn ausschließlich UV-Strahlung vorhanden ist. Erwähnenswert ist auch, dass den meisten Schülerinnen und Schülern der physikalische Zusammenhang zwischen UV-Strahlung, IR-Strahlung und anderen elektromagnetischen Strahlungsarten offensichtlich nicht bekannt ist (Libarkin et al., 2011).

Der einzige Bereich beim Thema Strahlung, der besser erforscht ist, stellt die ionisierende Strahlung dar. Dies allerdings nicht im Kontext als Strahlungsart, sondern in Zusammenhang mit Radioaktivität (Ursprung, Nutzen und Gefahren von Radioaktivität sowie Kernkraftwerke). Hierbei zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler den Begriff ‚Radioaktivität‘ stark mit dem Begriff ‚Strahlung‘ verbinden, wobei sie mit dem Wort ‚Strahlung‘ eigentlich den Transport radioaktiver Quellen meinen. Diese Vorstellung, dass nicht klar zwischen ‚irradiation‘ und ‚contamination‘ unterschieden wird, konnte bereits 1996 durch eine Studie (Millar & Jarnail Singh, 1996) identifiziert werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass sich vereinzelt Forscherinnen und Forscher mit der Thematik der Schülervorstellungen zu Strahlung beschäftigt haben. Es wurden im Laufe der Zeit unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, wobei die zentrale Erkenntnis über die Wichtigkeit der Kenntnis von Schülervorstellungen immer eine Rolle spielte. Dennoch ist es im deutschsprachigen Raum nach wie vor so, dass sich zu manchen physikalischen Begriffen erst sehr wenige Forschungsprojekte mit der Erhebung von Schülervorstellungen beschäftigt haben. Ein Beispiel hierfür wäre der Begriff der Strahlung beziehungsweise Schülervorstellungen zu den einzelnen Strahlungsarten. Den Beginn der Forschung zum Strahlungsbegriff im deutschsprachigen Raum stellt eine explorative Studie von Neumann und Hopf (2011) dar. Dabei sollten Schülerinnen und Schüler zeichnen, was sie mit dem Strahlungsbegriff assoziieren. Anschließend wurden dann Interviews mit einigen der Teilnehmerinnen und Teilnehmern geführt. Die Ergebnisse der Studie lassen sich dabei folgendermaßen zusammenfassen: Die Analyse der Schülerzeichnungen ergab einerseits, „dass die Motive stark altersabhängig waren: Schülerinnen und Schüler der vierten Schulstufe zeichneten zum überwiegenden Teil Quellen sichtbarer Strahlung (Sonne, Taschenlampe, ...). Mit zunehmendem Alter nahm der Anteil derjenigen signifikant zu, die Objekte im Zusammenhang mit unsichtbarer Strahlung (Handys, Atomkraftwerke, ...) wählten“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 157). Andererseits ließ sich ein geschlechterspezifischer Unterschied bei der Anzahl von Zeichnungen mit Motiven zur Radioaktivität feststellen:

„Obwohl das Geschlechterverhältnis über alle Schulstufen annähernd ausgewogen war, stammten mehr als doppelt so viele Zeichnungen, auf denen Motive zur Radioaktivität zu sehen waren, von Schülern wie von Schülerinnen. Bei allen anderen Motiven lässt sich keinerlei signifikanter Zusammenhang mit dem Geschlecht der Schülerinnen und Schüler feststellen“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 170).

Durch die Interviews konnte festgestellt werden, dass etwa die Hälfte der Interviewten auch bei Konfrontation mit den Begriffen Handystrahlung und Radioaktivität nicht darauf kamen, dass es neben den von ihnen gezeichneten Motiven zu sichtbarer Strahlung auch unsichtbare Strahlung gibt. Besondere Aufmerksamkeit sollten Lehrkräfte dem Ergebnis der Studie widmen, dass rund 65 % der Befragten den Unterricht als wichtigste Informationsquelle angeben. Damit hat dieser einen fast genauso großen Einfluss auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, wie Gespräche mit Familienmitgliedern.

In dem Artikel weisen Neumann und Hopf (2011) darauf hin, dass „Schülervorstellungen zum Thema ‚Strahlung‘ noch kaum erforscht sind“ (ebd., 2011, S. 174) und dass es wichtig wäre in Anknüpfung an ihre Studie ausführliche Interviews mit Schülerinnen und Schülern zu führen, die bereits mit diesem Thema im naturwissenschaftlichen Unterricht konfrontiert worden sind, um mehr über die Schülervorstellungen zu Strahlung herauszufinden. Wobei darauf hingewiesen werden soll, dass bereits die Kenntnis der Assoziationen von Schülerinnen und Schülern zum Strahlungsbegriff hilfreich für den Unterricht sind. Einerseits um eine erste Vorstellung zu bekommen, wie Schülerinnen und Schüler über dieses Thema denken und andererseits um eine Lernumgebung zu schaffen, die die Schülerinnen und Schüler anregt ihr Vorwissen hervorzurufen, um die Möglichkeit zu haben, an dieses anzuknüpfen (Neumann & Hopf, 2012).

### **2.5.6 Aktuelle Forschung und Forschungserkenntnisse**

Auch wenn es mittlerweile viel mehr Forschungsarbeiten zum Thema Lehren und Lernen in naturwissenschaftlichen Fächern gibt, weist dieses Gebiet noch viele Lücken auf und gewonnene Erkenntnisse werfen oft neue Fragen auf.

Bereits laut Duit (2004/2011) sind wichtige Forschungsfelder, einerseits ob Unterrichtsansätze zum Konzeptwechsel auch im Unterrichtsalltag umgesetzt werden können und andererseits „ob das fachdidaktische Denken der Lehrkräfte in Richtung auf die konstruktivistische Sicht vom Lehren und Lernen entwickelt werden kann und ob dann der gehaltene Unterricht zu besseren Ergebnissen führt als bisher“ (Duit, 2004/2011, S. 271). In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass mittlerweile Plotz (2017) die Lernwirksamkeit der

Methode des Cross-Age Peer tutorings betreffend des Unterrichtsinhalts Strahlung zeigen konnte. Ansonsten fehlen in diesen Bereichen noch viele Antworten.

Auch betreffend Forschungserkenntnissen bezüglich Schülervorstellungen verhält es sich ähnlich. Besonders der Themenbereich Strahlung ist nach wie vor unzureichend erforscht. Der derzeitige Stand der fachdidaktischen Forschung kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

Eine der dokumentierten Schülervorstellungen ist, dass viele Schülerinnen und Schüler der Meinung sind, Licht und Strahlung können nicht synonym verwendet werden können, da es sich um grundsätzlich unterschiedliche, physikalische Phänomene handelt. Ferner wird Strahlung von Schülerinnen und Schülern als etwas verstanden, das nur von technischen Geräten ausgesendet wird (Neumann, 2014). Des Weiteren halten Schülerinnen und Schüler an der Idee fest, dass man sich Strahlung als strahlende Partikel vorstellen kann. Nicht zu vergessen, dass Strahlung von der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler laut Neumann (2014) als schädlich eingestuft wird und verschiedene Umweltprobleme der Strahlung zugeschoben werden (Neumann & Hopf, 2012).

Bezüglich Vorstellungen zu UV-Strahlung ist zu sagen, dass zwar viele Schülerinnen und Schüler die Sonne als UV-Quelle nennen können, andererseits vermuten aber die meisten, dass es sich bei der Sonnenstrahlung nur um UV-Strahlung handelt. Das Thema Sichtbarkeit von Strahlung ist nicht so einfach zu klären. Mehrere Untersuchungen (Langer, 2015; Neumann & Hopf, 2012) haben gezeigt, dass zwar bekannt ist, dass UV-Strahlung unsichtbar ist, aber gleichzeitig wird UV-Strahlung oft als helles Licht oder „sehr ultraviolett“ beschrieben. Während es zu Schülervorstellungen bezüglich UV-Strahlung zumindest einige Arbeiten gibt, weist Schöfl (2016) darauf hin, dass „spezifische Forschung über Schülervorstellungen der Infrarotstrahlung noch weitgehend ausgeblieben sind. Die allgemeinen Kenntnisse über Strahlung können aber als Ausgangspunkt herangezogen werden“ (ebd., 2016, S. 19).

Plotz (2017) konnte mit seinem Forschungsprojekt das Unwissen auf dem Gebiet der Schülervorstellungen zum Thema Strahlung weiter verringern. Zuerst konnten zwei neue Schülervorstellungen identifiziert werden, nämlich einerseits die Schülervorstellung bezüglich künstlich-natürlich und andererseits die Schülervorstellung zur Gefährlichkeit der Strahlung. Dazu erläutert Plotz (2017):

Die Vorstellungen von SchülerInnen zu Strahlung lässt sich anhand zweier Kategorien verorten. So ordnen SchülerInnen Strahlungsarten anhand der Kategorien „künstlich-natürlich“ bzw. „nützlich-gefährlich“ an. Die beiden Achsen symbolisieren auch die dahinterliegenden Vorstellungen, die je nach Kontext aktiviert werden. (S.204)

Ein weiteres Ergebnis des Forschungsprojekts (Plotz, 2017) ist, dass Schülerinnen und Schüler zwar die Begrifflichkeiten, die zu einem Kontext passen, kennen, diese aber „keine Ordnung im Sinne einer fachlichen Strukturiertheit besitzen“ (S. 204). Außerdem werden Fachbegriffe oftmals mit fachfremden Erklärungen oder nach etymologischen Konzept erläutert. Des Weiteren wurde die Vorstellung gefunden, dass Röntgenstrahlung vom Knochen reflektiert wird und dass Ultraviolett-Strahlung blau sowie Infrarot-Strahlung rot ist. Alle gefundenen Schülervorstellungen sollten noch an einer größeren Stichprobe verifiziert werden.

Die Schlussfolgerung, die Plotz (2017) dennoch bereits zieht und die als zusammenfassende Aussage für den derzeitigen Stand der Forschung gesehen werden kann, ist gleichzeitig ein Auftrag für weiterführende Forschung: Schülerinnen und Schüler haben am Ende ihrer Schulzeit kein angemessenes Konzept von Strahlung. Ihre Präkonzepte können durch den derzeitigen Physikunterricht nicht effizient verändert werden. Es ist daher dringend nötig „den Unterricht zum Fachinhalt Strahlung so zu verändern, dass SchülerInnen am Ende ihrer Schulzeit fachlich fundierte Konzepte besitzen und verwenden“ (Plotz, 2017, S.205).

### 3 Forschungsdesign

In diesem Kapitel wird zuerst die Fragestellung der Untersuchung der vorliegenden Arbeit vorgestellt und die Hypothesen werden erläutert, die unter Einbeziehen anderer Studien angenommen werden können. Des Weiteren wird beschrieben, welche Methoden der Datenerhebung verwendet wurden und warum, sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile der Methoden. Im Anschluss daran wird auf die Rahmenbedingungen bei der Durchführung der Studie eingegangen sowie die konkrete Durchführung erläutert. Zuletzt wird dann das Vorgehen bei der Datenanalyse präsentiert.

#### 3.1 Fragestellung der Untersuchung

Immer mehr Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der Untersuchung von Schülervorstellungen zum Thema Strahlung. Es gibt vor allem am AECC Physik der Universität Wien bereits viele Publikationen, die nicht nur den Forschungsstand erweitert haben, sondern sich auch mit konkreten Unterrichtsvorschlägen beschäftigen beziehungsweise Unterrichtsmaterial ausgearbeitet haben (Haas, 2016; Huzar, 2017; Langer, 2015; Plotz, 2017; Schöfl, 2016; Schwarz, 2015; Zloklikovits, 2016).

Eine der ersten Arbeiten diesbezüglich am AECC Physik war eine Studie von Neumann und Hopf (2011). Wie bereits im Kapitel 2.5.5 „Studien und Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen und Strahlung“ erwähnt, wurde dabei die fachdidaktische Forschungsmethode herangezogen, Schülerzeichnungen anfertigen zu lassen. In der vorliegenden Arbeit handelt es sich nun um eine Art Replikation dieser Studie, nur dass die Altersgruppe der Probandinnen und Probanden geändert wurde. Während die Studie von Neumann und Hopf (2011) mit Schülerinnen und Schülern der vierten bis sechsten Schulstufe durchgeführt wurde, lag der Fokus diesmal bei den Schülerinnen und Schülern der neunten Schulstufe und des Maturajahrgangs. Neumann und Hopf (2011) wiesen bereits darauf hin, dass es wichtig wäre, auch die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu erforschen, die bereits mit naturwissenschaftlichem Unterricht konfrontiert worden sind. Das Ziel war herauszufinden, welche Vorstellungen die Schülerinnen und Schüler haben, die schon am naturwissenschaftlichen Unterricht teilgenommen haben, ob sich an den Schülervorstellungen etwas ändert je nach Schulstufe der Probandinnen und Probanden (also 9. Schulstufe im Vergleich zum Maturajahrgang) und ob sich Unterschiede zwischen den Schultypen erkennen lassen.

Konkret wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

*Forschungsfrage 1:*

- *Wie stellen sich Schülerinnen und Schüler Strahlung, IR- und UV-Strahlung vor?*

*Forschungsfrage 2:*

- *Was assoziieren sie mit Strahlung, IR- und UV-Strahlung?*

*Forschungsfrage 3:*

- *Welche Auswirkungen haben Strahlung, IR- und UV-Strahlung auf den Körper / die Gesundheit in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler?*

*Forschungsfrage 4:*

- *Lässt sich eine Relation zwischen der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler und ihrer Schulwahl feststellen?*

*Forschungsfrage 5:*

- *Verändern sich die Vorstellungen im Laufe der Schulzeit (in einem bestimmten Schultyp)?*

Abgesehen von diesen Forschungsfragen sollte mittels der vorliegenden Arbeit überprüft werden, ob die Methode, Schülerzeichnung anfertigen zu lassen auch in der Altersklasse der 14- bis 19-Jährigen eine adäquate Technik ist.

## **3.2 Hypothesen**

Bezüglich der ersten drei Fragestellungen, kann man unter Einbeziehen des aktuellen Wissensstandes, der in den Kapiteln 2.5.5 Studien und Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen und Strahlung und 2.5.6 Aktuelle Forschung und Forschungserkenntnisse beschrieben wird, Folgendes erwarten:

Grundsätzlich sollten die Schülerinnen und Schülern mit den Begriffen Strahlung, UV- und IR-Strahlung etwas anfangen können. Ihre Kenntnisse aus dem schulischen Bereich dürften sehr variieren und nicht so sehr schulabhängig, sondern besonders lehrkraftabhängig sein. Laut Lehrplan finden sich zwar sogar in der Unterstufe bereits der Begriff der Wärmestrahlung sowie sichtbare und unsichtbare Strahlung („Die Welt des Sichtbaren“ und „Radioaktivität“). Ob diese größeren Zusammenhängen und die Verbindung in dieser Art und Weise so hergestellt wird, ist allerdings fraglich und wie bereits erwähnt sicher lehrkraftabhängig. Spätestens aber in der 12. Schulstufe sollten Schülerinnen und Schüler dann über

den „Strahlungshaushalt der Erde“ (Lehrplan AHS) beziehungsweise über das „Elektromagnetisches Spektrum (Wellenfelder, Strahlungen, spezielle Anwendungen)“ (Lehrplan HLW) Bescheid wissen. Basierend auf dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler könnten laut den aktuellen Forschungsergebnissen anschließende Punkte Bedeutung haben:

- Strahlung und Licht ist nicht dasselbe und daher unterscheiden sich auch deren Quellen – Strahlung wird nur von technischen Geräten ausgesendet
- Schülerinnen und Schüler stellen sich Strahlung als strahlende Partikel vor
- Strahlung wird mehrheitlich als schädlich eingestuft
- Schülerinnen und Schüler ordnen Strahlungsarten anhand der Kategorien „künstlich-natürlich“ bzw. „nützlich-gefährlich“ an
- Sonne ist als Quelle von Strahlung allgemein und insbesondere als Quelle von UV-Strahlung bekannt (auch wenn dieser Punkt dem erstgenannten Punkt widerspricht)
- Mit dem Begriff Strahlung werden hauptsächlich Quellen sichtbarer Strahlung assoziiert
- UV-Strahlung ist unsichtbar
- Objekte können gesehen werden, auch wenn ausschließlich UV-Strahlung vorhanden ist.
- UV-Strahlung ist besser bekannt als IR-Strahlung
- UV-Strahlung ist blau und IR-Strahlung ist rot
- IR-Strahlung wird in Infrarotkabinen verwendet und ist gesundheitsfördernd
- Der Begriff Radioaktivität wird eng mit Strahlung verbunden
- Röntgenstrahlung wird vom Knochen reflektiert (Langer, 2015; Müllauer, 2016; Neumann & Hopf, 2012; Neumann 2014; Plotz, 2017)

Zu der Fragestellung, ob sich eine Relation zwischen der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler und ihrer Schulwahl feststellen lässt, ist darauf aufmerksam zu machen, dass Schülerinnen und Schüler, die nicht naturwissenschaftlich interessiert sind auch kaum Vorstellungen zu dem Thema haben werden. Diese Gruppe will oftmals nicht so viel naturwissenschaftlichen Unterricht haben und wählt möglicherweise deshalb eine BHS, in der nur drei Stunden Chemie und zwei Stunden Physik bis zur Matura vorgeschrieben sind. Insofern könnte man schon von einer Relation ausgehen.

Ob sich die Vorstellungen im Laufe der Schulzeit ändern oder nicht hängt sicher hauptsächlich von der Lehrkraft ab. Allerdings setzt beispielsweise in der HLW möglicherweise die

Lehrkraft einfach einen anderen Fokus und lässt aufgrund des Zeitmangels manche Themen ganz aus um sich auf andere besser konzentrieren zu können.

Die Frage, ob es sich bei der Methode, Schülerzeichnungen anfertigen zu lassen um eine adäquate Forschungsmethode für die neue Altersgruppe handelt oder nicht lässt sich schwer voraussagen, da bisherige Studien entweder mit jüngeren Schülerinnen und Schülern durchgeführt wurden (Bowker, 2007; Neumann & Hopf, 2011; White & Gunstone, 1992) oder mit Studierenden (Dikmenli, 2010; Kurt et al., 2013; Libarkin et al., 2011).

### **3.3 Methoden der Datenerhebung**

#### **3.3.1 Forschungsmethode Schülerzeichnungen**

Um die Fragestellungen bestmöglich beantworten zu können, wurde die Methode der Schülerzeichnungen gewählt. Bei dieser Vorgehensweise werden die Probandinnen und Probanden der Studie aufgefordert, zu einem Thema – beispielsweise zu dem Begriff Strahlung – Zeichnungen anzufertigen. Diese doch sehr unspezifische Instruktion kommt dem Design einer explorativen Studie entgegen, um das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler möglichst wenig einzuschränken. Dikmenli (2010) führt dazu aus, dass die Methode der Zeichnungen vielfach in der pädagogischen Forschung angewendet wird, da die Probandinnen und Probanden dadurch eine größere Freiheit bei der Präsentation ihrer Ideen und Vorstellungen haben, als bei Interviews oder anderen textbasierten Methoden, da in diesen Fällen leichter einfach nur das Gelernte aufgesagt beziehungsweise aufgeschrieben werden kann: „It is recognized that drawings expose students’ true understanding and conceptualization of basic scientific ideas and concepts“ (ebd., 2010, S. 236).

Außerdem dürften sich die Probandinnen und Probanden bei der Methode der Zeichnungen nicht so gehemmt fühlen, da es ihnen möglicherweise unangenehm ist ihr Unwissen bei einer direkten Interaktion, wie es beispielsweise bei Interviews der Fall ist, zu zeigen und sich dadurch eine Blöße zu geben. Ein weiterer Vorteil der Methode ist, dass „in relativ kurzer Zeit und mit relativ geringem Ressourceneinsatz eine große Menge an Daten erhoben werden“ (Neumann & Hopf, 2011, S. 162).

Kurt, Ekici, Aksu und Aktaş (2013) beschreiben diese Methode als „Drawing-Writing Technique“ (ebd., 2013, S. 576). Dies liegt wohl vor allem daran, dass erfahrungsgemäß nicht nur gezeichnet wird, sondern die Probandinnen und Probanden auch immer wieder Worte

dazuschreiben. Sie rechtfertigen den Einsatz dieser Methode in der Forschung, folgendermaßen: „This technique is highly effective in obtaining natural and high-quality data about hidden opinions, understandings and attitudes“ (Kurt et al., 2013, S. 576).

Problematisch kann bei der eingesetzten Methode sein, dass sich nur sehr oberflächliche Vorstellungen erfassen lassen. Als nachteilig könnte sich auch der Umstand erweisen, dass der Interpretationsspielraum sehr groß ist. Um dem entgegenzuwirken haben Forscherinnen und Forscher, die diese Methode angewendet haben (Bowker, 2007; Dikmenli, 2010; Neumann & Hopf, 2011), zusätzlich mit einer Auswahl an Probandinnen und Probanden im Anschluss an die Studie Interviews durchgeführt. „In addition, individual interviews were conducted [...]. The purpose was to check the validity of the interpretation of the drawings“ (Dikmenli, 2010, S. 237). Immer wenn man unterschiedliche Erhebungsverfahren (Beobachtung, Befragung, Experiment,...) im Rahmen einer Untersuchung einsetzt, spricht man von Methodentriangulation. Ziel dabei ist die Validität von Erkenntnissen zu steigern (Flick, 2011; Halbmayer & Salat, 2011b). Daher wurden auch in der vorliegenden Arbeit Interviews durchgeführt. Es lag dabei der Fokus besonders auf der Verifizierung der richtigen Interpretation, andererseits sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden, die Zeichnungen verbal noch zu ergänzen (Neumann und Hopf, 2011). Wichtig war auch noch die Möglichkeit zum Nachfragen zu haben vor allem was Assoziationen, Widersprüche und Erklärungen betraf.

Zusammenfassend zur Methode der Zeichnungen als Forschungsinstrument kann gesagt werden, dass die Methode schon des Öfteren eingesetzt wurde und erfolgreich Erkenntnisse damit gewonnen werden konnten. Dikmenli (2010) empfiehlt die Methode sogar ausdrücklich: „Drawings can be an effective method of probing some aspects of their learning difficulties. [...] In this respect, it is recommended employment of the drawing method for determination of the misconceptions and learning difficulties for further studies“ (ebd., 2010, S. 246).

Im Anschluss an die Anfertigung der Zeichnungen wurden mit ausgewählten Schülerinnen und Schülern kurze Interviews geführt. Die Interviews wurden geführt, damit die Schülerinnen und Schüler verbal beschreiben können, was sie gezeichnet haben, um die Richtigkeit der eigenen Interpretation zu verifizieren. Daher soll nun auch auf diese Forschungsmethode eingegangen werden.

### 3.3.2 Forschungsmethode Interview

Halbmayer und Salat (2011b) beschreiben, dass die Grundlage jedes Interviews ist, durch eine mündliche oder schriftliche Intervention Reaktionen bei der Befragten oder bei dem Befragten auszulösen. Das Ziel ist dabei immer Informationsgewinn beispielsweise in Form von spezifischen Angaben zu einem Thema.

Im Laufe der Zeit hat sich in der Literatur eine große Anzahl an Interviewvarianten beziehungsweise Befragungstechniken etabliert. Art und Ausmaß der Standardisierung, Stil der Kommunikation, Einzel- vs. Gruppeninterview, Form und Medium der Kommunikation sowie Zielsetzung des Interviews gelten als die zentralen Dimensionen, die den Interviewarten zugrunde liegen. Mey und Mruck (2010) geben einen Überblick über die wichtigsten Verfahren und im Folgenden sollen einige davon beispielhaft näher beleuchtet werden:

#### Narratives Interview:

Dabei handelt es sich um die zentrale Interviewtechnik innerhalb der soziologischen/erziehungswissenschaftlichen Biografieforschung. Bald entwickelte sich daraus das narrative-biographische Interview. Bei dieser Interviewform lassen sich drei Phasen unterscheiden: Eröffnung, Nachfrageteil und Bilanzierung. Ein wichtiges Kennzeichen ist noch, dass normalerweise kein Leitfaden eingesetzt wird. Entscheidet man sich für ein narratives Interview liegt der Fokus auf der Eröffnungsfrage, die eine spontane Erzählung des Interviewpartners evozieren soll.

#### Rezeptives Interview:

Das rezeptive Interview ist eine dem narrativen Interview ähnliche Interviewtechnik, bei der die Interviewten beinahe alles vorgeben, von der Themenwahl bis hin zur exakten Gesprächsgestaltung.

#### Ethnografisches Interview

Zu einem ethnographischen Interview kommt es typischerweise in Feldforschungssituationen, die einen informellen Charakter besitzen. Anders als bei den vorher genannten Interviewarten greift die Forschende oder der Forschende sehr wohl in den Gesprächsverlauf ein, indem das Interview entlang der zu untersuchenden Fragen strukturiert wird.

#### Problemzentriertes Interview

Zu diesem Verfahren ist zu sagen, dass es sich explizit gegen das narrative Interview abgrenzt. Beim problemzentrierten Interview kommt Fragen oder Zwischenfragen neben der Funktion des Mitgestaltens auch eine Explorationsfunktion zu, dagegen gelten selbige im

narrativen Interview als störend, denn es wird eine Ablenkung befürchtet. Erwähnenswert ist noch, dass das problemzentrierte Interview keinen festen Ablauf hat.

Fokussiertes Interview:

Dabei handelt es sich um eine der ersten Formen eines leitfadenbasierten Interviews. Es gibt systematische Ziellinien, aber noch keine konkreten Handlungsanleitungen.

Partnerschaftliches Gespräch:

Durch ein Interview in Form eines partnerschaftlichen Gesprächs soll eine besondere emotionale und kommunikative Beziehung zwischen Forschenden und Beforschten geschaffen werden, denn dies erleichtert die Bereitschaft zur Preisgabe privater Gedanken, Eindrücken usw., was besonders in psychologischen Kontexten wichtig ist.

Themenzentriertes Interview:

Bei dieser Variante handelt es sich um eine Form von Tiefeninterview, bei der der Fokus auf der Erschließung latenter Sinngehalte liegt.

Halbstrukturiertes Interview:

Das halbstrukturierte Interview umfasst zwei Teile. Der erste Teil ist das eigentliche Interview in halbstrukturierter Form. Dabei werden mittels offener Fragen persönliche Annahmen und Theorien erfasst. Danach werden die Aussagen aus dem ersten Teil mithilfe der Struktur-Lege-Technik zuerst strukturiert und dann validiert.

Konfrontationsinterview:

Wie die Bezeichnung bereits vermuten lässt, wird bei dieser Technik den Interviewten eine Handlungs- oder Interaktionssequenz, die zuvor aufgenommen worden war, gezeigt, die sie dann reflektieren sollen.

Struktur-Dilemma-Interview:

Auch bei dieser Interviewvariante wird das Interview mit sogenanntem Reizmaterial eröffnet. Allerdings handelt es sich in diesem Fall für gewöhnlich um Filme oder Zeitungskommentare, sodass der rein persönliche Kontext wegfällt.

Expertinnen- und Experteninterview:

Beim Expertinnen- und Experteninterview geht es nicht um die Person selbst und damit rückt dessen Biographie in den Hintergrund. Die Interviewte oder der Interviewte wird rein als Akteur in dem von ihm repräsentierten Funktionskontext gesehen. Dafür muss allerdings

geklärt sein, wer wissenschaftlich betrachtet als Laie oder Laiin gilt und wer als Experte oder Expertin.

Diese Auswahl an Interviewarten soll erahnen lassen, wie viele unterschiedliche Zugänge und Ausprägungen es gibt. Manchmal entscheidet die Fragestellung einer Untersuchung, welche Technik am besten eingesetzt werden kann. Bei gewissen Forschungsinteressen ist die Auswahl bestimmter Interviewarten naheliegender als andere. Wendet man die Methode des Interviews in der Forschung an, hat man den Vorteil, dass es sich um eine direkte Interaktion mit den betreffenden Personen handelt. Man erhält die Informationen aus erster Hand. Als nachteilig könnte sich erweisen, wie repräsentativ die Auswahl ist. Man muss sich im Vorfeld genau überlegen, wen man interviewt, da es sich nur um eine Stichprobe handelt und trotzdem ein möglichst valides Ergebnis erreicht werden soll.

In der vorliegenden Arbeit lag der Fokus bei der Methode, Zeichnungen anfertigen zu lassen, um Informationen zu bekommen. Die jeweils im Anschluss geführten Interviews waren nur zur Ergänzung gedacht und enthalten von mehreren der genannten Verfahren Elemente. So kann man einerseits von Konfrontationsinterview sprechen, da den Schülerinnen und Schülern die vorher erstellte Zeichnung gezeigt wurde mit der Bitte um Erläuterung beziehungsweise Ergänzung. Andererseits wurde darauf geachtet, als Kommunikationsstil eher auf ein partnerschaftliches Gespräch zu setzen, damit der Schüler beziehungsweise die Schülerin nicht das Gefühl hatte sich in einer Prüfungssituation zu befinden. Es lassen sich aber auch Merkmale eines problemzentrierten Interviews ausmachen. Da im Vorfeld bereits gewisse Fragestellungen überlegt wurden, die auch im Interview eingebaut werden sollte, kann man von zumindest teilweise fokussiertem Interview sprechen.

### **3.4 Rahmenbedingungen und Vorbereitung**

Die Untersuchung wurde an drei Schulen durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein Wiener Realgymnasium, um eine HLW und um ein niederösterreichisches BG/BRG. In der Wiener Schule konnten die Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Schulstufe befragt werden, in der HLW wurden die Schulanfängerinnen und Schulanfänger (9. Schulstufe) und die Maturantinnen und Maturanten (13. Schulstufe, da es sich um einen fünfjährigen Schulzweig handelt) befragt und auch im BG/BRG lag das Augenmerk auf der Untersuchung der ersten Klassen der Oberstufe (9. Schulstufe) und der Maturantinnen und Maturanten (12. Schulstufe).

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die genaue Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die teilgenommen haben:

Schule	Schulstufe	Zeichnungen	Interviews
RG Wien (5A)	9. Schulstufe	23	7
RG Wien (6A)	10. Schulstufe	14	3
HLW (1A)	9. Schulstufe	23	10
HLW (5A)	13. Schulstufe	15	4
HLW (5B)	13. Schulstufe	7	4
BG/BRG (5G)	9. Schulstufe	14	6
BG/BRG (5R)	9. Schulstufe	23	7
BG/BRG (8GR)	12. Schulstufe	20	6
BG/BRG (8R)	12. Schulstufe	14	5
		<b>153</b>	<b>52</b>

Tab. 1: Anzahl der beteiligten Schülerinnen und Schüler an der Studie

Somit können von 2 Altersstufen verglichen werden:

- Altersstufe 1 (9. und 10. Schulstufe): 97 Zeichnungen und 33 Interviews
- Altersstufe 2 (12. und 13. Schulstufe): 56 Zeichnungen und 19 Interviews

An dieser Stelle sollte noch Erwähnung finden, dass die Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler je nach Schultyp große Differenzen aufweisen. Dies betrifft einerseits das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, aber andererseits beziehen sich die ungleichen Voraussetzungen auch auf die Unterschiede in der Ausstattung der Schule, was ein Zeichen für den Stellenwert des naturwissenschaftlichen Unterrichts an der Schule ist. Dies soll am Beispiel Schulbücher erklärt werden: Während in den beiden Gymnasien die Schülerinnen und Schüler mit den Physikschulbüchern „Physik heute“ sowie „Physik ist alles“ (Unterstufe) und „Big Bang“ (Oberstufe) arbeiten, gibt es in der HLW keine Schulbücher für den Physikunterricht.

Im Vorfeld wurde bei der Schulleitung das Vorhaben beschrieben und das Einverständnis zur Durchführung eingeholt. Als nächsten Schritt wurde mit den Physiklehrkräften der jeweiligen Schulen Kontakt aufgenommen. Da es sich bei den meisten Schülerinnen und Schülern um Minderjährige handelte, musste im Vorhinein auch eine Einverständniserklärung von den Eltern unterschrieben werden. Diese kann im Anhang eingesehen werden.

Die Physiklehrkräfte waren so hilfsbereit und kümmerten sich um das Austeilen und Einsammeln der entsprechenden Zettel. Als nächsten Schritt wurde jeweils ein Termin zur Durchführung ausgemacht. Das Anfertigen der Zeichnungen erfolgte immer in den regulären Physikstunden. Da für die Interviews jeweils nur eine Schülerin oder ein Schüler benötigt wurde und somit immer nur eine Person den Unterricht kurz verlassen musste, durften die Interviews auch während der nachfolgenden Stunden durchgeführt werden.

Zur konkreten Durchführung wurde ein Arbeitsblatt erstellt, auf dem die Schülerinnen und Schüler ihre Zeichnungen anfertigen sollten. Das Arbeitsblatt besteht aus 2 Teilen, wobei auf der Vorderseite die Aufforderung steht „Zeichne, was du dir unter den Begriffen Strahlung, Infrarotstrahlung und ultravioletter Strahlung vorstellst!“ und im Anschluss daran sollte die Rückseite ausgefüllt werden:

**Zeichne, was du dir unter den Begriffen Strahlung, Infrarot-Strahlung und ultravioletter Strahlung vorstellst!**

STRAHLUNG	INFRAROT-STRAHLUNG	ULTRAVIOLETTE STRAHLUNG

Abb. 6: Vorderseite

FRAGEBOGEN:

- Name:.....
- Geschlecht: .....
- Bisherige Schule(n): .....

Kreuze an:	Trifft völlig zu.	Trifft eher zu.	Trifft eher nicht zu.	Trifft überhaupt nicht zu.
Ich interessiere mich für Naturwissenschaften.				
Meine bisherigen Lehrkräfte in naturwissenschaftlichen Fächern waren motivierend/kompetent. (Lehrkraft 1)				
Meine bisherigen Lehrkräfte in naturwissenschaftlichen Fächern waren motivierend/kompetent. (Lehrkraft 2)				
Meine bisherigen Lehrkräfte in naturwissenschaftlichen Fächern waren motivierend/kompetent. (Lehrkraft 3)				
Der naturwissenschaftliche Unterricht war bis jetzt sehr ansprechend/interessant für mich.				
Ich hatte bisher gute Noten in naturwissenschaftlichen Fächern.				

Abb. 7: Rückseite

### 3.5 Durchführung

Jeweils zu Stundenbeginn kam die Untersuchende gemeinsam mit der jeweiligen Lehrkraft in die Klasse. Nach den kurzen Begrüßungsworten der Lehrkraft, wurden die Schülerinnen und Schüler mit folgender Aufforderung instruiert: „Ihr bekommt einen Zettel von mir. Zeichnet bitte vorne in die 3 Bereiche, was ihr euch unter den Begriffen „Strahlung“, „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“ vorstellt!“ Diese Aufgabenstellung wurde auch auf die Tafel geschrieben. Zusätzlich wurden die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen, dass im Anschluss an die Zeichnungen auch noch die Rückseite ausgefüllt werden sollte. Es wurde erläutert, dass der Name nur auszufüllen ist für eventuelle Rückfragen beziehungsweise für die Zuordnung der Interviews. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten nicht mit der Nachbarin oder dem Nachbar zu reden und auch nicht deren beziehungsweise dessen Motive abzuzeichnen, da es nicht darum ginge Wissen zu testen, sondern das Wissen jedes einzelnen wichtig wäre.

Es ist erwähnenswert, wie unterschiedlich die Schülerinnen und Schüler auf die Aufgabenstellung reagierten. Während sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den HLW-Klassen mehrheitlich freuten mitmachen zu dürfen, waren jene der Wiener Schule eher unruhig und fragten, warum sie das machen sollen. Auch im BG/BRG Lilienfeld waren die Schülerinnen und Schüler der 9. Schulstufe laut und aufgeregt. Die Maturantinnen und Maturanten hingegen fingen bereits vor Stundenbeginn zu arbeiten an (die Lehrkraft war schon in der Pause in die Klasse gegangen) und sie nahmen die Aufgabe sehr ernst.

Auffällig war auch, dass vor allem Schülerinnen und Schüler der 9. Und 10. Schulstufe nicht verstanden, was Lehrkraft 1, 2 und 3 auf der Rückseite der Arbeitsblätter bedeutete. Diese Schülergruppe musste auch mehrmals während des Arbeitens ermahnt werden, da immer wieder mit der Nachbarin oder dem Nachbarn geredet wurde beziehungsweise hinüber gesehen wurde.

Nach ca. 15 Minuten Arbeitsphase wurden die Arbeitsblätter wieder eingesammelt. Die Untersuchende ging mit den Zetteln hinaus, sah diese durch und suchte pro Klasse mindestens 4 Zeichnungen aus (außer in einem Fall), deren Ausführende interviewt werden sollten. Die Auswahl oblag verschiedenen Kriterien. Einerseits wurde ein Werk selektiert, wenn ein Motiv darauf war, wo ein genaueres Nachfragen angebracht schien. Andererseits wurden auch pro Klasse jene Zeichnungen ausgewählt, die etwas enthielten, das bei vielen Schülerinnen und Schülern vorkam – ein repräsentatives Beispiel. Der Untersuchenden ist bewusst, dass es sich bei der Auswahl um einen sehr subjektiven Vorgang handelt.

Mit Hilfe des ausgefüllten Namens auf der Rückseite der Zeichnungen konnte die Zuordnung erfolgen und die jeweilige Schülerin oder der Schüler zum Interview aufgerufen werden. Die Interviews fanden immer in einem freien Raum nahe der jeweiligen Klasse statt. Während der Interviews waren vor allem die Schülerinnen und Schüler der 9. Und 10. Schulstufe sehr nervös und man merkte, dass sie froh waren, wenn das Interview zu Ende war. Dies änderte aber nichts daran, dass sie sehr hilfsbereit für jegliche Anliegen der Untersuchenden waren. Auch schickten sie den nächsten Schüler oder die nächste Schülerin verlässlich aus der Klasse zum Interview.

Im Vorhinein wurde eine grundsätzliche Struktur der Interviews überlegt: Zu Beginn sollte der Schüler oder die Schülerin aufgefordert werden, verbal zu beschreiben, was er oder sie gezeichnet hat. Danach war geplant, dass der Schüler oder die Schülerin zu Motiven befragt wird, die eventuell missverständlich sein können, das bedeutet wenn die Untersuchende nicht sicher war, ob ihre Interpretation der Darstellung auch dem Ansinnen der Schülerin oder des Schülers entspricht. Besonders interessant beim Nachfragen erschienen auch Zeichnungen, bei denen das etymologische Konzept erkennbar war oder das Konzept der Darstellung von Strahlung in Form von Pfeilen sowie als Teilchenstrahl oder gerichteter Strahl. Es war auch geplant, den jeweiligen Schüler oder die Schülerin zu bitten ein Lupenbild von einem Motiv zu erstellen. Zusätzlich sollte auch nachgefragt werden, wo die Schülerin oder der Schüler bereits über dieses Thema informiert wurde (beispielsweise im Unterricht) beziehungsweise sich selbst informiert hat (beispielsweise im Internet). Je nachdem, warum eine Zeichnung ausgewählt wurde, wurde dann noch ergänzend etwas

gefragt. Der konkrete Gesprächsverlauf ist den transkribierten Interviews im Anhang zu entnehmen.

### 3.6 Datenanalyse – Vorgehen bei der Auswertung

#### 3.6.1 Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler

Um die Zeichnungen auszuwerten wurden diese in einem allerersten Schritt nummeriert, da die Daten nur anonymisiert verwendet werden sollten. Der nächste Schritt war Kategorien zu erstellen. Dieses Vorgehen erfolgte in Anlehnung an die Studie von Neumann und Hopf (2011), die ebenfalls Zeichnungen analysierten. Die Kategorien entstanden, indem die Untersuchende die Zeichnungen sichtet und versuchte für die Motive Begriffe zu finden. Diese Begriffe wurden im Kodiermanual aufgeschrieben und mit Nummern versehen:

1 Etymologisches Konzept	14 Solarium
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler
3a nur sichtbare Strahlung	16 UV-Lampe
3b nur unsichtbare Strahlung	17 Farbspektrum
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	18 EM-Spektrum
4a Strahlung hat eine Wirkung	19 Reflexion / Transmission
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	20 Röntgenstrahlung
5 Handystrahlung	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
6 Welle/Teilchen-Dualismus	22 Fernbedienung
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
8 Konzept gerichtete Strahlen	24 Fernsehen/Internet/Satellit
9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	25 Existenz einer Strahlungsquelle
10 Radioaktivität	26 Mikrowelle
11 Teilchenstrahl	27 Elektrizität = Strahlung
12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	28 Zeichnung nicht codierbar
13 Strahlung ist wellenförmig	29 jeder Körper strahlt

Tab. 2: Kodiermanual

Anschließend wurde für jede Klasse eine Tabelle erstellt, in der die Zahlen der Begriffe angeführt wurden:

Schule:

Klasse:

Anzahl SchülerInnen:

Schülerin/ Schüler	STRAHLUNG	IR – STRAHLUNG	UV – STRAHLUNG
1			
2			
3			
4			
5			

Abb. 8: Kodiervorlage je Klasse

Zusätzlich konnten in den Feldern noch besondere Anmerkungen oder Kommentare oder Auffälligkeiten angeführt werden, wodurch eine bessere Übersicht über die Klassen gegeben war.

Um möglichst große Objektivität zu gewährleisten, wurde im Rahmen eines Seminars einer Gruppe Diplomandinnen und Diplomanden und deren Betreuern die Liste mit den Begriffen gegeben, anhand derer sie 12 Beispielzeichnungen bewerten sollten. Dabei kam heraus, dass die Untersuchende durchwegs dieselben Begriffe zur Beschreibung verwendete wie die Peers. Der einzige Unterschied war, dass die Kontrollgruppe manchmal mehr Begriffe ankreuzte. Im nächsten Schritt wurden die Begriffe zu Kategorien zusammengefasst. Um das so entstandene Kategoriensystem zu validieren, wurde wiederum mit den anderen Diplomandinnen und Diplomanden und den Betreuern diskutiert. Nach einigen Änderungen entstanden folgende Kategorien:

Kategorie 1	Etymologisches Konzept
Kategorie 2	Sonne als Strahlungsquelle
Kategorie 3	Quellen sichtbarer Strahlung
Kategorie 4	Quellen unsichtbarer Strahlung
Kategorie 5	Konzepte mit physikalischem Hintergrund
Kategorie 6	Auswirkungen von Strahlung
Kategorie 7	Anwendungsgebiete
Kategorie 8	Zeichnung nicht codierbar

Tab. 3: Kategoriensystem zur Auswertung

Dabei wurde der Begriff „etymologisches Konzept“ aus dem Kodiermanual direkt übernommen, da sich dieser Punkt mit keiner anderen Kategorie gut zusammenfassen lässt. Da das Motiv der Sonne sehr oft vorkam und auch in anderen Studien (Hollenthoner, 2016; Neumann und Hopf, 2012) eine eigene Kategorie bildet, wurde es auch in dieser Arbeit so gehandhabt. Da das Konzept der Sichtbarkeit im Zusammenhang mit Strahlung essentiell ist, wurden zwei Kategorien erstellt, die zwischen Quellen sichtbarer und Quellen unsichtbarer Strahlung unterscheiden. In Kategorie 5 „Konzepte mit physikalischem Hintergrund“ lassen sich viele Begriffe aus dem Kodiermanual zusammenfassen:

6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission
9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
11 Teilchenstrahl	25 Existenz einer Strahlungsquelle
12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	27 Elektrizität = Strahlung
13 Strahlung ist wellenförmig	29 jeder Körper strahlt.

Unter der Kategorie 6 Auswirkungen von Strahlung wurden alle Auswirkungen – sowohl positive als auch negative – vereinigt und auch der Begriff 23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch wurde hinzugenommen, da dieses Motiv durchgängig im Sinne eines stärkeren Effekts von Strahlung gezeichnet wurde. In der Auswertung wird in einem eigenen Punkt darauf eingegangen, wie Schülerinnen und Schüler die positiven und negativen Auswirkungen von Strahlung einschätzen. Ebenfalls lassen sich viele Begriffe aus dem Kodiermanual zur Kategorie 7 „Anwendungsgebiete“ kombinieren: 14 Solarium, 15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler, 16 UV-Lampe, 22 Fernbedienung, 24 Fernsehen/Internet/Satellit und 26 Mikrowelle. Die Kategorie 8 „Zeichnung nicht codierbar“ wurde verwendet, wenn eine Zeichnung einen hohen Abstraktionsgrad aufwies und keiner Kategorie zugeordnet werden konnte.

Durch die Auswertung des Vorkommens der einzelnen Kategorien ist es möglich quantitative Aussagen über das Auftreten einzelner Konzepte zu machen, sowie dies in weiterer Folge nach Aspekten des Alters oder des Schultyps zu analysieren. Dies wird im Kapitel „Auswertung“ mittels Diagrammen veranschaulicht und beschrieben.

Des Weiteren soll hier erwähnt werden, dass in der Auswertung differenziert wird zwischen den Ergebnissen für Strahlung allgemein, IR-Strahlung und UV-Strahlung.

### 3.6.1.1 Beispielzeichnung

Das Vorgehen bei der Datenanalyse soll anhand der folgenden Beispielzeichnung gezeigt werden:



Abb. 9: Beispielzeichnung

Diese Schülerzeichnung wurde codiert indem die gefundenen Konzepte anhand der nummerierten Begriffe des Kodiermanuals in die Tabelle eingetragen wurden:

Schule:

Klasse:

Anzahl SchülerInnen:

Schülerin/ Schüler	STRAHLUNG	IR – STRAHLUNG	UV – STRAHLUNG
1	2, 3a, 4b, 10	1, 4a, 15, 25	1, 2

Abb. 10: Beispieltabelle

Anhand dieser Zuordnung, kann auch eine Einteilung in die Kategorien stattfinden. In diesem Beispiel lauten die Kategorien:

- Strahlung: Kategorie 2, 3, 6 und 7
- IR-Strahlung: Kategorien 1, 5, 6 und 7
- UV-Strahlung: Kategorien 1 und 2

Diese Nennungen werden dann für die quantitative Analyse herangezogen.

### 3.6.2 Interviews

Bei der Analyse der Interviews lag der Fokus darauf, Aussagen zu finden, die Rückschlüsse auf die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler zulassen. Andererseits sollten aber auch Fehlinterpretationen vermieden werden. Daher wurden in einem ersten Schritt die Interviews transkribiert. So wie es auch eine Vielzahl an Interviewarten gibt, existieren auch unterschiedliche Transkriptionssysteme. Halbmayer und Salat (2011a) halten dazu fest:

Insgesamt ist ein pragmatisches Vorgehen ratsam und [es] sollte der Genauigkeitsgrad der Transkription (Länge der Pausen, Tonfall, Tonstärke, nonverbale Aspekte der Kommunikation, Interaktion zwischen InterviewerIn und interviewter Person etc.) über das notwendige Maß des Forschungsinteresses und der Analysemethode nicht hinausgehen.

Da davon auszugehen ist, dass ein detaillierteres Transkriptionssystem keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn gebracht hätte, wurden die Interviews nach einfachen und pragmatischen Richtlinien für die Gesprächstranskription verfasst: Auch wenn vorwiegend die Umgangssprache Verwendung fand, wurde dies größtenteils so übernommen, allerdings wurden Worte, die nur kleine Veränderungen im Vergleich zur Standardsprache enthielten, bereinigt aufgeschrieben. Beispielsweise wurde das Wort „wirklich“ geschrieben, selbst wenn es wie „wiaklich“ klang oder es wurde „ist“ statt „is“ geschrieben. Bei der Niederschrift wurde bezüglich Groß- und Kleinschreibung sowie bei der Setzung von Satzzeichen versucht den Regeln der Standardsprache zu folgen, soweit dies möglich war. Satzzeichen wurden auch so gesetzt, wie es die Sprachmelodie vermuten ließ. Allerdings muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass oftmals kein richtiger Satzbau gegeben war beziehungsweise Sätze einfach abgebrochen wurden und entweder wurde weitergesprochen ohne den Satz zu vollenden oder einfach eine Gesprächspause entstand. In solchen Fällen, wurden die Worte so aufgeschrieben, wie sie gesprochen wurden, ohne Satzzeichen. Anmerkungen, die zum besseren Verständnis führen, wurden in Klammer an passender Stelle eingefügt. Bei einer Transkription gehen immer Informationen über die Nuancen von Aussagen verloren. Bei den geführten Interviews hat sich aber gezeigt, dass es nur wichtig ist, Gesprächspausen

zu markieren – dies ist durch folgendes Symbol im Transkript erkennbar: „...“ – sowie Worte, die gedehnt ausgesprochen wurden. Dies wurde durch die Vervielfachung des entsprechenden Buchstabens angezeigt, beispielsweise „uuund“.

Nach der Transkription der Interviews wurden von jedem Interview die Kernaussagen herausgeschrieben und paraphrasiert. Diese können so leichter bei der Auswertung zusammengefasst und verglichen werden beziehungsweise zur Beantwortung der Forschungsfragen herangezogen werden. Vorbild für diese Vorgehensweise war die Arbeit von Langer (2015), die ebenfalls Schülerinterviews analysierte. Sie formulierte die Ideen der Schülerinnen und Schüler in den Interviews in klare Aussagen um und fasste diese in einer Tabelle zusammen.

Beispiele für umformulierte Aussagen:

Interview 3.5. Zeile 12:

B: Und bei da Infrarotstrahlung hab i an die Infrarotkabine denken müssen.	Ich assoziiere Infrarotstrahlung mit einer Infrarotkabine.
--	--

Interview 3.5. Zeile 16-17:

B: Und Ultraviolette Strahlung hab i net so gwusst was des is, darum hab i einfach nur Strahlen gmalt.	Ich weiß nicht, was Ultraviolette Strahlung genau ist.
--	--

Interview 4.2. Zeile 4:

B: Also... Ja die Ultraviolet Strahlung hab i ma halt dacht kommt von der Sonne aus.	Ich glaube UV-Strahlung wird von der Sonne emittiert.
--	---

Interview 4.7 Zeile 7-8:

B: Und a bei Röntgen und damit hob i gmant das weil da hab i was glesen das die irgendwie zu ahm irgendwas überlegt gegen Krebs das ma des a das ma den Tumor damit zerstören könnt.	Röntgenstrahlen können gegen Krebs eingesetzt werden.
--	---

Wenn sich ein Schüler oder eine Schülerin im Interview bezüglich einer Aussage nicht sicher war, wurde dies durch Formulierungen wie „Ich glaube...“ oder „Ich denke...“ versucht auszudrücken (siehe Beispiel Interview 4.2. Zeile 4).

An dieser Stelle soll auch erwähnt werden, dass große Unterschiede in der Eloquenz der Schülerinnen und Schüler festzustellen waren. Dies ist ein Punkt der die Interviewmethode natürlich besonders betrifft. Den Schülerinnen und Schülern der Wiener Schule beispielsweise merkte man an, dass sie der deutschen Sprache grundsätzlich schon einmal nicht so vertraut sind und zusätzlich kommt ein Mangel an Fachbegriffen beim Beschreiben des Themas hinzu.

## 4 Ergebnisse

In diesem Kapitel sollen nun die Ergebnisse der einzelnen Methoden vorgestellt werden, sowie auf Besonderheiten eingegangen werden. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung.

### 4.1 Forschungsmethode Zeichnungen

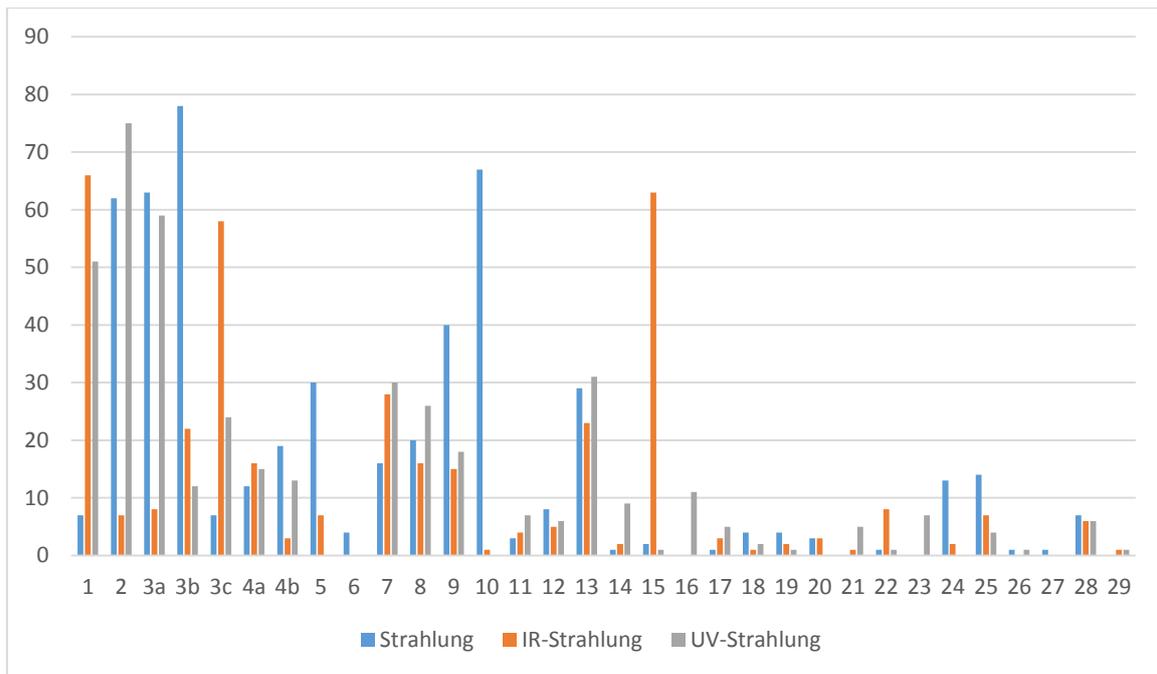
In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Forschungsmethode Schülerzeichnungen anhand von Diagrammen dargestellt. Zuerst wird immer ein Diagramm mit allen Codes gezeigt und aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit folgt dann direkt im Anschluss dieselbe Abbildung mit reduzierten Codes – es werden dann nur noch Codes dargestellt, die eine signifikante Häufigkeit aufweisen (Codes mit mindestens 10 Nennungen oder 10% Häufigkeit). Da die Codes zu Kategorien zusammengefasst werden können, wie dies im Kapitel 3.6.1. beschrieben wird, wird die Illustration der Ergebnisse jeweils komplementiert durch ein Diagramm, das die entsprechenden Kategorien zeigt.

Außerdem wird auf die Unterschiede zwischen den Klassen und auf altersspezifische Differenzen eingegangen. Anschließend werden Spezialfälle gezeigt.

#### 4.1.1 Erkenntnisse aus den Zeichnungen

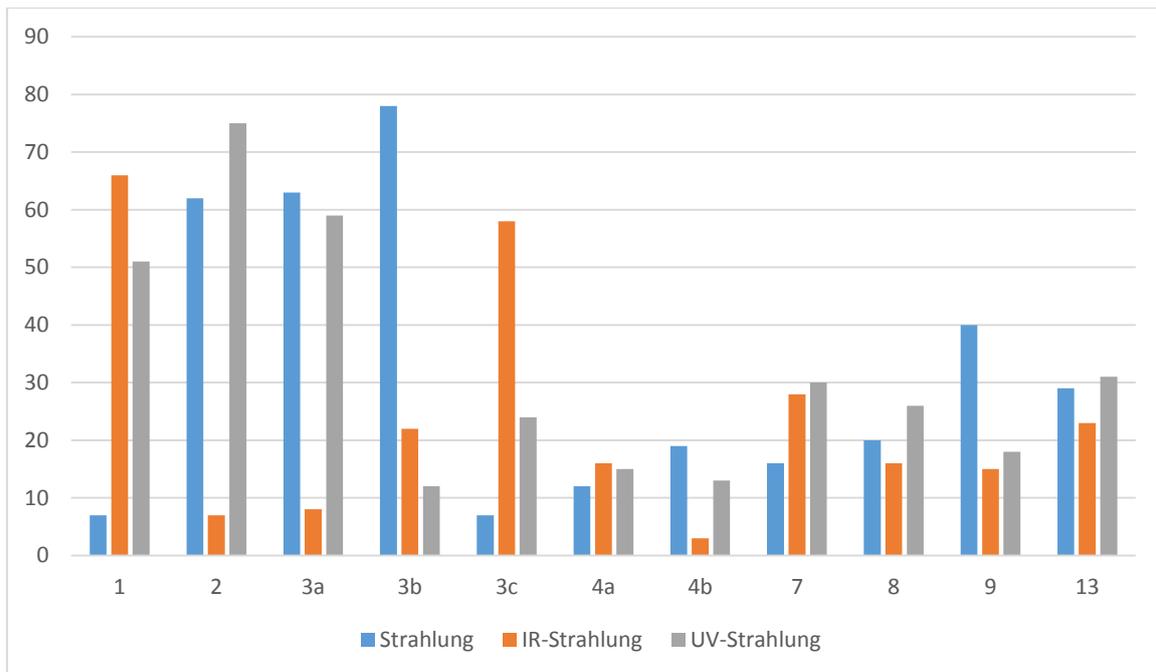
Zuerst wurde bestimmt wie oft die codierten Motive in allen Klassen insgesamt vorkamen. Das Ergebnis wird anschaulich in folgenden Diagrammen dargestellt. Auf der x-Achse ist der jeweilige Code aufgetragen und auf der y-Achse die Anzahl der Motive je Strahlungsart.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass manche Codes nur in der Spalte Strahlung oder IR-Strahlung oder UV-Strahlung signifikant häufig auftraten. Diese sind in der Abbildung mit den reduzierten Codes nicht enthalten, aber es wird in der Beschreibung darauf hingewiesen.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 11: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit



1 Etymologisches Konzept	3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	8 Konzept gerichtete Strahlen
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	4a Strahlung hat eine Wirkung	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen
3a nur sichtbare Strahlung	4b Strahlung hat eine negative Wirkung	13 Strahlung ist wellenförmig
3b nur unsichtbare Strahlung	7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	

Abb. 12: Vereinfachte Darstellung von Abb. 11

Betrachtet man wie oft welches Motiv in der Spalte „Strahlung“ auftrat, fällt auf, dass Schülerinnen und Schüler besonders häufig Quellen unsichtbarer Strahlung und Motive in Verbindung mit Radioaktivität gezeichnet haben. Auch Motive die Quellen sichtbarer Strahlung darstellen und die Sonne als Strahlungsquelle kamen oft vor. Mit einigem Abstand, aber auch gut verankert in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler ist anscheinend die Idee, dass eine Strahlungsquelle in alle Richtungen strahlt, dass Handys strahlen und dass Strahlung wellenförmig dargestellt werden kann. Erwähnenswert ist auch, dass fast doppelt so oft Strahlung mit einer negativen Wirkung assoziiert wurde, wie mit einer positiven oder neutralen Wirkung.

In der Spalte „IR-Strahlung“ dominierten Motive, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen, sowie Motive in Verbindung mit der Verwendung von IR-Strahlung. Auffällig ist außerdem, dass in dieser Spalte aufgrund der Zeichnungen kaum Rückschlüsse gemacht werden können, wie die Schülerinnen und Schüler über die Sichtbarkeit der IR-Strahlung denken. Außerdem konnten in dieser Spalte fünf Mal so viele Motive gefunden werden, die IR-Strahlung mit einer positiven oder neutralen Wirkung verbinden, wie mit einer negativen.

Beurteilt man die Spalte „UV-Strahlung“ erkennt man, dass die Sonne als Strahlungsquelle mit großem Abstand das häufigste Motiv ist. Vielfach wurden auch Motive von Quellen sichtbarer Strahlung gezeichnet sowie Bilder, die auf eine etymologische Vorstellung hindeuten. Während in den anderen beiden Spalten die Wirkung unterschiedlich beurteilt wurde, assoziieren UV-Strahlung etwa gleich viele Schüler und Schüler mit einer negativen Wirkung wie mit einer positiven oder neutralen Wirkung.

Insgesamt kann gesagt werden, dass die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Motive in den 3 Spalten sehr unterschiedlich ist außer bei dem Konzept, dass Strahlung eine positive oder neutrale Wirkung hat und bei dem Konzept, dass es sich bei Strahlung um gerichtete Strahlen handelt.

Folgende codierten Motive kommen vergleichbar häufig bei „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“ vor:

- Etymologisches Konzept
- Strahlung hat eine positive oder neutrale Wirkung
- Wellenlänge als Eigenschaft der Strahlung
- Strahlungsquelle in alle Richtungen
- Strahlung ist wellenförmig

Bei „Strahlung“ und „IR-Strahlung“ tritt nur das Konzept, dass Strahlung eine positive oder neutrale Wirkung hat, ähnlich oft auf. Vergleicht man die Spalten „Strahlung“ und „UV-Strahlung“ erhält man kongruente Ergebnisse bei der Anzahl der Motive zu sichtbarer Strahlung und zur Vorstellung, dass Strahlung wellenförmig ist. Manche Motive treten überhaupt ausschließlich bei „Strahlung“ oder nur bei „IR-Strahlung“ oder nur bei „UV-Strahlung“ auf.

Nachstehende Motive wurden einzig in der Spalte „Strahlung“ öfter als zehn Mal gezeichnet:

- Handystrahlung
- Radioaktivität (besonders häufig)
- Fernsehen/Internet/Satellit
- Existenz einer Strahlungsquelle

Nachvollziehbarerweise finden sich Motive zu den Begriffen IR-Lampe/-Kabine/-Strahler ausschließlich bei IR-Strahlung und eine UV-Lampe wurde nur bei UV-Strahlung in erwähnenswerter Anzahl gezeichnet.

Nach Kategorien geordnet:

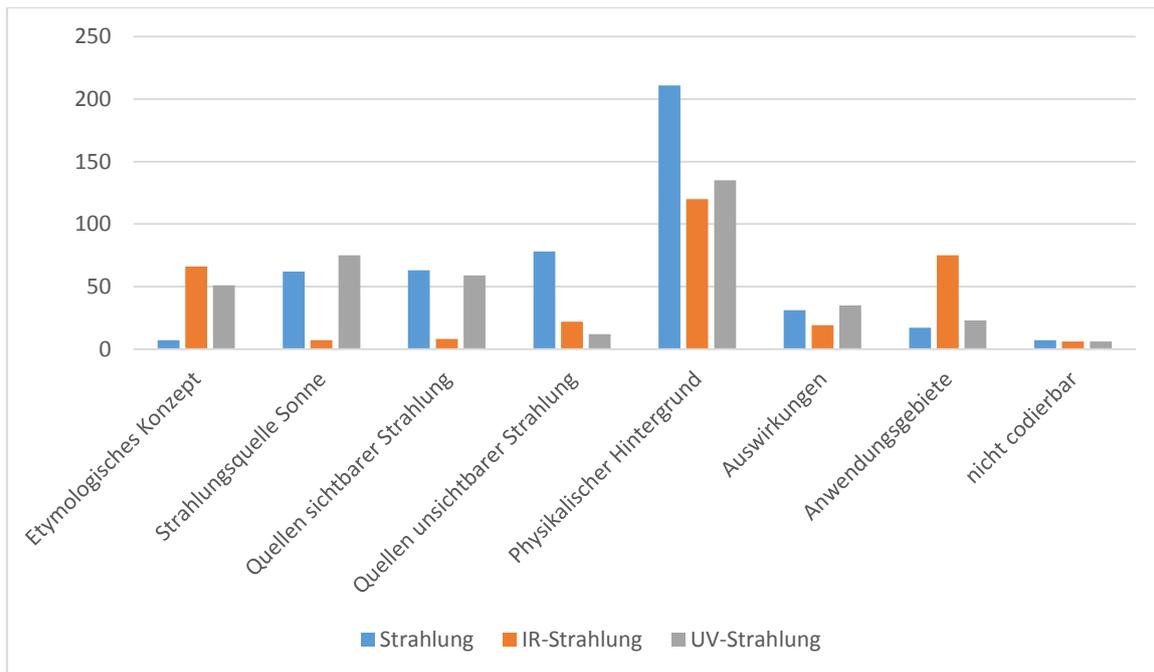


Abb. 13: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt

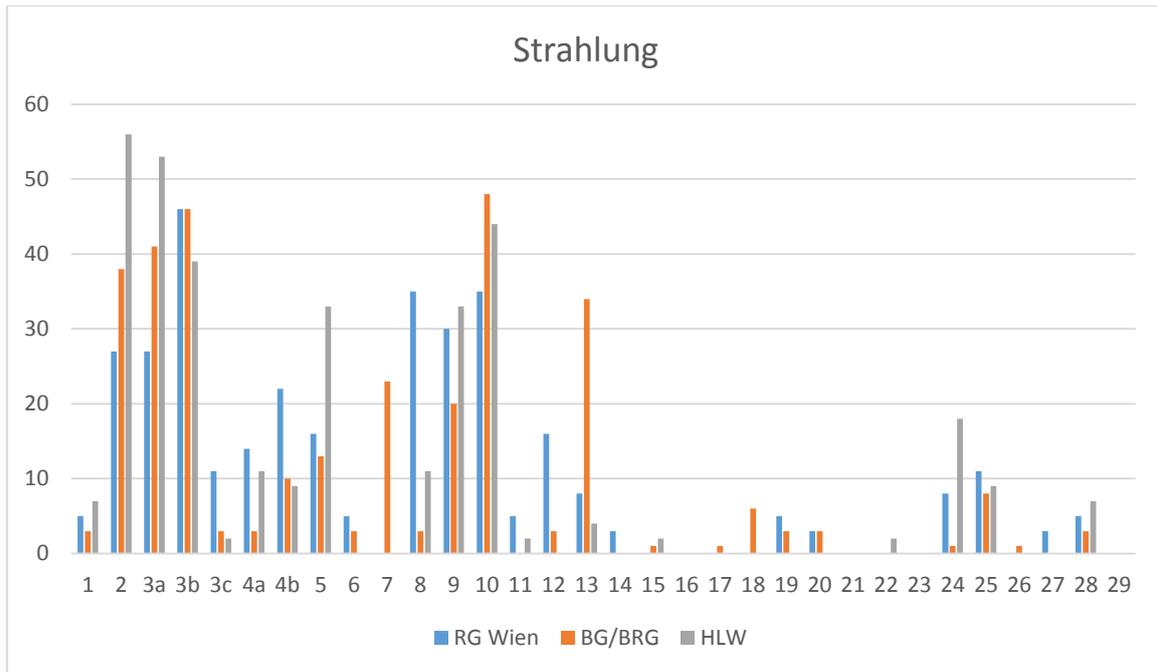
Betrachtet man nun die Häufigkeit des Vorkommens der codierten Motive nach Kategorien unterteilt, erkennt man, dass das etymologische Konzept signifikant öfter in den Spalten „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“ auftritt. Die Sonne als Strahlungsquelle wird dagegen deutlich häufiger in den Bereichen „Strahlung“ und „UV-Strahlung“ gezeichnet. Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung darstellen wurden oft bei „Strahlung“ und „UV-Strahlung“ gefunden und selten bei „IR-Strahlung“. Dagegen erfahren Motive, die Quellen unsichtbarer Strahlung darstellen nur bei „Strahlung“ zahlreiche Nennungen, während dies in den Spalten „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“ selten der Fall ist. Erwähnenswert ist auch, dass bei „Strahlung“ und „IR-Strahlung“ Zeichnungen zu unsichtbarer Strahlung öfter auftreten als Zeichnungen zu sichtbarer Strahlung. Während Strahlung im Allgemeinen eher mit unsichtbarer Strahlung assoziiert wird, werden bei UV-Strahlung eher Quellen sichtbarer Strahlung gezeichnet. Bei Strahlung finden sich also häufig Motive die Rückschlüsse zulassen, welches Konzept bezüglich Sichtbarkeit hinter den Zeichnungen steckt – konkret werden ungefähr gleich viele Motive mit Quellen sichtbarer wie unsichtbarer Strahlung gezeichnet. In der Spalte „IR-Strahlung“ finden sich in diesem Kontext wenige Zeichnungen und wenn dann eher zu unsichtbarer Strahlung. UV-Strahlung wird häufig mit Quellen sichtbarer Strahlung verbunden. Zu IR-Strahlung finden sich in beiden Kategorien eher wenige Motive. Die mit großem Abstand meisten Motive fallen aber in die Kategorie 5: Konzepte mit physikalischem Hintergrund. Allerdings gibt es auch hier Unterschiede zwischen den einzelnen Spalten: bei Strahlung wurden ca. doppelt so viele Motive gefunden wie in den anderen

beiden Spalten. Ungefähr gleich viele Schülerinnen und Schüler attestieren, dass Strahlung im Allgemeinen und UV-Strahlung Auswirkungen auf Menschen und/oder Umwelt hat. In Bezug auf IR-Strahlung kann dies weniger oft festgestellt werden. Bezüglich Anwendungsgebiete dominieren Motive in der Spalte „IR-Strahlung“. Hier finden sich in etwa dreimal so viele Motive, wie in den anderen beiden Spalten. In nicht einmal 5 % der Zeichnungen wiesen die Motive so einen hohen Abstraktionsgrad auf, dass die Zeichnung keiner der anderen Kategorien zugeordnet werden konnte – dies betrifft alle drei Spalten gleichermaßen.

#### **4.1.1.1 Unterschiede zwischen den Schulen**

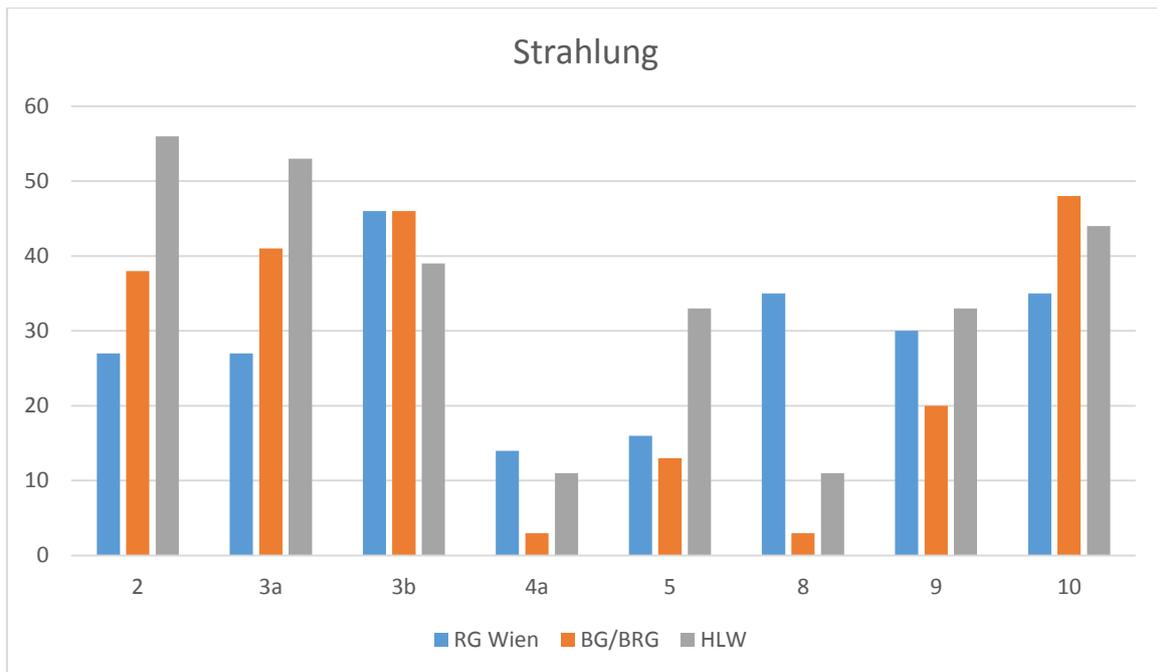
Im Folgenden wird dargestellt wie oft ein Code pro Schule vorgefunden wurde, aufgeschlüsselt nach „Strahlung“, „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“. Auf der x-Achse sind jeweils die Codes aufgetragen und auf der y-Achse die Anzahl der Motive in Prozent.

Es sollte erwähnt werden, dass manche Codes nur in einer Schule signifikant häufig auftraten. Diese sind in den Abbildungen mit den reduzierten Codes nicht enthalten, aber es wird in der Beschreibung jeweils darauf hingewiesen.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 14: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (Strahlung)



2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle 3a nur sichtbare Strahlung 3b nur unsichtbare Strahlung	4a Strahlung hat eine Wirkung 5 Handystrahlung 8 Konzept gerichtete Strahlen	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen 10 Radioaktivität
--	--	--

Abb. 15: Vereinfachte Darstellung von Abb. 14

Betrachtet man die Ergebnisse in den einzelnen Schulen, kann gesagt werden, dass die Häufigkeit des Vorkommens der codierten Motive sehr unterschiedlich ist. Besonders trifft dies auf folgende Punkte zu:

- Sonne als Strahlungsquelle
- Quellen sichtbarer Strahlung
- Sichtbarkeit nicht zuordenbar
- Strahlung hat eine negative Wirkung
- Handystrahlung
- Wellenlänge als Eigenschaft der Strahlung
- Unterschiedliche Reichweite von Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig
- Fernsehen/Internet/Satellit

Doch es muss hinzugefügt werden, dass sich in den meisten Fällen zumindest in 2 Schulen ähnliche Ergebnisse zeigen.

Nachstehende Codes kommen nur in einer Schule signifikant oft vor:

- Sichtbarkeit nicht zuordenbar (nur RG Wien)
- Strahlung hat eine negative Wirkung (nur RG Wien)
- Wellenlänge als Eigenschaft von Strahlung (nur BG/BRG)
- Unterschiedliche Reichweite von Strahlung (nur RG Wien)
- Strahlung ist wellenförmig (nur BG/BRG)
- Fernsehen/Internet/Satellit (nur HLW)
- Existenz einer Strahlungsquelle (nur RG Wien)

Hingegen treten folgende codierten Motive in etwa gleich häufig in allen drei Schulen auf: Etymologisches Konzept, Quellen sichtbarer Strahlung und Existenz einer Strahlungsquelle. Auch wurden ungefähr gleich viele Zeichnungen in allen Schulen dem Code „Zeichnung nicht codierbar“ zugeordnet.

#### Ergebnisse RG Wien:

Von Schülerinnen und Schülern des RG Wiens wurden besonders häufig Motive gezeichnet, die Quellen unsichtbarer Strahlung zeigen und Motive in Zusammenhang mit Radioaktivität. Des Weiteren ist die Vorstellung von gerichteten Strahlen sehr verbreitet. Mit Abstand folgen Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen, die Sonne als Strahlungsquelle und Motive, die Strahlung in Verbindung mit einer negativen Wirkung zeigen. In geringerer Häufigkeit finden sich folgende Codes: Handystrahlung, Unterschiedliche Reichweite von Strahlung, Strahlung hat eine positive oder neutrale Wirkung und Existenz einer Strahlungsquelle. Erwähnenswert ist, dass in dieser Schule, doppelt so oft Strahlung mit einer negativen Wirkung assoziiert wird wie mit einer positiven oder neutralen Wirkung. Außerdem werden fast doppelt so viele Motive gezeichnet, die eine Quelle unsichtbarer Strahlung zeigen, wie jene, die eine Quelle sichtbarer Strahlung zeigen. Etwa ein Drittel aller insgesamt Vorkommenden Motive wird in dieser Schule kein einziges Mal gezeichnet. Das Konzept Sonne als Strahlungsquelle und Quellen sichtbarer Strahlung kommen in dieser Schule signifikant seltener vor als in anderen Schulen. Deutlich häufiger treten folgende codierten Motive auf: Strahlung hat eine negative Wirkung, Konzept gerichtete Strahlen, Teilchenstrahl, Unterschiedliche Reichweite von Strahlung, Solarium und Elektrizität = Strahlung.

#### Ergebnisse BG/BRG:

In dieser Schule ist auffällig, dass besonders viele Motive in Zusammenhang mit Radioaktivität gezeichnet wurden. Ebenfalls häufig treten Motive auf, die Quellen unsichtbarer

Strahlung zeigen. Etwas weniger oft finden sich Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung und Motive, die die Sonnen als Strahlungsquelle zeigen sowie Zeichnungen, die auf die Vorstellung schließen lassen, dass Strahlung wellenförmig ist. Mehr als doppelt so häufig wurden Motive gezeichnet, die Strahlung mit einer negativen Wirkung assoziieren wie mit einer positiven oder neutralen und in etwa doppelt so viele Zeichnungen zeigen Quellen unsichtbarer Strahlung im Vergleich zu Quellen sichtbarer Strahlung. Auch in dieser Schule wurden zirka ein Drittel aller insgesamt vorkommenden codierten Motive kein einziges Mal gezeichnet. Signifikant weniger oft wie in den anderen beiden Schulen wurde Strahlung mit einer positiven oder neutralen Wirkung verbunden, außerdem traten das Konzept der gerichteten Strahlen und das Konzept einer Strahlungsquelle in alle Richtungen deutlich seltener auf. Auffällig häufiger wurde die Wellenlänge als Eigenschaft von Strahlung gezeichnet, sowie dass sich Strahlung wellenförmig darstellen lässt.

### Ergebnisse HLW:

Die Schülerinnen und Schüler der HLW zeichneten besonders häufig die Sonne als Strahlungsquelle. Außerdem kamen wie im BG/BRG oftmals Motive im Zusammenhang mit Radioaktivität vor. Bilder zu Handystrahlung und gerichteten Strahlen traten ebenfalls oft auf. Etwas seltener konnten Motive zu Fernsehen/Internet/Satellit und gerichteten Strahlen festgestellt werden. Erwähnenswert ist auch, dass zirka gleich viele Schülerinnen und Schüler Strahlung mit einer negativen wie mit einer positiven oder neutralen Wirkung assoziieren. Außerdem finden sich etwas mehr Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen, wie Quellen unsichtbarer Strahlung. Besonders im Vergleich zu den anderen Schulen ist der höhere Anteil an Motiven, die gar nicht vorkommen. Es gibt sonst keine Motive, die in dieser Schule signifikant seltener gezeichnet worden wären. Deutlich häufiger als in den anderen Schulen wurden Bilder zur Handystrahlung und zu Fernsehen/Internet/Satellit angefertigt.

Nach Kategorien aufgeteilt:

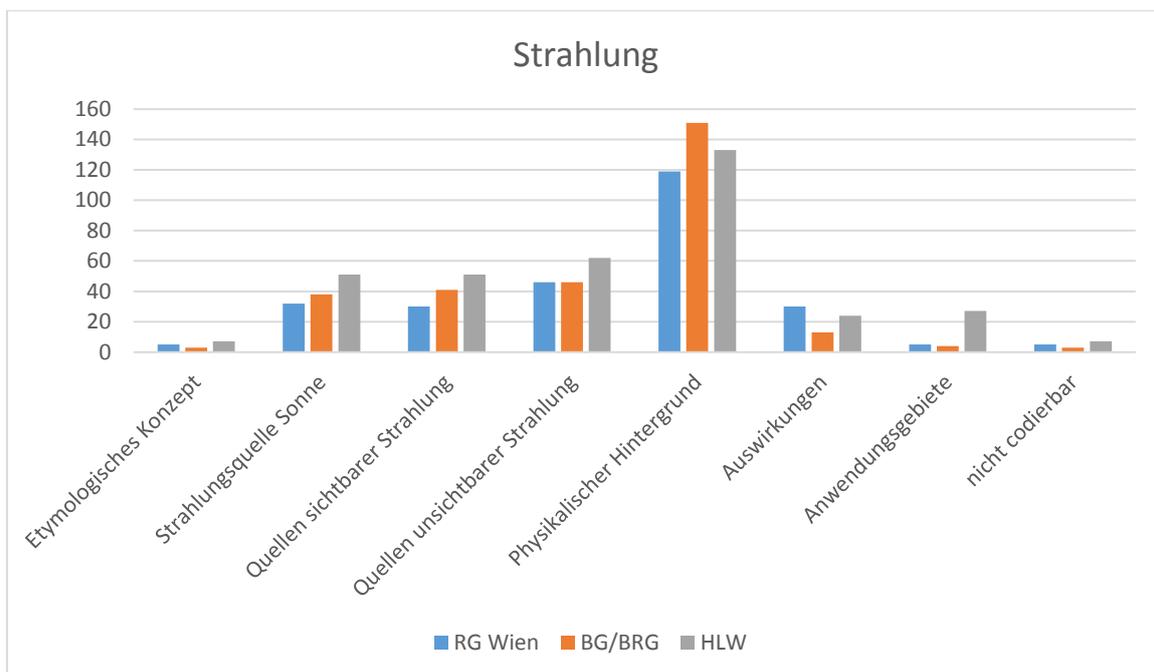
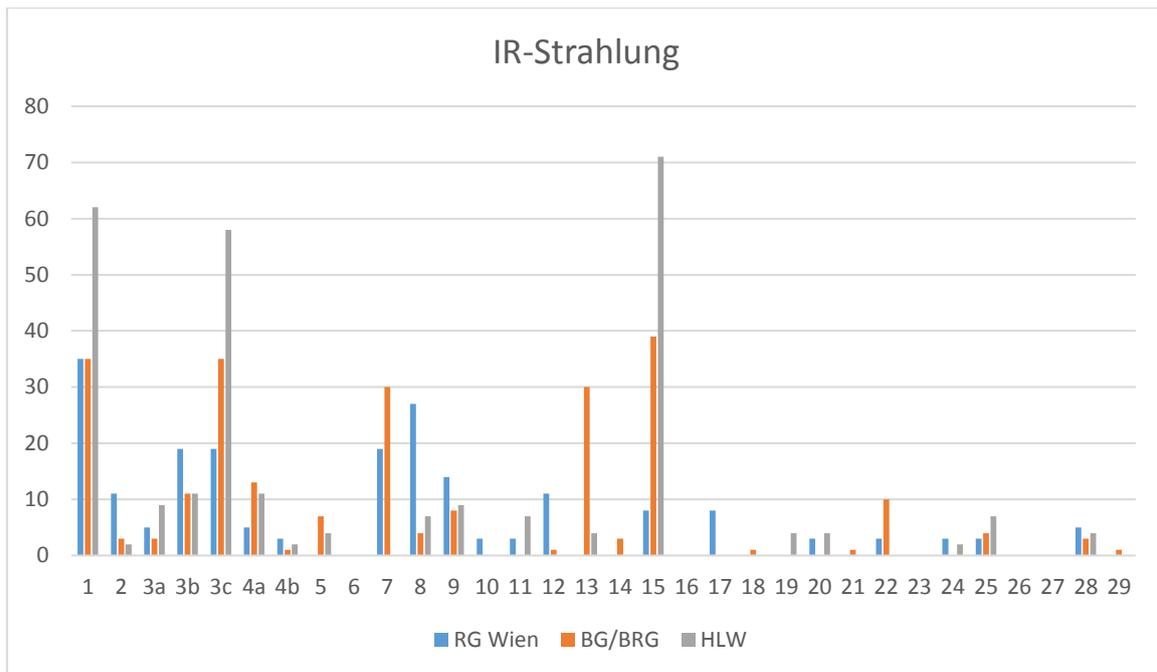


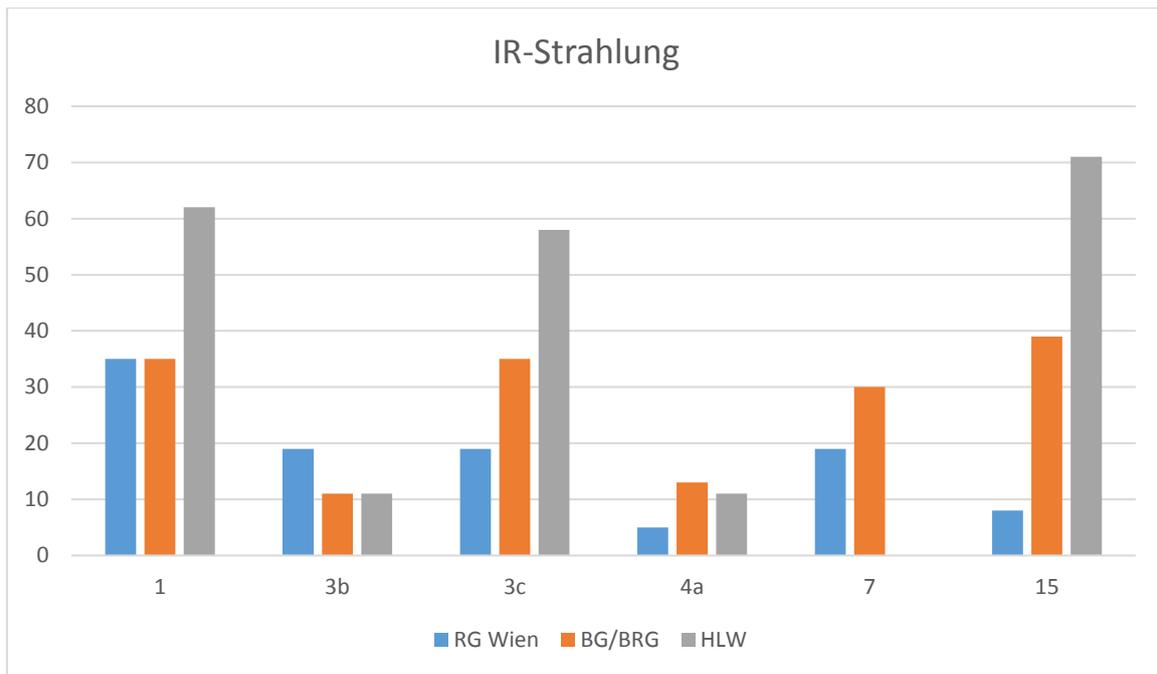
Abb. 16: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (Strahlung)

Betrachtet man diese Abbildung ist besonders auffällig, dass mit großem Abstand die meisten Motive in Kategorie 5 zu finden sind. Dies trifft gleichermaßen auf alle drei Schulen zu, wenn auch im BG/BRG noch etwas mehr Bilder gefunden wurden. Die häufigsten Assoziationen der Schülerinnen und Schülern mit Strahlung sind also Konzepte mit physikalischem Hintergrund. Interessant ist auch, dass die Häufigkeit des Vorkommens der Sonne als Strahlungsquelle und Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen pro Schule betrachtet jeweils sehr ähnlich ist und im Vergleich der Schulen miteinander im RG Wien etwas geringer ist als im BG/BRG und in der HLW am häufigsten. Schülerinnen und Schüler der HLW zeichneten öfter Motive mit Quellen unsichtbarer Strahlung, während die Ergebnisse in dieser Kategorie für die anderen beiden Schulen gleich sind. In allen drei Schulen konnte ein etymologisches Konzept in zirka 5 % der Zeichnungen festgestellt werden. Es zeichneten ungefähr doppelt so viele Schülerinnen und Schüler des RG Wiens und der HLW Motive bezüglich Auswirkungen von Strahlung wie im BG/BRG. Signifikant mehr Motive bezüglich Anwendungsgebieten von Strahlung finden sich in den Zeichnungen von Schülerinnen und Schülern der HLW als in jenen der anderen beiden Schulen. In keiner der Schulen fielen mehr als 7 % der Zeichnungen in die Kategorie „Zeichnung nicht codierbar“.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radio	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	aktivität	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	13 Strahlung ist wellenförmig	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	14 Solarium	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	16 UV-Lampe	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	17 Farbspektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	18 EM-Spektrum	
	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 17: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (IR-Strahlung)



1 Etymologisches Konzept 3b nur unsichtbare Strahlung	3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar 4a Strahlung hat eine Wirkung	7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung 15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler
--	---	---

Abb. 18: Vereinfachte Darstellung von Abb. 17

Auffällig ist bei dieser Abbildung, dass besonders viele der codierten Motive nur von 10 % oder weniger der Schülerinnen und Schüler je Schule gezeichnet wurden. Auch wurden einige der Motive kein einziges Mal in dieser Spalte gezeichnet und generell kann gesagt werden, dass in jeder der Schulen jeweils nur zirka zwei Drittel der Motive vorkommen – im BG/BRG etwas mehr und in der HLW etwas weniger.

Folgende Motive traten nur in einer Schule nennenswert oft auf:

- Konzept gerichtete Strahlen (nur RG Wien)
- Strahlungsquelle in alle Richtungen (nur RG Wien)
- Strahlung ist wellenformig (nur BG/BRG)

Betrachtet man nun die einzelnen Schulen separat, ergibt sich folgendes Bild:

#### Ergebnisse RG Wien:

In dieser Schule wurden in der Spalte „IR-Strahlung“ besonders häufig Motive gezeichnet, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen. Des Weiteren findet sich oft das Konzept der gerichteten Strahlen, sowie das Konzept der Wellenlänge als Eigenschaft der Strahlung. Interessant ist, dass zwar viele Motive zu Quellen unsichtbarer Strahlung vorkommen, aber ebenso viele Fälle nicht zuordenbar sind. Ebenfalls häufig sind Bilder zur

Strahlungsquelle in alle Richtungen. Erwähnt werden muss auch, dass Schülerinnen und Schüler des RG Wiens IR-Strahlung kaum eine Wirkung attestieren. Auffällig ist auch, dass weit häufiger Quellen unsichtbarer Strahlung gezeichnet werden als Quellen sichtbarer Strahlung. Hervorgehoben werden sollte, dass signifikant weniger Zeichnungen zu Anwendungsgebieten von IR-Strahlung auftreten, als in den anderen Schulen. Deutlich öfter dagegen kommt das Konzept der gerichteten Strahlen und der unsichtbaren Strahlung vor, aber auch dass Sonne als Strahlungsquelle gesehen wird.

### Ergebnisse des BG/BRG:

In dieser Schule wurden sehr häufig Motive gezeichnet, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen. Erwähnenswert ist auch, dass der Anteil an Zeichnungen relativ hoch ist, bei denen nicht zugeordnet werden konnte, ob der Schüler oder die Schülerin IR-Strahlung mit sichtbarer oder unsichtbarer Strahlung assoziiert. Ebenfalls sehr häufig treten Motive zu Anwendungen von IR-Strahlung auf. Außerdem scheint bei Schülerinnen und Schülern das Konzept sehr präsent zu sein, dass Strahlung wellenförmig dargestellt werden kann, sowie dass die Wellenlänge eine Eigenschaft der IR-Strahlung ist. Bei etwa 10 % der Zeichnungen finden sich Motive, dass IR-Strahlung eine positive oder neutrale Wirkung hat und es gibt kaum Motive, die auf die Vorstellung einer negativen Wirkung hinweisen würden. Es gibt kaum Zeichnungen mit Quellen von sichtbarer Strahlung, dagegen treten viermal so oft Motive auf, die Quellen unsichtbarer Strahlung zeigen. Interessant ist aber, dass bei beinahe ebenso vielen Zeichnungen das dahinterliegende Konzept bezüglich Sichtbarkeit von IR-Strahlung nicht zugeordnet werden konnte. Es findet sich kein codiertes Motiv, das signifikant seltener gezeichnet worden wäre, als in den anderen Schulen, dagegen wurde deutlich häufiger IR-Strahlung als wellenförmig dargestellt und die Wellenlänge als Eigenschaft der Strahlung angegeben.

### Ergebnisse HLW:

Besonders auffällig in dieser Schule ist, dass die Motive, die am häufigsten gezeichnet wurden auch im Vergleich zu den anderen Schulen signifikant öfter vorkommen. Dabei handelt es sich um Bilder, die auf ein etymologisches Konzept hindeuten, um Bilder bezüglich Anwendung von IR-Strahlung und um Motive, die nichts über das Konzept der Schülerin oder des Schülers bezüglich Sichtbarkeit von IR-Strahlung aussagen. Interessant ist auch, dass es kaum Zeichnungen gibt, die IR-Strahlung mit einer negativen Wirkung in Verbindung bringen würden. Es treten auch so gut wie keine Motive mit Quellen sichtbarer oder unsichtbarer Strahlung auf.

Nach Kategorien aufgeteilt:

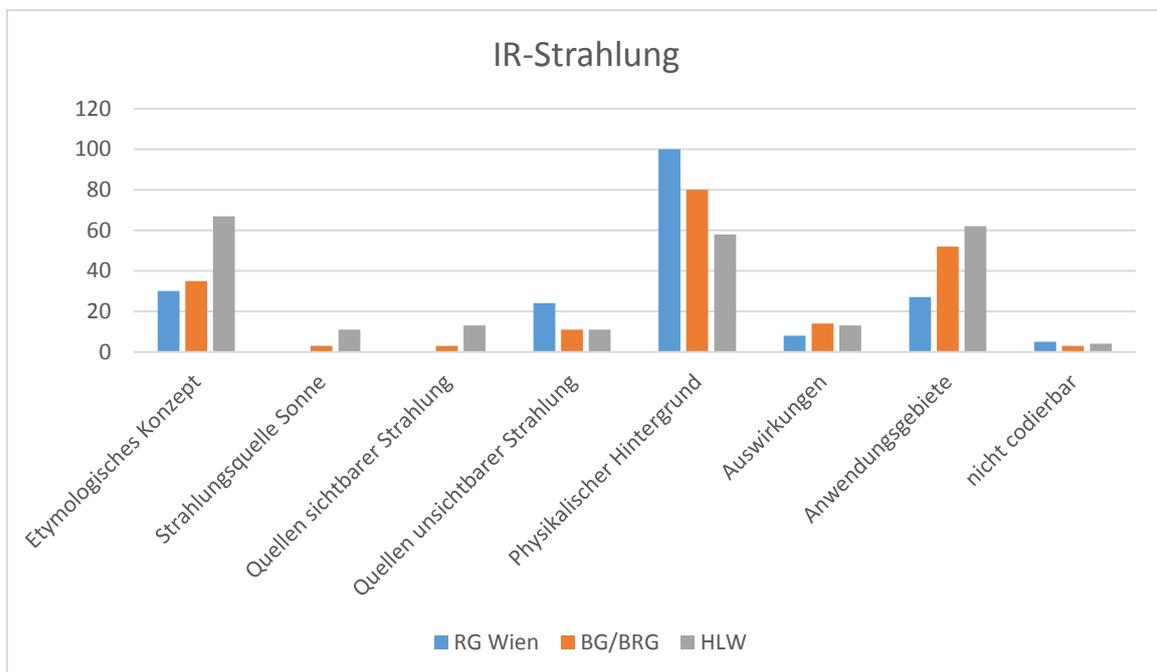
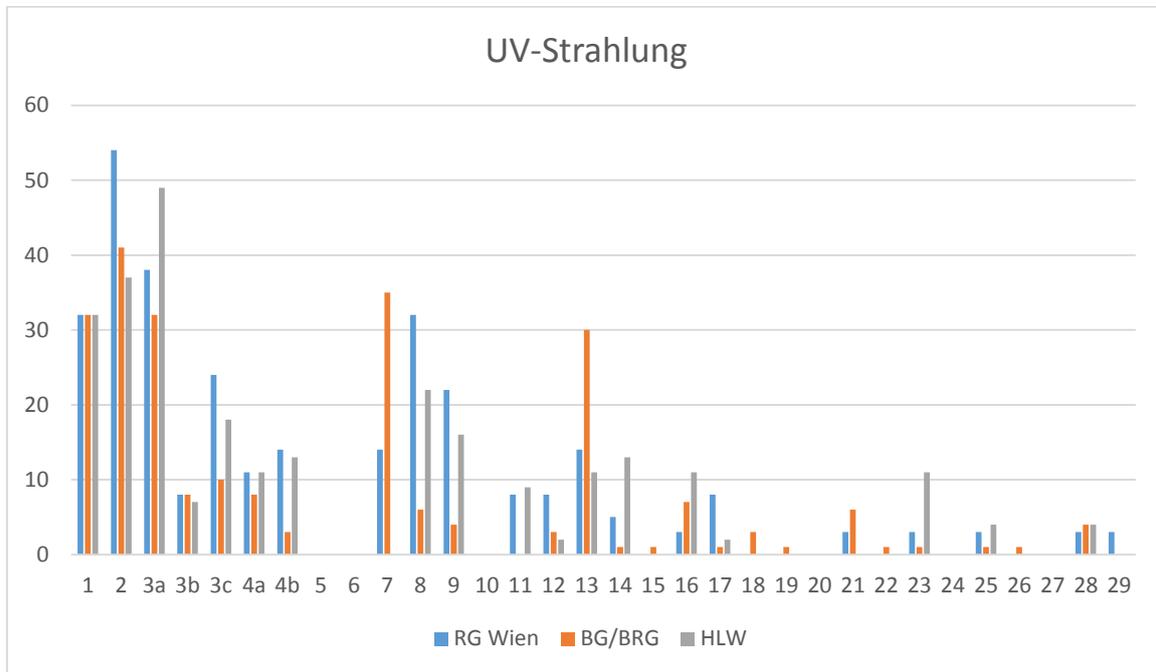


Abb. 19: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (IR-Strahlung)

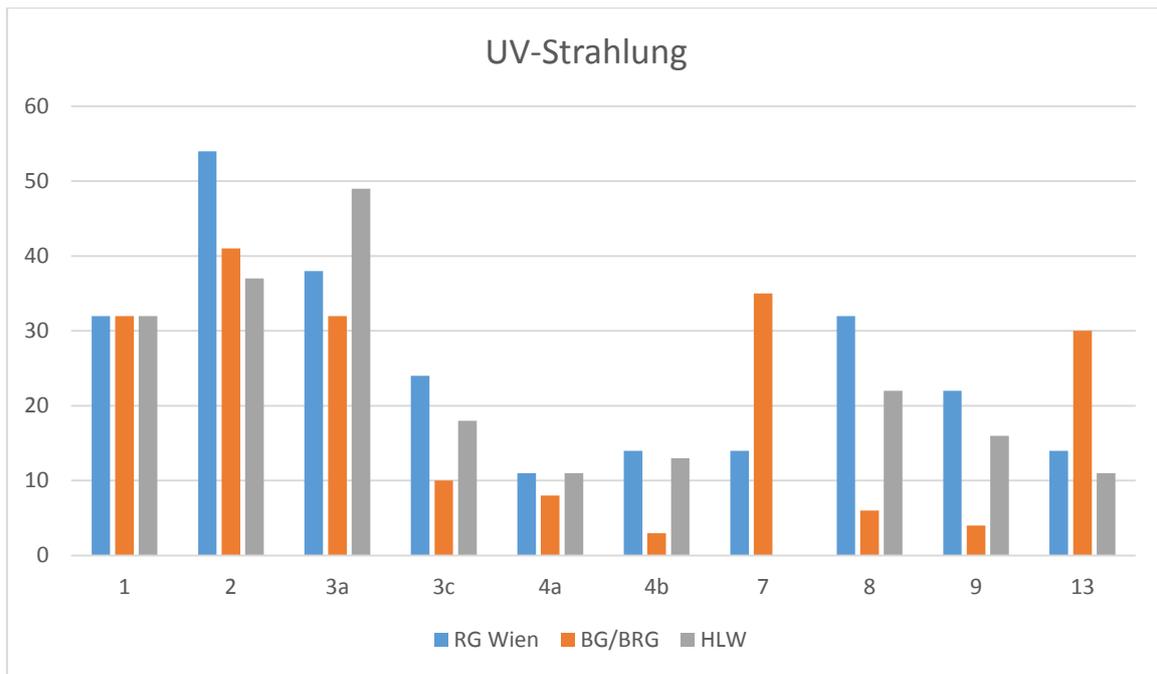
Generell fällt bei dieser Abbildung auf, dass sich die Ergebnisse der einzelnen Schulen stark unterscheiden, wenn auch in manchen Kategorien zumindest zwei der drei Schulen Ähnlichkeiten aufweisen. Wie bereits bei der entsprechenden Abbildung zu Strahlung im Allgemeinen (Abbildung 16), finden sich die meisten Motive in der Kategorie 5. Außer in der HLW ist die Anzahl auch signifikant höher als in den anderen Kategorien. Dies bedeutet, dass der Großteil aller Schülerinnen und Schülern IR-Strahlung mit physikalischen Konzepten verbindet. Des Weiteren ist auffällig, dass besonders in der HLW das etymologische Konzept sehr weit verbreitet ist – auch signifikant häufiger als in den anderen beiden Schulen. Ebenfalls viele Nennungen gibt es in der Kategorie 7: Besonders Schülerinnen und Schüler der HLW und des BG/BRG assoziieren IR-Strahlung mit der praktischen Anwendung. Auch in dieser Spalte ist der Anteil an nicht codierbaren Zeichnungen mit maximal 5 % gering. Bemerkenswert ist auch, dass Kategorie 2 und 3 sehr ähnliche Häufigkeiten aufweisen: Während es im RG Wien jeweils keine Zeichnungen gibt und im BG/BRG sehr wenige, zeichnen Schülerinnen und Schüler der HLW öfter die Sonne als Strahlungsquelle und Quellen sichtbarer Strahlung. Während diese Schülerinnen und Schüler auch ungefähr gleich viele Motive zeichnen, die Quellen unsichtbarer Strahlung zeigen, steigt der Anteil bei den Probandinnen und Probanden aus dem BG/BRG stark und bei jenen aus dem RG

Wien sogar signifikant stark an. Dagegen gibt es kaum Unterschiede zwischen den Schulen bezüglich der Anzahl an Assoziationen zu Auswirkung von Strahlung.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 20: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (UV-Strahlung)



1 Etymologisches Konzept	4a Strahlung hat eine Wirkung	8 Konzept gerichtete Strahlen
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	4b Strahlung hat eine negative Wirkung	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen
3a nur sichtbare Strahlung	7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	13 Strahlung ist wellenförmig
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar		

Abb. 21: Vereinfachte Darstellung von Abb. 20

Auch diese Abbildung zeigt, dass die Ergebnisse der einzelnen Schulen doch bei vielen Codes sehr unterschiedlich sind. Ähnlichkeiten bei allen drei Schulen lassen sich nur bei Code 1 und 28 feststellen. Außerdem kann gesagt werden, dass in der Spalte „UV-Strahlung“ einige der codierten Motive gar nicht vorkommen und nur etwa ein Drittel öfter als 10 % auftritt, wobei dies von Schule zu Schule variiert, denn während im BG/BRG nur 8 Codes nie identifiziert wurden, waren es in der HLW 14 Codes.

Folgende codierten Motive wurden nur in einer der Schulen öfters gezeichnet:

- Solarium (nur HLW)
- UV-Lampe (nur HLW)
- Assoziation mit Ozonchicht /-loch (nur HLW)

Ansonsten können die Ergebnisse der einzelnen Schulen folgendermaßen beschrieben werden:

#### Ergebnisse des RG Wien:

Mit Abstand am häufigsten gezeichnet wurde von Schülerinnen und Schülern des RG Wiens die Sonne als Strahlungsquelle. Da in dieser Spalte mehrere codierte Motive relativ oft auftraten, sollen diese nun aufgezählt werden:

- Quellen sichtbarer Strahlung
- Etymologisches Konzept
- Konzept gerichtete Strahlen
- Strahlungsquelle in alle Richtungen
- Sichtbarkeit nicht zuordenbar
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig

Bezüglich des Aspekts, ob Strahlung eine positive beziehungsweise neutrale Wirkung oder eine negative Wirkung hat, kann gesagt werden, dass beide Werte unter 10 % liegen und damit sehr selten vorkommen. Allerdings wird UV-Strahlung etwas öfter mit einer positiven oder neutralen Wirkung assoziiert. Auffällig in dieser Klasse ist, dass eher selten Quellen unsichtbarer Strahlung gezeichnet wurden, aber sehr häufig Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen. Ebenso oft traten Bilder auf, bei denen das Konzept der Sichtbarkeit nicht zugeordnet werden konnte. Es finden sich keine codierten Motive, die signifikant seltener von Schülerinnen und Schülern des RG Wiens gezeichnet wurden als von Schülerinnen und Schülern anderer Schulen. Erwähnenswert ist, dass in dieser Schule der Anteil an Motiven, die die Sonne als Strahlungsquelle oder gerichtete Strahlen zeigen deutlich höher ist als in den anderen Schulen.

#### Ergebnisse BG/BRG:

Auch in dieser Schule war das am häufigsten gezeichnete Motiv die Sonne als Strahlungsquelle. Ebenfalls sehr oft finden sich Bilder, die die Wellenlänge als Eigenschaft der UV-Strahlung zeigen. Bei rund einem Drittel konnte ein etymologisches Konzept festgestellt werden, sowie das Konzept, dass Strahlung wellenförmig dargestellt werden kann. Auch häufig kamen Motive vor, die Quellen sichtbarer Strahlung aufweisen. Eine Ähnlichkeit zu den Ergebnissen des RG Wiens ist, dass nur wenige Schülerinnen und Schüler Bilder anfertigten, die UV-Strahlung mit irgendeiner Wirkung verbanden. Interessant ist außerdem, dass signifikant mehr Motive Quellen sichtbarer Strahlung zeigen, wie Quellen unsichtbarer

Strahlung. Während bei den anderen beiden Schulen der Anteil an Zeichnungen, bei denen das Konzept der Sichtbarkeit nicht zugeordnet werden konnte, relativ hoch ist, trifft dies auf die Ergebnisse des BG/BRG nicht zu. Außer bei jenen Codes, die kein einziges Mal auftraten, waren keine Codes dabei, die signifikant seltener gezeichnet worden wären. Dafür traten die Konzepte, dass Strahlung wellenförmig ist und dass die Wellenlänge eine Eigenschaft von Strahlung ist, deutlich öfter auf.

#### Ergebnisse HLW:

In den Abbildungen 20 und 21 zeigt sich deutlich, dass zwischen dem BG/BRG und der HLW vermehrt Unterschiede auftreten: In den meisten Fällen erfahren die einzelnen Codes in den Ergebnisse der HLW eine höhere Anzahl an Nennungen. Außerdem zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der HLW besonders häufig Motive zeichneten, die Quellen sichtbarer Strahlung darstellen. Dies ist auch deshalb erwähnenswert, weil das Ergebnis der HLW die Werte von beiden anderen Schulen erheblich übersteigt. Ebenfalls vielfach gezeichnet wurde die Sonne als Strahlungsquelle und Motive bei denen ein etymologisches Konzept festgestellt werden konnte. Bezüglich dieser Tendenz gleichen sich die Ergebnisse der drei Schulen, wenn auch die konkreten Zahlen etwas variieren. Man kann sagen, dass etwa gleich viele Schülerinnen und Schüler UV-Strahlung mit einer negativen wie mit einer positiven oder neutralen Wirkung verbinden. Bezüglich der Sichtbarkeit von UV-Strahlung ist anzumerken, dass in dieser Schule signifikant öfter Motive gezeichnet wurden, die UV-Strahlung mit einer Quelle sichtbarer Strahlung verbinden. Wie auch schon bei den Ergebnissen des BG/BRG waren außer bei jenen Codes, die kein einziges Mal auftraten, keine Codes dabei, die signifikant seltener gezeichnet worden wären. Wie bereits erwähnt fanden sich signifikant häufiger Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung darstellen, sowie Bilder, die ein Solarium zeigen oder die UV-Strahlung mit dem Ozonloch oder mit der Ozonschicht verbinden.

Nach Kategorien aufgeteilt:

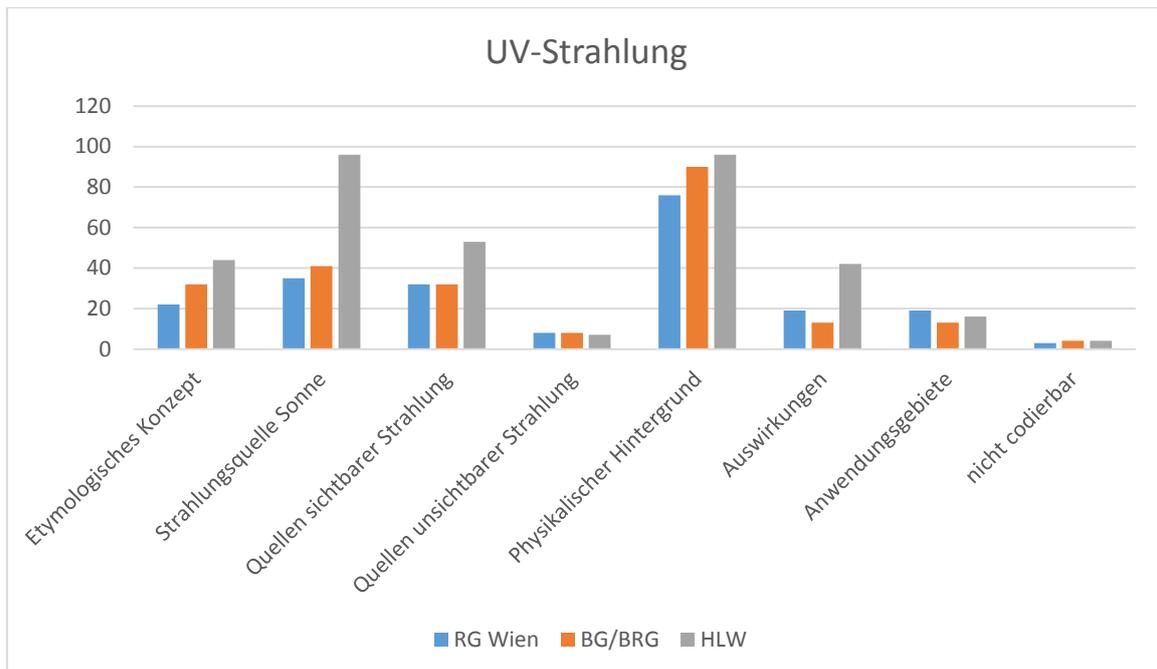


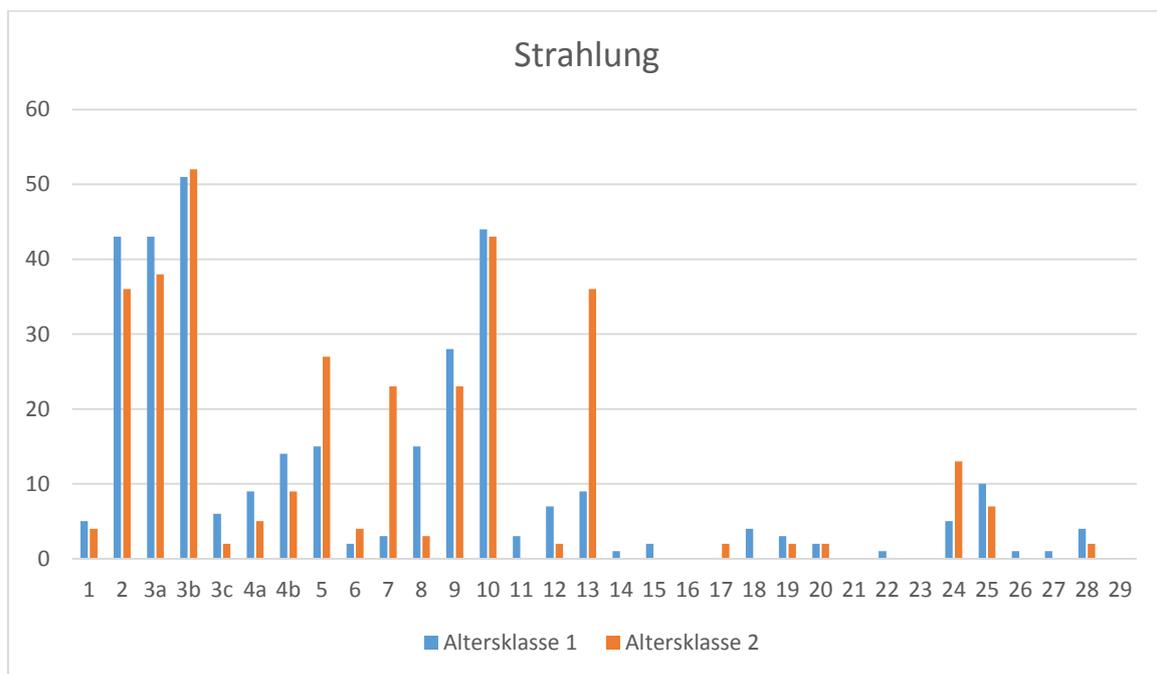
Abb. 22: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (UV-Strahlung)

Betrachtet man Abbildung 22, ist einerseits besonders auffällig, dass die Häufigkeit des Vorkommens der Motive in fünf der acht Kategorien in der HLW am höchsten war und, dass sich wieder in Kategorie 5 die meisten Motive einordnen lassen. Es haben also in allen drei Schulen die Schülerinnen und Schüler besonders häufig Motive gezeichnet, die UV-Strahlung mit einem physikalischen Hintergrund in Verbindung bringen. Beinahe ebenso häufig wurde von den Probandinnen und Probanden der HLW das Motiv der Sonne als Strahlungsquelle gezeichnet. Interessant ist, dass in den anderen beiden Schulen, die Ergebnisse für „Sonne als Strahlungsquelle“ und „Quellen sichtbarer Strahlung“ relativ ähnlich sind, während in der HLW die Sonne als Strahlungsquelle deutlich häufiger vorkommt. In allen drei Schulen, waren Assoziationen von UV-Strahlung mit Quellen sichtbarer Strahlung eher selten. Von Schülerinnen und Schülern der HLW wurde viel häufiger Motive gezeichnet, die UV-Strahlung mit ihrer Auswirkung zeigt. Bezüglich der Anwendungsgebiete sind die Ergebnisse der drei Schulen sehr ähnlich. Auch gab es insgesamt kaum Zeichnungen, die nicht codierbar waren.

#### 4.1.1.2 Unterschiede zwischen den Altersklassen

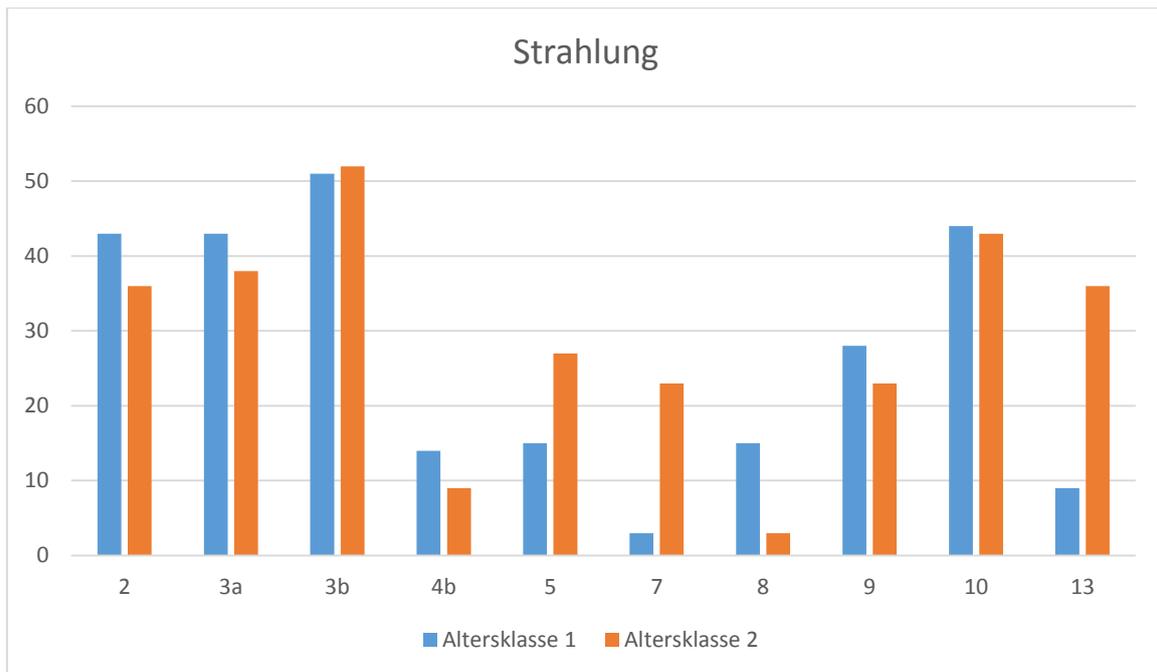
Nun soll grafisch veranschaulicht werden, wie oft ein Code pro Altersklasse aufgetreten ist, aufgeschlüsselt nach „Strahlung“, „IR-Strahlung“ und „UV-Strahlung“. Auf der x-Achse sind jeweils die Codes aufgetragen und auf der y-Achse die Anzahl der Motive in Prozent.

Es wird angemerkt, dass manche codierten Motive zwar nur in einer Altersklasse signifikant oft auftraten, diese aber trotzdem in der vereinfachten Darstellung gezeigt werden.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 23: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (Strahlung)



2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle 3a nur sichtbare Strahlung 3b nur unsichtbare Strahlung 4b Strahlung hat eine negative Wirkung	5 Handystrahlung 7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung 8 Konzept gerichtete Strahlen	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen 10 Radioaktivität 13 Strahlung ist wellenförmig
--	--	---

Abb. 24: Vereinfachte Darstellung von Abb. 23

Insgesamt kann gesagt werden, dass es einige Codes gibt, bei denen die Ergebnisse in beiden Altersklassen sehr ähnlich sind, aber es gibt auch zirka ebenso viele Codes bei denen große Unterschiede festgestellt werden können. Folgende codierten Motive sind in beiden Altersklassen ähnlich oft vorgekommen:

- Etymologisches Konzept
- Konzept Sonne als Strahlungsquelle
- nur sichtbare Strahlung
- nur unsichtbare Strahlung
- Strahlungsquelle in alle Richtungen
- Radioaktivität

In nachstehenden Codes lassen sich große Unterschiede zwischen den beiden Altersklassen feststellen:

- Strahlung hat eine Wirkung
- Strahlung hat eine negative Wirkung
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Konzept gerichtete Strahlen

- Teilchenstrahl
- Unterschiedliche Reichweite von Strahlung
- Fernsehen/Internet/Satellit

Vier Codes fanden in der Spalte „Strahlung“ keine einzige Nennung.

Betrachtet man die Ergebnisse der Altersklasse 1, fällt auf, dass einige der codierten Motive sehr häufig vorkommen, aber auch viele weniger als 10 % erreichen. Im Anschluss soll daher eine Reihung der Begriffe durchgeführt werden, die öfter als 10 % vorkommen – beginnend beim Motiv, das am häufigsten auftrat:

- Nur unsichtbare Strahlung
- Nur sichtbare Strahlung
- Sonne als Strahlungsquelle
- Radioaktivität
- Strahlungsquelle in alle Richtungen
- Konzept gerichtete Strahlen
- Handystrahlung
- Strahlung hat eine negative Wirkung

Dasselbe gilt auch für die Altersklasse 2, nur unterscheidet sich die Reihenfolge etwas. Daher soll auch für die Altersklasse 2 eine entsprechende Reihung durchgeführt werden:

- Nur unsichtbare Strahlung
- Nur sichtbare Strahlung
- Sonne als Strahlungsquelle
- Radioaktivität
- Strahlung ist wellenförmig
- Handystrahlung
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlungsquelle in alle Richtungen
- Fernsehen/Internet/Satellit

Erwähnenswert ist auch, dass ungefähr doppelt so viele Schülerinnen und Schüler in Altersklasse 1 Strahlung mit einer negativen Wirkung assoziieren wie mit einer positiven oder neutralen und beide Motive treten jeweils öfter auf als in der Altersklasse 2. Des Weiteren ist auffällig, dass in beiden Altersklassen sehr viele Motive gezeichnet wurden, die Quellen sichtbarer Strahlung aber auch unsichtbarer Strahlung zeigen. Die Werte unterscheiden sich jeweils nur geringfügig. Hervorgehoben sollte auch werden, dass doppelt so viele Begriffe in Altersklasse 2 nicht genannt wurden wie in Altersklasse 1. Dabei wurden in beiden Altersklassen folgende Begriffe nicht genannt:

- UV-Lampe
- Farbspektrum
- Tiere können UV-Strahlen sehen
- Assoziation mit Ozonschicht / -loch
- jeder Körper strahlt

Zusätzlich wurden in Altersklasse 2 nachstehende Motive kein einziges Mal gezeichnet:

- Teilchenstrahl
- Solarium
- IR- Lampe /-Kabine /-Strahler
- Mikrowelle
- Elektrizität = Strahlung

Zusätzlich kann gesagt werden, dass das Konzept der gerichteten Strahlen in Altersklasse 1 doch relativ häufig vorkam und in Altersklasse 2 aber signifikant seltener. Dagegen wurden Motive, die Strahlung wellenförmig darstellen, Motive zu Handystrahlung oder Fernsehen/Internet/Satellit und Motive, die die Wellenlänge als Eigenschaft der Strahlung zeigen in der Altersklasse 2 signifikant häufiger gezeichnet.

Nach Kategorien aufgeteilt:

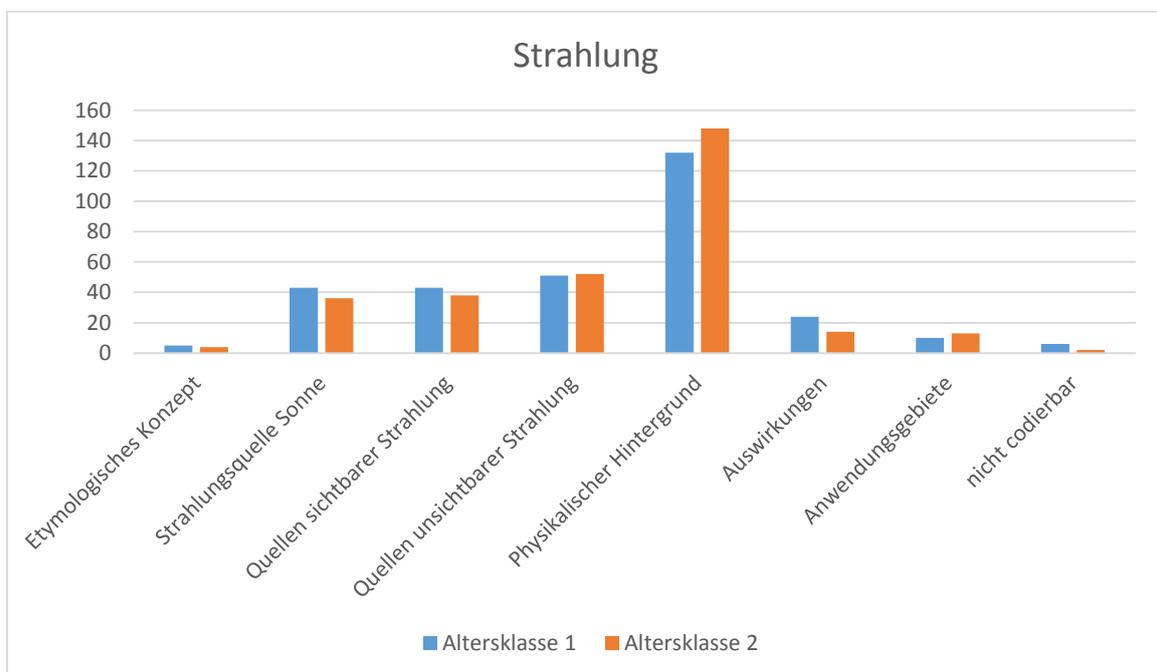
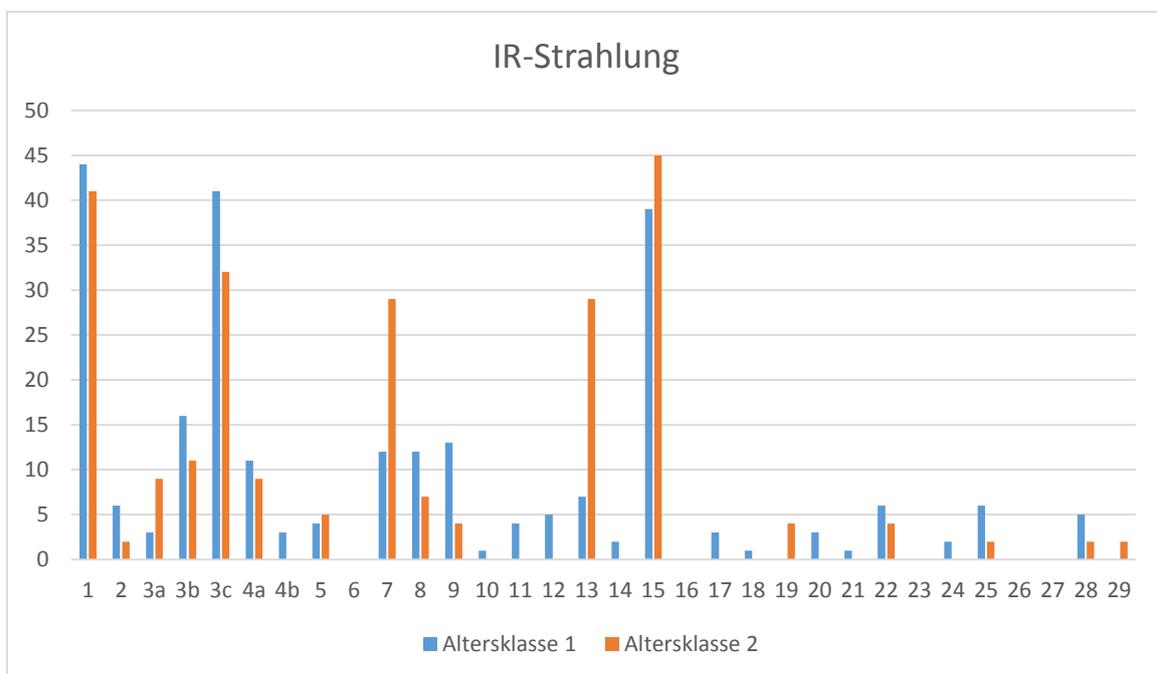


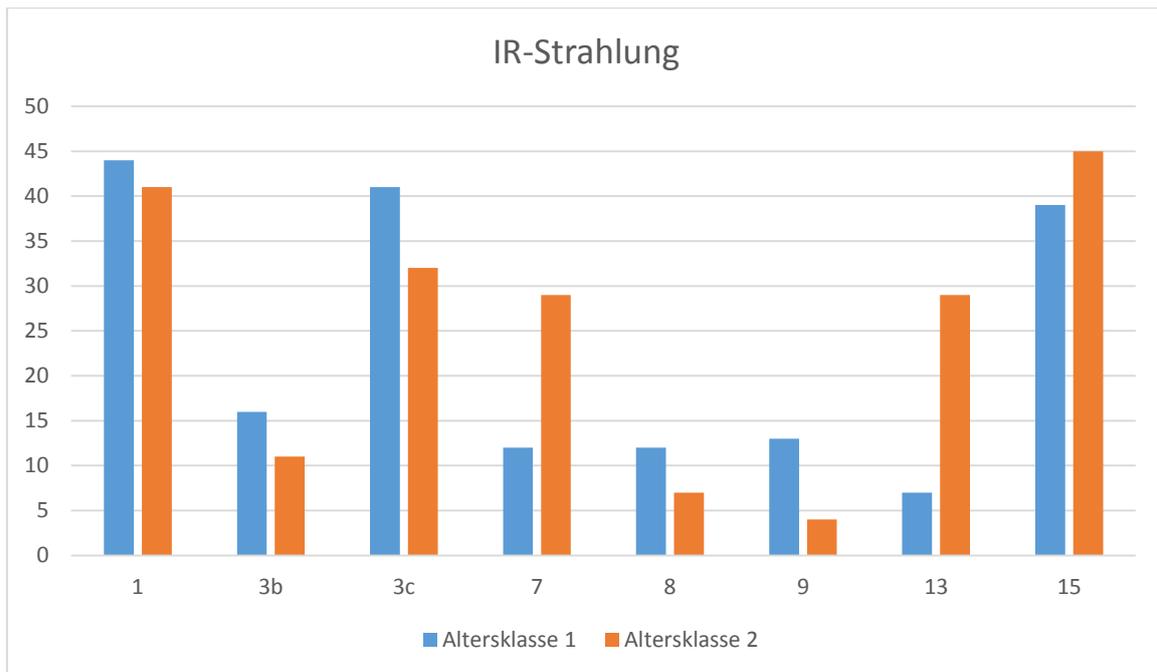
Abb. 25: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (Strahlung)

Betrachtet man Abbildung 25 fällt besonders auf, dass sich die Altersklassen in den Ergebnissen nicht signifikant unterscheiden. Es treten im Vergleich zu den anderen Kategorien sehr selten Zeichnungen auf die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen. Die Häufigkeit des Vorkommens von Motiven, die die Sonne als Strahlungsquelle zeigen und von Motiven, die Quellen sichtbarer und unsichtbarer Strahlung illustrieren ist in einem ähnlichen Bereich. Mit Abstand die meisten Motive können in beiden Altersklassen Kategorie 5 – Konzepte mit physikalischem Hintergrund zugeordnet werden. Etwas mehr Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 als der Altersklasse 2 assoziieren Strahlung mit einer Wirkung. Bezüglich der Anzahl an Motiven, die Anwendungen von Strahlung zeigen, ist das Verhältnis zwischen den Altersklassen umgekehrt. Schließlich müssen auch in dieser Spalte nur wenige Zeichnungen der Kategorie 8 – Zeichnung nicht codierbar zugeordnet werden.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handstrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 26: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (IR-Strahlung)



1 Etymologisches Konzept	7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	13 Strahlung ist wellenförmig
3b nur unsichtbare Strahlung	8 Konzept gerichtete Strahlen	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	

Abb. 27: Vereinfachte Darstellung von Abb. 26

Aus den Abbildungen 26 und 27 kann herausgelesen werden, dass in der Spalte „IR-Strahlung“ die einzelnen codierten Motive tendenziell eine geringere Häufigkeit des Vorkommens erfahren. Bei vielen Codes liegt der Wert unter 5 %. Des Weiteren sticht hervor, dass sehr viele Motive in der Altersklasse 2 kein einziges Mal gezeichnet wurden. Es gibt nur zwei Codes (Etymologisches Konzept und Strahlung hat eine positive oder neutrale Wirkung), bei denen die Ergebnisse in beiden Altersklassen sehr ähnlich sind und bei vier codierten Motiven können große Unterschiede festgestellt werden. Folgende codierten Motive sind in den beiden Altersklassen signifikant unterschiedlich oft vorgekommen:

- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig
- Konzept gerichtete Strahlen
- Strahlungsquelle in alle Richtungen

An dieser Stelle sollte erwähnt werden, dass dabei in der Altersklasse 1 das Konzept der gerichteten Strahlen und das Konzept der Strahlungsquelle in alle Richtungen signifikant häufiger gezeichnet wurden, während in der Altersklasse 2 deutlich öfter illustriert wurde, dass Strahlung wellenförmig dargestellt werden kann und dass die Wellenlänge eine Eigenschaft der Strahlung ist.

Fünf Codes fanden in der Spalte „IR-Strahlung“ in beiden Altersklassen keine einzige Nennung.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der Altersklasse 1, fällt auf, dass nur vier der codierten Motive deutlich häufiger als 10 % vorgekommen sind: Motive, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen, Motive zu IR- Lampe /-Kabine /-Strahler, sowie Zeichnungen, aufgrund derer das dahinterliegende Konzept der Sichtbarkeit nicht zugeordnet werden konnte und schließlich Bilder, die Quellen unsichtbarer Strahlung zeigen.

In Altersklasse 2 ist diesbezüglich erwähnenswert, dass auch nur fünf Motive deutlich öfter als 10 % vorkommen, aber diese Motive signifikant hohe Häufigkeiten aufweisen:

- IR- Lampe /-Kabine /-Strahler
- Etymologisches Konzept
- Sichtbarkeit nicht zuordenbar
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig

Erwähnenswert ist auch, dass nur etwa 10 % der Schülerinnen und Schüler beider Altersklassen IR-Strahlung mit einer positiven Wirkung assoziieren. Dagegen lässt sich für Assoziationen mit einer negativen Wirkung in der Altersklasse 2 kein Hinweis finden und in der Altersklasse 1 nur sehr wenige.

Besonders hervorgehoben werden sollte, dass in der Spalte „IR-Strahlung“ signifikant häufig Motive vorkommen, die keine Rückschlüsse auf das dahinterliegende Konzept bezüglich Sichtbarkeit schließen lassen. Während in der Altersklasse 2 die Anzahl der Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen und Motive, die Quellen unsichtbarer Strahlung zeigen relativ ähnlich ist, zeichneten deutlich weniger Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 Motive mit Quellen sichtbarer Strahlung als mit Quellen unsichtbarer Strahlung.

Nach Kategorien aufgeteilt:

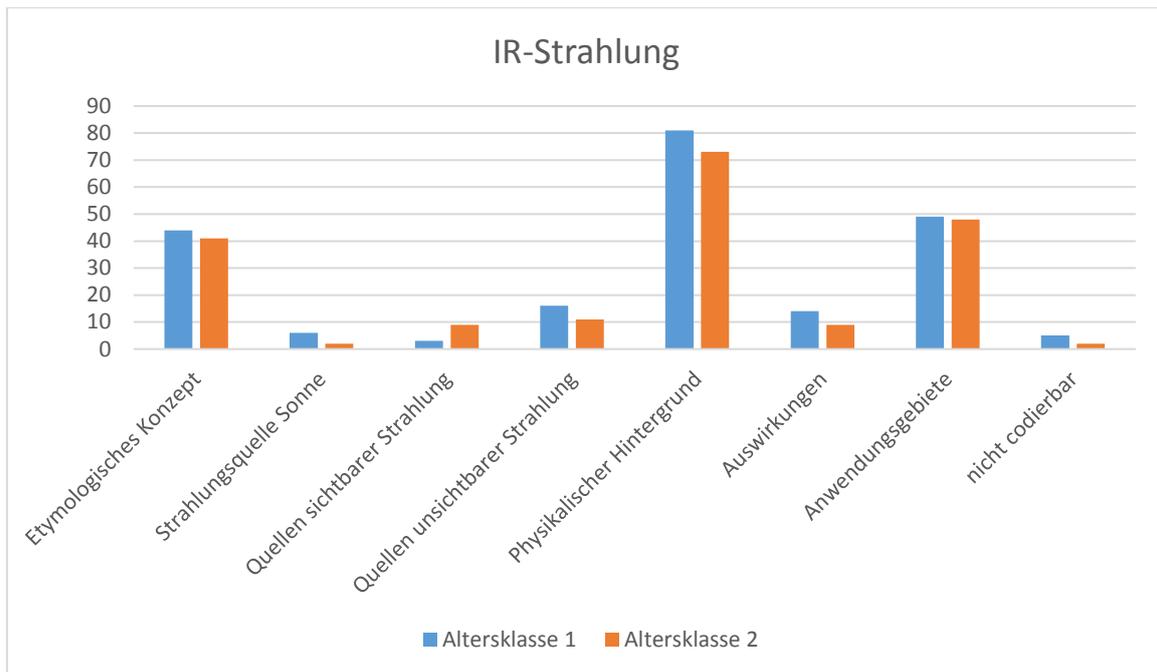
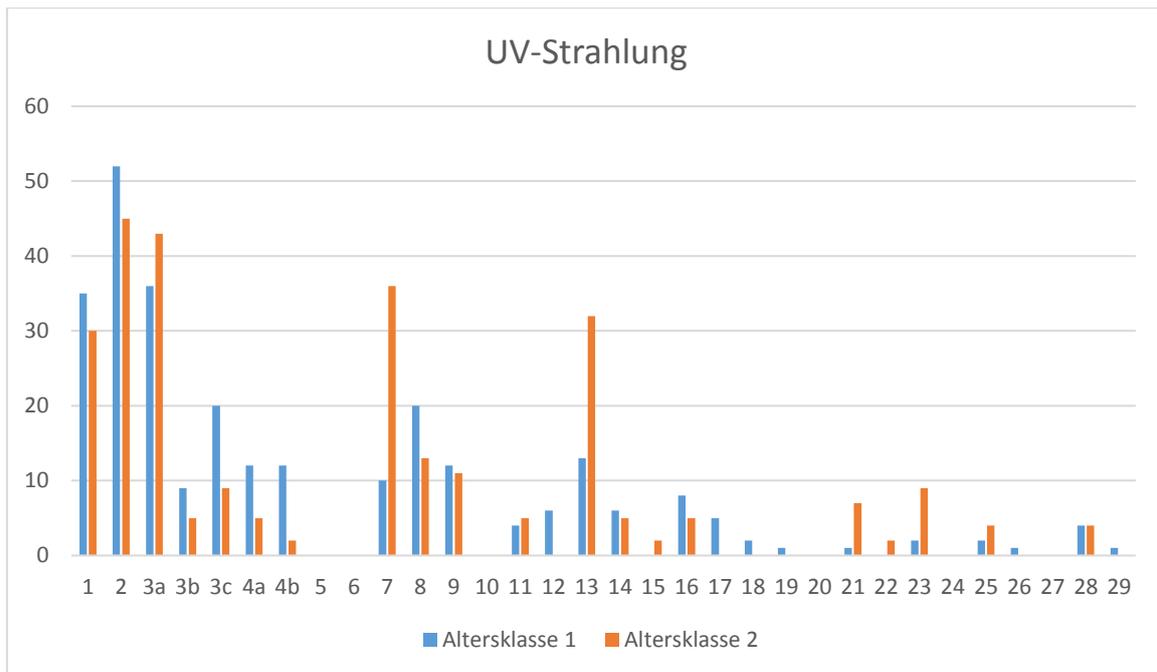


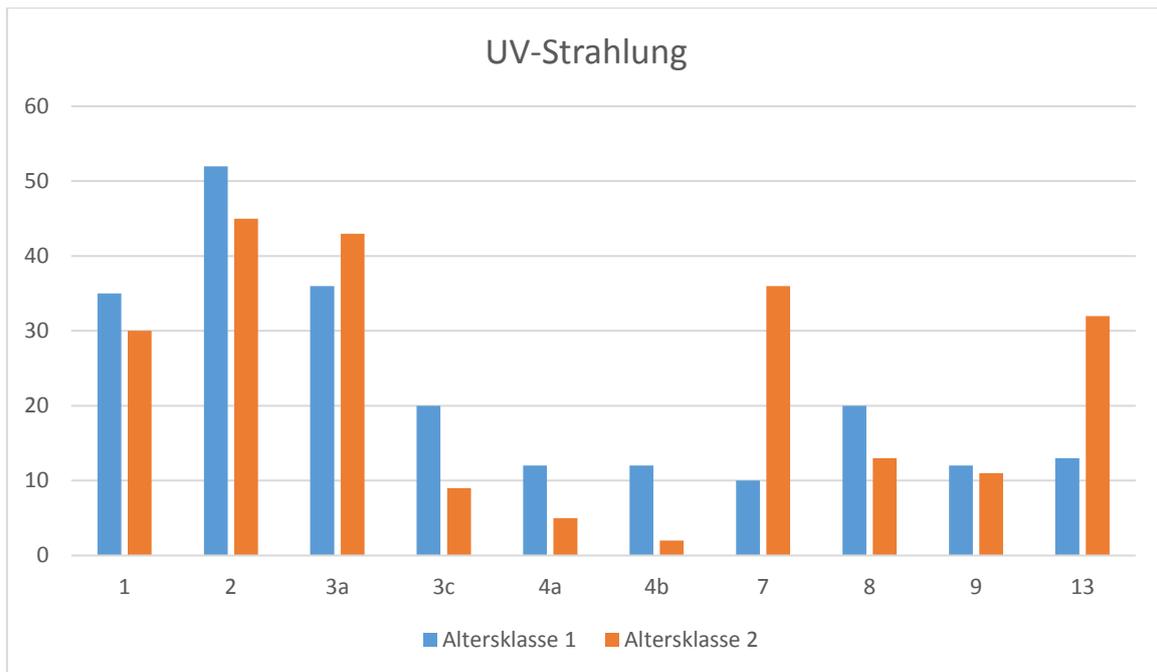
Abb. 28: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (IR-Strahlung)

Betrachtet man Abbildung 28, ist besonders auffällig, dass nicht nur in Kategorie 5 eine hohe Anzahl an Motiven zu finden sind, sondern auch in Kategorie 7 und 1, sowie dass dies für beide Altersklasse gilt. Es lässt sich also konstatieren, dass in Zusammenhang mit IR-Strahlung viele Schülerinnen und Schüler die Vorstellung von einem etymologischen Konzept aufweisen. Ebenfalls hervorzuheben ist, dass signifikant häufig Motive zu Anwendungsgebieten von Strahlung auftreten. Wie bereits in vorherigen Abbildungen lassen sich aber wieder die meisten Motive Kategorie 5 – Konzept mit physikalischem Hintergrund zuzuordnen. In dieser Spalte zeichneten wenige Schülerinnen und Schüler beider Altersklassen die Sonne als Strahlungsquelle. Bezüglich der Anzahl an Motiven, die Quellen sichtbarer und unsichtbarer Strahlung zeigen, kann auf die bei Abbildung 21 beschriebenen Ergebnisse verwiesen werden. Etwas mehr Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 assoziierten IR-Strahlung mit einer Wirkung. Schließlich gilt auch für diese Spalte, dass nur ein sehr geringer Anteil an Motiven als nicht codierbar eingestuft werden musste.



1 Etymologisches Konzept	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen	20 Röntgenstrahlung
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	10 Radioaktivität	21 Tiere können UV-Strahlen sehen
3a nur sichtbare Strahlung	11 Teilchenstrahl	22 Fernbedienung
3b nur unsichtbare Strahlung	12 Unterschiedliche Reichweite von Strahlung	23 Assoziation mit Ozonschicht / -loch
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar	13 Strahlung ist wellenförmig	24 Fernsehen/Internet/Satellit
4a Strahlung hat eine Wirkung	14 Solarium	25 Existenz einer Strahlungsquelle
4b Strahlung hat eine negative Wirkung	15 IR- Lampe /-Kabine /-Strahler	26 Mikrowelle
5 Handystrahlung	16 UV-Lampe	27 Elektrizität = Strahlung
6 Welle/Teilchen-Dualismus	17 Farbspektrum	28 Zeichnung nicht codierbar
7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	18 EM-Spektrum	29 jeder Körper strahlt
8 Konzept gerichtete Strahlen	19 Reflexion / Transmission	

Abb. 29: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (UV-Strahlung)



1 Etymologisches Konzept	4a Strahlung hat eine Wirkung	8 Konzept gerichtete Strahlen
2 Konzept Sonne als Strahlungsquelle	4b Strahlung hat eine negative Wirkung	9 Strahlungsquelle in alle Richtungen
3a nur sichtbare Strahlung	7 Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung	13 Strahlung ist wellenförmig
3c Sichtbarkeit nicht zuordenbar		

Abb. 30: Vereinfachte Darstellung von Abb. 29

In den Abbildungen 29 und 30 zeigt sich, dass in der Spalte UV-Strahlung nur das Motiv der Strahlungsquelle in alle Richtungen gleich häufig in beiden Altersklassen vorkommt. Große Unterschiede lassen sich bei folgenden codierten Motiven feststellen:

- Sichtbarkeit nicht zuordenbar
- Strahlung hat eine negative Wirkung
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig

Sechs Codes fanden in der Spalte „UV-Strahlung“ keine einzige Nennung.

Betrachtet man die Ergebnisse der Altersklasse 1, fällt auf, dass einige der codierten Motive sehr oft vorkommen, aber auch viele weniger als 10 % erreichen. Im Anschluss soll daher eine Reihung der Begriffe durchgeführt werden, die öfter als 10 % vorkommen – beginnend beim Motiv, das am häufigsten auftrat:

- Sonne als Strahlungsquelle
- Nur sichtbare Strahlung
- Etymologisches Konzept

- Sichtbarkeit nicht zuordenbar
- Konzept gerichtete Strahlen
- Strahlung ist wellenförmig
- Strahlung hat eine negative Wirkung sowie Strahlung hat eine positive oder neutrale Wirkung

Dasselbe gilt auch für die Altersklasse 2, nur unterscheidet sich die Reihenfolge etwas. Daher soll auch für die Altersklasse 2 eine entsprechende Reihung durchgeführt werden:

- Sonne als Strahlungsquelle
- Nur sichtbare Strahlung
- Wellenlänge = Eigenschaft der Strahlung
- Strahlung ist wellenförmig
- Etymologisches Konzept
- Konzept gerichtete Strahlen

Hervorgehoben werden soll auch, dass ungefähr gleich viele Schülerinnen und Schüler beider Altersklassen Strahlung mit einer positiven oder neutralen wie mit einer negativen Wirkung assoziieren, wobei der Prozentsatz in der Altersklasse etwas höher liegt als in der Altersklasse 2. Auch bezüglich des Konzeptes zur Sichtbarkeit unterscheiden sich in der Spalte UV-Strahlung die Ergebnisse für beide Altersklassen nicht signifikant. Es wurden in beiden Altersklassen etwa dreimal so häufig Motive gezeichnet, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigten wie Motive, die Quellen unsichtbarer Strahlung vermuten lassen. Die Anzahl an Bildern, aufgrund derer das dahinterliegende Konzept zur Sichtbarkeit nicht zugeordnet werden konnte, lag in beiden Altersklassen dazwischen, wobei in der Altersklasse 1 deutlich mehr Zeichnungen diesem Code zugeordnet werden mussten.

Erwähnenswert ist auch, dass in beiden Altersklassen einige Begriffe nie vorkamen. Diese sollen nun aufgezählt werden:

Altersklasse 1:	Altersklasse 2:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Handystrahlung</li> <li>- Welle/Teilchen-Dualismus</li> <li>- Radioaktivität</li> <li>- IR- Lampe /-Kabine /-Strahler</li> <li>- Röntgenstrahlung</li> <li>- Fernbedienung</li> <li>- Fernsehen/Internet/Satellit</li> <li>- Elektrizität = Strahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Handystrahlung</li> <li>- Welle/Teilchen-Dualismus</li> <li>- Radioaktivität</li> <li>- Unterschiedliche Reichweite von Strahlung</li> <li>- Farbspektrum</li> <li>- EM-Spektrum</li> <li>- Reflexion / Transmission</li> <li>- Röntgenstrahlung</li> <li>- Fernsehen/Internet/Satellit</li> <li>- Mikrowelle</li> <li>- Elektrizität = Strahlung</li> <li>- jeder Körper strahlt</li> </ul>

Wie auch in der Spalte zu IR-Strahlung wurde in der Altersklasse 2 deutlich öfter illustriert, dass Strahlung wellenförmig dargestellt werden kann und dass die Wellenlänge eine Eigenschaft der Strahlung ist. In der Altersklasse 1 traten dafür deutlich mehr Motive auf, die keinen Rückschluss auf das dahinterliegende Konzept bezüglich Sichtbarkeit zuließen, sowie Motive, die UV-Strahlung mit einer negativen Wirkung assoziieren.

Nach Kategorien aufgeteilt:

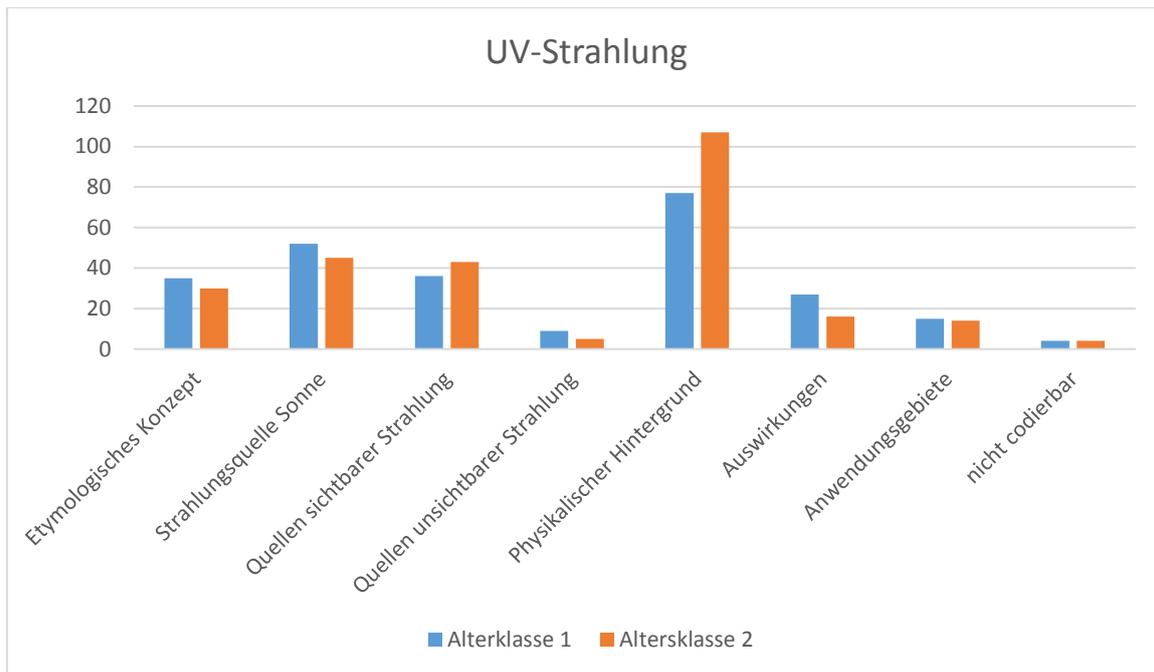


Abb. 31: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (UV-Strahlung)

Besonders auffällig in Abbildung 31 ist, dass wieder die meisten Motive in Kategorie 5 eingeordnet werden konnten. In diesem Fall ist aber zwischen den beiden Altersklassen ein deutlicher Unterschied. Signifikant mehr Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 2 zeichneten Motive mit physikalischem Hintergrund als Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1. Wie auch in den Ergebnissen zu IR-Strahlung, fällt auf, dass bei vielen Schülerinnen und Schülern von einem etymologischen Konzept ausgegangen werden kann. Noch mehr Zeichnungen zeigen die Sonne als Strahlungsquelle. In dieser Abbildung sticht auch hervor, dass deutlich mehr Schülerinnen und Schüler Motive zeichnen, die eine Quelle sichtbarer Strahlung zeigen wie Motive, die Quellen unsichtbarer Strahlung illustrieren. Dies gilt für beide Altersklassen. Beinahe doppelt so viele Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 assoziieren UV-Strahlung mit einer Wirkung. In etwa gleich viele Zeichnungen in beiden Altersklassen zeigen Motive mit Anwendungsgebieten von UV-Strahlung. Anschließend kann gesagt werden, dass auch in der Spalte „UV-Strahlung“ weniger als 5 % der Motive als nicht codierbar eingestuft werden mussten.

### 4.1.2 Spezialfälle

Einerseits sollen an dieser Stelle Beispiele von Schülerinnen und Schülern, die etwas Außergewöhnliches gezeichnet haben, gezeigt werden. Diese Beispiele werden teilweise durch die entsprechenden Interviewpassagen ergänzt. Andererseits soll zuerst kurz auf die Klassen eingegangen werden, in denen ein bestimmtes Konzept gehäuft auftrat. Denn dies lässt vermuten, dass es sich um einen Inhalt handelt, der im Unterricht speziell in dieser Art und Weise durchgenommen wurde und es sich daher um eine klassenspezifische Besonderheit handelt. Ebenfalls soll resümierend auf altersspezifische Besonderheiten eingegangen werden.

#### Klassenspezifische Besonderheiten:

In der 9. Schulstufe des RG Wiens traten vermehrt Zeichnungen auf, die die Strahlungsarten mit der Wellenlänge verbanden, aber die Zuordnung falsch erfolgte: IR-Strahlung wurde kurzweilig gezeichnet und UV-Strahlung langwellig.

In der 9. Schulstufe des BG/BRG hingegen wurden auch öfters die Strahlungsarten über die Wellenlänge miteinander in Verbindung gebracht. Allerdings mit der richtigen Zuordnung.

In der 12. Schulstufe des BG/BRG war auffällig, dass viele Schülerinnen und Schüler Zeichnungen mit komplexerem physikalischem Hintergrund anfertigten. Beispielsweise fanden sich Bilder eines Elektronenmikroskops, die dreidimensionale Ausbreitung von Wellen, Hertz'scher Dipol, Diagramme zur Kernstrahlung,... Wie auch schon in der 9. Schulstufe dieser Schule wurde Strahlung besonders häufig mit der Wellenlänge in Verbindung gebracht.

Die Schülerinnen und Schüler der 13. Schulstufe der HLW assoziierten Strahlung sehr stark mit einer technischen Verwendung von Strahlung und sie wurde als etwas nicht Natürliches gesehen. Außerdem war Strahlung eher negativ konnotiert.

#### Altersspezifische Besonderheiten:

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in Altersklasse 2 Strahlung häufiger physikalisch interpretiert und nicht so sehr mit dem Alltag verbunden wird. Bei vielen Schülerinnen und Schülern zeigte sich außerdem die Vorstellung, dass unterschiedliche Strahlungsarten auch unterschiedliche Wellenlänge haben. Dazu muss erwähnt werden, dass manchmal die Zuordnung verkehrt erfolgte (IR-Strahlung wurde kurzweilig dargestellt und im Vergleich dazu wurde UV-Strahlung als langwellig gezeichnet). Es ist auch nennenswert, dass

viele Schülerinnen und Schüler die Strahlungsarten miteinander in Verbindung setzen wollen. Dies geschieht häufig über die Wellenlänge.

Beispiele für spezielle Zeichnungen:

- Beispiele für die Codes „Zeichnung nicht codierbar“ und „Konzept der Sichtbarkeit aufgrund der Zeichnung nicht zuordenbar“

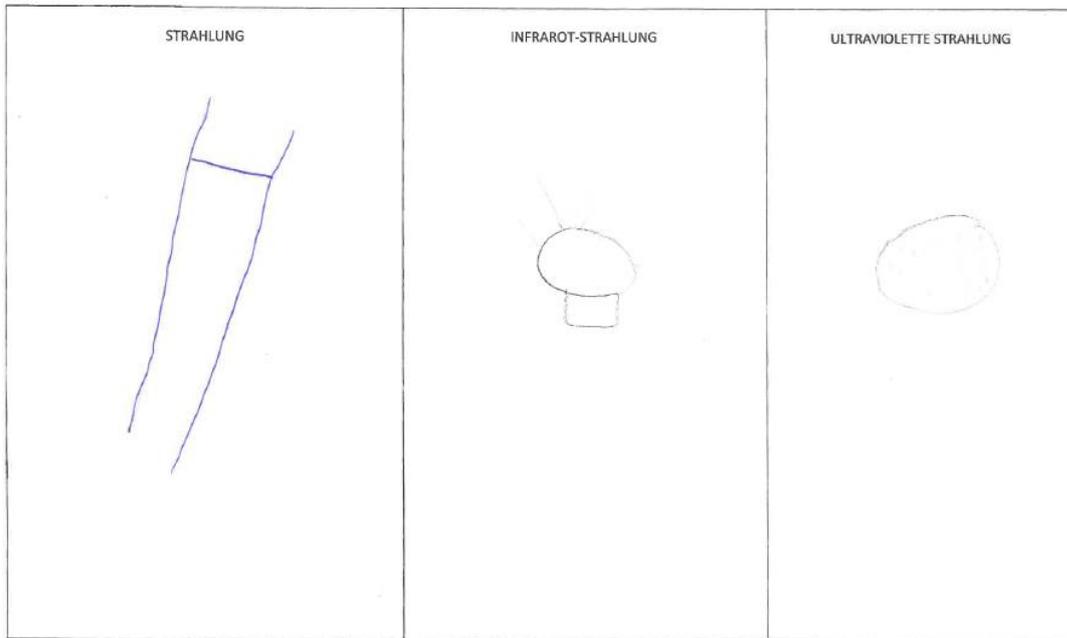


Abb. 32: Beispielzeichnung „Zeichnung nicht codierbar“



Abb. 33: Zweite Beispielzeichnung „Zeichnung nicht codierbar“

- Beispiele für Zeichnungen mit komplexem physikalischem Hintergrund:

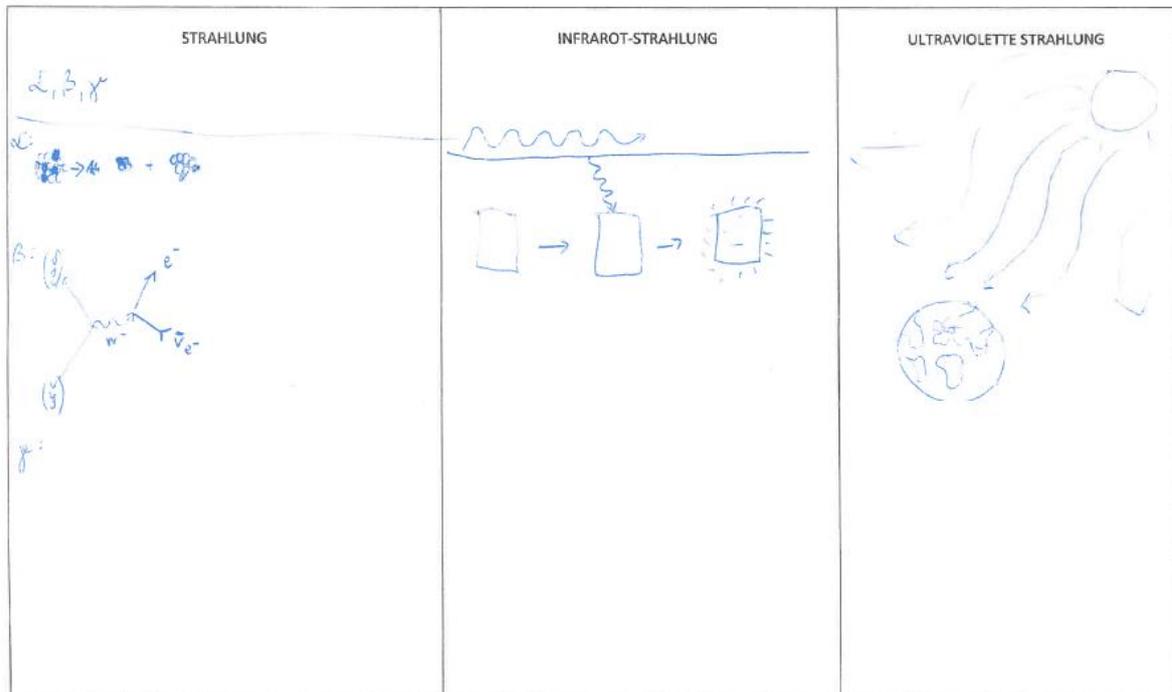


Abb. 34: Beispielzeichnung „Zeichnung mit komplexem physikalischen Hintergrund“

Interview 6.3.:

Strahlung: „Ich verbinde Strahlung mit Radioaktivität, darum habe ich den radioaktiven Zerfall aufgezeichnet und ein Feynmandiagramm.“

IR-Strahlung: „Wenn ein Körper bestrahlt wird, wird er wärmer. Infrarotstrahlung ist Wärmestrahlung.“



Abb. 35: Zweite Beispielzeichnung für „Zeichnung mit komplexem physikalischem Hintergrund“

Interview 6.1.:

Strahlung: „Strahlung ist etwas Immaterielles und breitet sich dreidimensional aus.“

IR- und UV-Strahlung: „Photonen sind Quanten und sie können von einem Energieniveau in ein anderes springen. Je nachdem wieviel Energie sie haben, haben sie unterschiedliche Wellenlänge. [...] Die Farben entstehen durch Absorption. Man sieht jeweils die Komplementärfarbe.“

- Beispiel für eine Zeichnung, die von der Schülerin zum Verständnis erklärt werden musste



Abb. 36: Beispielzeichnung für ein unklares Motiv

Interview 1.2.:

„IR-Strahlung hat mich an einem Film erinnert. Der Titel war ‚Die Wolke‘ und es ging um Radioaktivität. Radioaktive Strahlen kamen aus der Wolke und das war tödlich für die Menschen. Später ist die Wolke zwar weg, aber die Leute sind gestorben, die von dem Regen aus der Wolke getroffen wurden.“

## 4.2 Forschungsmethode Interviews

Im folgenden Abschnitt werden die paraphrasierten Kernaussagen der Interviews aufgelistet. Im Anschluss daran erfolgt ein zusammenfassender Überblick über die Erkenntnisse aus diesen Aussagen. Zusätzlich werden dann noch relevante Bemerkungen zu den Interviews angeführt. Beschreibungen bezüglich der Anfertigung von Lupenbilder wurden nicht berücksichtigt, da dieses Thema in einem eigenen Kapitel behandelt wird. Außerdem wurden nur Aussagen erwähnt, die für den Sachverhalt relevant erschienen.

### 4.2.1 Kernaussagen aus Interviews

#### Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 1 (RG Wien, 9. Schulstufe)

Interview 1.1.:

- Strahlung stelle ich mir wie einen Lichtstrahl vor.
- Etymologisches Konzept.
- Informationsquelle
- Das Thema wurde nie in der Schule behandelt.

Interview 1.2.:

- PC und Handy emittieren Strahlung, die „schlecht“ ist.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit radioaktiver Strahlung. Diese ist gefährlich.
- Die Sonne emittiert Strahlung.
- Informationsquelle: Schule

Interview 1.3.:

- Strahlung kann reflektiert werden.

Interview 1.4.:

- Strahlung wird an Objekten abgelenkt. IR-Strahlung geht durch und UV-Strahlung richtet Schaden an.
- Strahlung hat keine Farbe.
- Informationsquelle: Das Thema wurde in der Schule zwar behandelt, aber ich habe mich nicht damit auseinandergesetzt.

Interview 1.5.:

- Es gibt eine Creme gegen UV-Strahlung.

- Ich assoziiere Strahlung mit  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung.  $\gamma$ -Strahlung ist am gefährlichsten, weil  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung kann nicht in den Körper eindringen. IR-Strahlung kenne ich nicht. Röntgenstrahlung ist nicht dasselbe wie  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung. Vielleicht ist IR-Strahlung also Röntgenstrahlung.

Interview 1.6.:

- Die Begriffe Strahlung, IR-Strahlung und UV-Strahlung sagen mir nichts, aber es muss eine Verbindung zwischen den Begriffen geben.
- Strahlung, IR-Strahlung und UV-Strahlung verhalten sich anders. Beispielsweise geht UV-Strahlung schneller durch Objekte durch.

Interview 1.7.:

- Unterschiedliche Strahlungsarten verhalten sich anders. Strahlung kann reflektiert werden. IR-Strahlung und UV-Strahlung dringen ein.
- Informationsquelle: Ich kenne die Begriffe nicht.

### **Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 2 (RG Wien, 10. Schulstufe)**

Interview 2.1.:

- Strahlung braucht eine Strahlungsquelle.
- Strahlen sind Linien.
- Etymologisches Konzept.
- UV-Strahlen werden von der Sonne emittiert und treffen dann auf die Erde auf.
- Es gibt Geräte die IR-Strahlung emittieren und dabei rot leuchten. Also ist IR-Strahlung rot.
- Informationsquelle: Wir haben im Unterricht das Thema „Strahlung“ noch nie besprochen.

Interview 2.2.:

- Etymologisches Konzept.
- Auch wenn es sich um unterschiedliche Strahlungsarten handelt, haben sie dieselbe Wirkung und zwar eine negative.

Interview 2.3.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Etymologisches Konzept.
- Die Sonne strahlt Licht aus.

- IR-Strahlung und UV-Strahlung sind radioaktiv. Der Unterschied zwischen den Strahlungsarten ist die Farbe.
- Informationsquelle: Im Chemieunterricht.

### **Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 3 (BG/BRG, 9. Schulstufe)**

#### Interview 3.1.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Sonne und einem Solarium.
- UV-Strahlung hat eine größere Wellenlänge als IR-Strahlung.
- Es gibt auch noch andere Strahlungsarten, wie zum Beispiel Kosmische Strahlung.
- Strahlung ist meistens unsichtbar, aber in gewissen Situationen kann man Sonnenstrahlen sehen.
- Informationsquelle: Physikunterricht und Nachrichten.

#### Interview 3.2.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Strahlung wird von Handys und anderen technischen Geräten emittiert.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich glaube Funkmasten haben auch etwas mit Strahlung zu tun.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit Sonnenlicht.
- Die meisten Strahlungsarten sind unsichtbar. Man kann Strahlung sichtbar machen und manche Strahlungsarten sind einfach sichtbar.
- Informationsquelle: Noch nie in der Schule gehört.

#### Interview 3.3.:

- Strahlung ist für mich Atomstrahlung.
- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich weiß, dass UV-Strahlung unsichtbar ist.
- Ich glaube zwar, dass man IR-Strahlung nicht sehen kann, aber in der IR-Kabine leuchtet immer rotes Licht.
- Ich glaube es gibt viele Strahlungsarten, aber ich kenne sie nicht.
- Informationsquelle: Berichte über Fukushima.
- IR-Strahlung ist nicht schädlich und UV-Strahlung nur in hohen Dosen.

Interview 3.4.:

- Es gibt unterschiedliche Strahlungsarten.
- Strahlung wird von elektrischen Geräten emittiert.
- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- IR-Strahlung ist gut, UV-Strahlung ist schädlich.
- Ich habe von Strahlung im Zusammenhang mit Fukushima gehört.
- Informationsquelle: Bücher, Zeitung, Internet und Unterricht.

Interview 3.5.:

- Ich habe gehört, Handys emittieren Strahlung.
- Wenn in einem Atomkraftwerk ein Unfall passiert, tritt Strahlung aus.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich kenne den Begriff „UV-Strahlung“ nicht.
- Man kann nicht sagen, dass Strahlung nur negative Auswirkungen hat.
- Informationsquelle: Irgendwo gehört, beispielsweise in den Medien.

Interview 3.6.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne, einer Mikrowelle und mit Atomkraft.
- Ich verbinde IR-Strahlung mit etwas Positivem.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Sonne. Diese emittiert Strahlung, wobei nur die blauen UV-Strahlen zur Erde gelangen.
- Ich erinnere mich an eine Abbildung im Unterricht- Diese zeigte auch wellenförmige Strahlen.
- UV-Strahlung kann eine schädliche Wirkung auf Menschen haben.
- Mikrowellen sind schädlich.
- Ich kenne die Sonne als Quelle von UV-Strahlung.
- Informationsquelle: Medien.

**Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 4 (BG/BRG, 9. Schulstufe)**

Interview 4.1.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Atomkraft beziehungsweise Radioaktivität.
- (Atomare) Strahlung ist schädlich und kann zu Leukämie führen.
- Die Krankheit Krebs habe ich als Tier dargestellt.
- Fernbedienungen funktionieren mittels IR-Strahlung.

- UV-Strahlung kann durch die Erdatmosphäre auf die Erde dringen und ist schädlich. Sie verursacht Hautkrebs.
- IR-Strahlung hat eine größere Wellenlänge und dadurch eine größere Reichweite.
- Lichtstrahlung ist hilfreich bei Lampen.
- Ich kenne noch weitere Strahlungsarten, beispielsweise die Röntgenstrahlung. Diese ist schädlich wenn man sich nicht schützt.
- Informationsquelle: Physikunterricht und Medien.

Interview 4. 2.:

- UV-Strahlung wird von der Sonne emittiert.
- UV-Strahlung dringt durch die Atmosphäre auf die Erde, erwärmt die Erde und wird wieder abgestrahlt. Ein Teil der abgestrahlten Wärme bleibt in der Atmosphäre und das führt zum Klimawandel. Wenn UV-Strahlung wieder abgestrahlt wird, handelt es sich dann um Wärmestrahlung.
- Ich glaube IR-Strahlung ist dasselbe wie Wärmestrahlung. Diese hat positive Auswirkungen auf Wachstum und Vegetation.
- IR- und UV-Strahlung haben unterschiedliche Wellenlängen.
- Wenn Strahlung auf ein Objekt trifft, wird ein Teil reflektiert und ein Teil absorbiert.
- Strahlung ist unsichtbar.
- Außer IR- und UV-Strahlung kenne ich noch atomare Strahlung.
- Strahlung wird durch Effekte wie Wärmeentwicklung spürbar.
- Informationsquelle: Unterricht.

Interview 4.3.:

- Strahlung kann man nicht genau definieren, aber es gibt viele verschiedene Arten von Strahlung.
- IR-Strahlung kommt beispielsweise in der Fernstehteknik zur Anwendung.
- Ich glaube IR-Strahlung ist sichtbar.
- UV-Strahlung ist unsichtbar.
- UV-Strahlung kann Kunststoff zersetzen.
- Radioaktive Strahlung ist eine Form von Strahlung.
- Strahlung ist oft nützlich für Menschen, aber es gibt auch Strahlungsarten die nicht so gut sind.
- Informationsquelle: Daheim und Physikunterricht („Ich interessiere mich für Physik“)

Interview 4.4.:

- Strahlung kann Gegenstände durchdringen.
- Manche Arten von Strahlung sind schädlich.
- Strahlung ist unsichtbar.
- Informationsquelle: Fernsehen (Im Unterricht wurde noch nichts dazu gemacht)

Interview 4.5.:

- Strahlung ist allgegenwärtig.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit Wärme.
- Ich stelle mir IR-Strahlung als Kurve, die nach oben geht vor und UV-Strahlung als Kurve, die nach unten geht.
- Wärme ist eine Art von Strahlung.
- Informationsquelle: Wir haben letztes Jahr zu dem Thema in der Schule etwas gelernt.

Interview 4.6.:

- Unter Strahlung verstehe ich atomare Strahlung.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit Wärme.
- Strahlung breitet sich aus.
- Eine UV-Lampe strahlt UV-Licht aus.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine. Es wird Wärme abgestrahlt.
- Ich glaube Strahlung ist eher schädlich, aber es gibt Unterschiede zwischen den Strahlungsarten. Beispielsweise radioaktive Strahlung ist besonders schädlich.
- Licht ist auch eine Art von Strahlung.
- Informationsquelle: Fernsehen, Zeitung und Unterricht.

Interview 4.7.:

- Unterschiedliche Strahlungsarten haben unterschiedliche Wellenlängen.
- Ich assoziiere Strahlung mit  $\gamma$ -Strahlen.
- Röntgenstrahlen können gegen Krebs eingesetzt werden.
- Ich assoziiere UV- und IR-Strahlung mit dem Regenbogen.
- Ich glaube UV- und IR-Strahlung sind unsichtbar. Es handelt sich dabei um Mikrowellenstrahlen.
- Ich assoziiere Strahlung mit Wellen.
- Ich glaube UV- und IR-Strahlung unterscheiden sich, aber ich weiß nicht worin. Die IR-Strahlung ist, glaube ich, intensiver.
- Informationsquelle: Buch von Eltern über Licht.

## **Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 5 (BG/ BRG, 12. Schulstufe)**

### Interview 5.1.:

- Mir ist bewusst, dass es den Welle-Teilchen-Dualismus gibt. Daher kann man Strahlung nicht gut darstellen.
- Wenn Wellen weiter von der Quelle entfernt sind, werden sie schwächer.
- IR-Kameras zeigen an, wo ein Lebewesen ist, denn da wo ein Lebewesen ist, ist Wärme und diesen Bereich zeigt die Kamera rot an.
- Radioaktive Strahlung ist schädlich und verstrahlte Bereiche bleiben lange kontaminiert.
- Strahlung kann man mit dem Auge nicht sehen, man benötigt Messgeräte.
- Informationsquelle: Unterricht, Fernsehen, Bücher.

### Interview 5.2.:

- Strahlung ist wellenförmig.
- Radioaktive Elemente strahlen.
- IR-Lampe sendet rote Strahlen aus.
- IR-Strahlung ist unsichtbar weil sie für den Menschen im unsichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegt.
- UV-Strahlung ist unsichtbar und sie wird von der Sonne emittiert.
- Tiere können UV-Strahlung sehen.
- Ob Strahlung gefährlich ist, hängt von der Intensität ab.
- Informationsquelle: Unterricht.

### Interview 5.3.:

- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe.
- Ich assoziiere Strahlung mit Sonnenstrahlen und radioaktiver Strahlung.
- Man sieht nur die Auswirkungen von Strahlung.
- Informationsquelle: Unterricht.

### Interview 5.4.:

- Unterschiedliche Strahlungsarten haben unterschiedliche Wellenlängen.
- Ich assoziiere Strahlung mit Sonnenstrahlung.
- Jede Strahlungsart hat unterschiedliche Frequenz und hat einen anderen Platz am elektromagnetischen Spektrum.
- Menschen können UV-Strahlung nicht sehen, Tiere schon.
- Etymologisches Konzept.

- Die Farben entstehen, weil ein Teil absorbiert wird.
- Informationsquelle: Unterricht

Interview 5.5.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Sonnenstrahlung.
- IR- und UV-Strahlung ist für Menschen unsichtbar.
- Man kann mittels IR-Strahlung Daten von einem Handy zu einem anderen schicken.
- Etymologisches Konzept.
- Informationsquelle: Unterricht.

Interview 5.6.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Wellenlänge, Radioaktivität und Signalen.
- IR- und UV-Strahlung haben unterschiedliche Wellenlängen.
- Man sieht nur die Wirkung von UV-Strahlung, beispielsweise Sonnenbrand.
- Bei Sonnenstrahlen und Licht handelt es sich um sichtbare Strahlung.
- Strahlung kann auch eine negative Wirkung haben:  $\alpha$ -Strahlung ein bisschen,  $\beta$ -Strahlung mehr und  $\gamma$ -Strahlung ist sehr gefährlich- genauso wie UV-Strahlung. IR-Strahlung hingegen ist nicht gefährlich.
- Informationsquelle: Unterricht.

**Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 6 (BG/ BRG, 12. Schulstufe)**

Interview 6.1.:

- Strahlung ist etwas Immaterielles und sie breitet sich dreidimensional und wellenförmig aus.
- Ich verbinde Strahlung mit dem physikalischen Konzept der Interferenz.
- Die Farben entstehen durch Absorption. Man sieht jeweils die Komplementärfarbe.
- Informationsquelle: Vorwissenschaftliche Arbeit über Quantenphysik.

Interview 6.2.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Jeder Körper gibt IR-Strahlung ab.
- UV-Strahlung wird von der Sonne emittiert.
- Jede Form von Licht ist Strahlung, sonst gibt es noch Mikrowellenstrahlung und Radiostrahlung.
- Licht ist sichtbar. IR-Strahlung kann man sichtbar machen.

Interview 6.3.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- IR-Strahlung ist Wärmestrahlung. Wird ein Körper mit IR-Strahlung bestrahlt, wird er wärmer.
- UV-Strahlung wird von der Sonne emittiert.
- IR- und UV-Strahlung sind im nicht sichtbaren Bereich und können über die Wellenlänge beschrieben werden.
- Informationsquelle: Unterricht.

Interview 6.4.:

- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Sonne.
- UV-Strahlung ist langwellig.
- Die Fernbedienung funktioniert mittels IR-Strahlung.
- IR-Strahlung ist kurzweilig.
- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Mir ist bewusst, dass es den Welle-Teilchen-Dualismus gibt, aber ich habe nicht gewusst wie ich diesen darstellen soll.
- Verschiedene Aufenthaltswahrscheinlichkeiten werden mit unterschiedlichen Farben dargestellt. Blau bedeutet hohe Aufenthaltswahrscheinlichkeit.
- Eine weitere Strahlungsart ist die Röntgenstrahlung.
- Informationsquelle: Unterricht, Bücher und Fernsehen.

Interview 6.5.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Wellenlänge.
- Etymologisches Konzept.
- UV-Strahlung ist langwellig, IR-Strahlung ist kurzweilig und die Wellenlänge von Strahlung liegt dazwischen.
- Mir fällt als weitere Strahlungsart die radioaktive Strahlung ein.
- Ich glaube manche Strahlungsarten kann man sehen, wie zum Beispiel IR-Strahlung, und manche nicht.
- Informationsquelle: Unterricht.

### **Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 7 (HLW, 9. Schulstufe)**

#### Interview 7.1.:

- Etymologisches Konzept.
- Ich weiß nicht, ob Strahlung sichtbar ist. Ich glaube IR-Strahlung kann man sehen.
- Informationsquelle: Bruder.

#### Interview 7.2.:

- Etymologisches Konzept.
- Ich glaube keine der Strahlungsarten ist sichtbar.
- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.

#### Interview 7.3.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe.
- UV-Strahlung kenne ich nicht.
- Durch die Strahlung, die die IR-Lampe abgibt können Objekte oder die Umgebung erwärmt werden.
- Etymologisches Konzept.

#### Interview 7.4.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe, die Wärme abgibt.
- UV-Strahlung kenne ich nicht.
- Informationsquelle: Ich habe geraten.

#### Interview 7.5.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe und mit der Sauna.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit einem Solarium.
- Die IR-Strahlung in einer IR-Kabine leuchtet rot, darum habe ich die IR-Strahlung rot gezeichnet.
- UV-Strahlung habe ich violett gezeichnet, weil ein Solarium violett leuchtet.

#### Interview 7.6.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit Wärmestrahlung.
- UV- Strahlung ist tödlich.

- Etymologisches Konzept.
- Informationsquelle: Ich habe noch nie etwas zu dem Thema gehört.

Interview 7.7.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe. Diese kann beispielsweise bei Kopfschmerzen eingesetzt werden.

Interview 7.8.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Die Sonne emittiert UV-Strahlung.
- Wenn eine Strahlungsquelle rot ist, ist die Umgebung voller Strahlen und alles sieht rot aus.
- Informationsquelle: Physikunterricht.

Interview 7.9.:

- Ich assoziiere Strahlung mit technischen Geräten, weil diese Geräte strahlen.
- Strahlung ist unsichtbar.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe.
- Etymologisches Konzept.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Sonne.
- Informationsquelle: Unterricht und Fernsehen.

Interview 7.10.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Sonne.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer Wärmelampe.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit dem Farbspektrum, wegen eines Versuchs den wir in der Schule zur Lichtbrechung mittels Prisma durchgeführt haben.
- Informationsquelle: Unterricht.

**Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 8 (HLW, 13. Schulstufe)**

Interview 8.1.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Handystrahlung. Diese Strahlung hat eine negative Wirkung.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine und einer IR-Lampe
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit dem Ozonloch.

- Wenn UV-Strahlung auf die Erde trifft hat sie eine negative Wirkung.
- Ich habe IR-Strahlung rot gezeichnet, weil sie gefährlich ist.
- Informationsquelle: Unterricht (Aber nie als Themenbereich, nur dazwischen und gemerkt habe ich mir davon die schädliche Wirkung von Strahlung).

Interview 8.2.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Handystrahlung, Fernseherstrahlung und radioaktiver Strahlung.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- UV-Strahlung kenne ich nicht, aber wegen des Namens habe ich sie violett gezeichnet.
- Ich glaube aber UV-Strahlung ist unsichtbar.
- Strahlung kann man wellenförmig darstellen.
- Ich glaube, dass man IR-Strahlung sehen kann. Sie erscheint rötlich.
- Informationsquelle: Internet und Eltern.

Interview 8.3.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe und einer IR-Kabine.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Ozonschicht. Wolken halten UV-Strahlung ab.

Interview 8.4.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Strahlung von technischen Geräten.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit einer Glühbirne und mit Leuchtröhren (Die ich vom Fortgehen kenne. Dabei kommen die unterschiedlichen Lichttöne durch die UV-Strahlung zustande).
- Von einer Strahlungsquelle wird die Strahlung in alle Richtungen emittiert.
- Etymologisches Konzept.
- Eigentliche Strahlung unsichtbar. Bei einer Glühbirne sieht man nur die Helligkeit.
- Informationsquelle: Unterricht und Eltern (Besonders, dass Strahlung schädlich ist).

**Kernaussagen aus den Interviews der Klasse 9 (HLW, 13. Schulstufe)**

Interview 9.1.:

- Ich assoziiere Strahlung mit der Strahlung von elektrischen Geräten.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit Handystrahlung.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit Discolicht und der Sonne.

- Strahlung kann reflektiert werden.
- Informationsquelle: Unterricht (Es interessiert mich überhaupt nicht, das lerne ich nur für den Test).

Interview 9.2.:

- Ich assoziiere elektrische Geräte mit Strahlen.
- Eine Wasserräder strahlt ebenfalls.
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Kabine.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit dem UV-Loch, also mit einer negativen Wirkung von Strahlung und mit einem Solarium.
- Etymologisches Konzept.

Interview 9.3.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität und Handystrahlung, weil alle elektrischen Geräte strahlen.
- Strahlung wird als Wärme reflektiert.
- Ich assoziiere UV-Strahlung mit der Sonne.
- Jede Strahlung ist unsichtbar.
- Informationsquelle: Unterricht und Fernsehen.

Interview 9.4.:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität (Die Stäbe in einem Atomkraftwerk strahlen).
- IR-Strahlen kommen auf die Erde und ein Teil wird reflektiert und der andere wird gespeichert.
- Ich denke bei UV-Strahlung an Schutz der Augen vor UV-Strahlung durch eine Sonnenbrille.
- Etymologisches Konzept.
- Informationsquelle: Unterricht.

#### 4.2.2 Ergebnisse durch die Kernaussagen

Betrachtet man die Interviewaussagen, kann gesagt werden, dass die meisten der Aussagen mit den Informationen aus den Zeichnungen übereinstimmen. Man kann also sagen, dass die durch die Zeichnungen gefundenen Konzepte durch die Interviews bestätigt wurden. Einige Schülerinnen und Schüler formulierten aber zusätzlich erwähnenswerte Ideen. Die interessantesten Beispiele hierfür wären:

- „Ich stelle mir Strahlung wie einen Lichtstrahl vor.“ (Interview 1.1)
- „Strahlen sind Linien.“ (Interview 2.1)
- „Wenn Wellen weiter von der Quelle entfernt sind, werden sie schwächer.“ (Interview 5.1)
- „Ich habe IR-Strahlung rot gezeichnet, weil sie gefährlich ist.“ (Interview 8.1)
- „Tiere können UV-Strahlung sehen.“ (Klasse 5, BG/BRG, 12. Schulstufe)

Die folgenden Aussagen wurden auffällig oft getätigt, wurden aber schon im Kapitel über die Ergebnisse der Zeichnungen erfasst und sind somit nur eine Bestätigung dieser Ergebnisse:

- Ich assoziiere Strahlung mit Radioaktivität
- Strahlung hat eine positive oder negative Wirkung
- Beschreibung der Sonne als Strahlungsquelle
- IR-Strahlung ist gleichbedeutend mit Wärmestrahlung
- Ich assoziiere IR-Strahlung mit einer IR-Lampe und/oder IR-Kabine
- IR-Strahlung ist kurzwellig/langwellig und UV-Strahlung ist kurzwellig/langwellig
- Ich assoziiere Strahlung mit Handystrahlung

An dieser Stelle soll auch erwähnt werden, dass einige Schülerinnen und Schüler angaben UV-Strahlung nicht zu kennen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass IR-Strahlung bekannter als UV-Strahlung ist.

Des Weiteren kann gesagt werden, dass auch in den Interviews besonders häufig ein etymologisches Konzept beschrieben wurde. Signifikant hoch war die Anzahl an Erwähnungen in Klasse 2 (RG Wien, 10. Schulstufe) und Klasse 7 (HLW, 9. Schulstufe). Beispiele für Aussagen:

- „Wegen der unterschiedlichen Bezeichnung handelt es sich um unterschiedliche Strahlungsarten. Wie der Name schon sagt, haben die Strahlen unterschiedliche Farben.“ (Interview 1.1)
- „IR-Strahlen sind rot wegen des Namens.“ (Interview 2.1)

- „Weil im Begriff rot beziehungsweise violett vorkommt, habe ich die Strahlung rot beziehungsweise violett gezeichnet.“ (Interview 2.3)
- „Wenn es schon infrarot heißt, dann wird die Strahlung auch rot sein.“ (Interview 5.5)
- „Weil Infrarot steht, darum habe ich die Strahlung rot gezeichnet.“ (Interview 7.6)
- „Ich habe die Strahlung rot gezeichnet, weil im Namen rot vorkommt.“ (Interview 7.9)
- „Infrarot, also die Farbe Rot.“ (Interview 9.4)

In 41 Interviews wurde gefragt, aus welchen Quellen die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über die Thematik beziehen. 27 Schülerinnen und Schüler gaben an, dass sie ihr Wissen im Unterricht erworben haben. Interessant dabei ist, dass manchmal von einer Schülerin oder einem Schüler angegeben wurde, dass das Thema noch nie im Unterricht behandelt worden ist, aber in derselben Klasse von einer anderen Schülerin oder einem anderen Schüler das Gegenteil behauptet wurde. Mögliche Gründe für diesen Widerspruch könnten sein, dass sich die eine Schülerin oder der eine Schüler nicht mehr daran erinnert, dass der Inhalt durchgenommen wurde, oder es wird als Begründung für mangelndes Wissen genommen. Eine weitere Erklärung könnte sein, dass die eine Schülerin oder der eine Schüler etwas über das Thema in einer anderen Schule gelernt hat.

Mit großem Abstand wurden die Medien (Internet, Zeitungen, Fernsehen), Bücher und die Familie (Eltern, Geschwister) als Informationsquellen genannt. Außerdem wurden manchmal mehrere Quellen angegeben. Einige Schülerinnen und Schüler erklärten, dass ihnen die Thematik unbekannt ist.

Des Weiteren ist erwähnenswert, dass auf Nachfrage der Untersuchenden noch andere Strahlungsarten, die bisher keine Nennung fanden, genannt wurden. Dies waren kosmische Strahlung, Atomstrahlung, Strahlung von elektrischen Geräten, Mikrowellenstrahlung, Fernseherstrahlung und Radiostrahlung.

Da Sichtbarkeit in Bezug auf das Thema Strahlung einen wichtigen Stellenwert einnimmt, sollen nun einige Aussagen genannt werden, um die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich Sichtbarkeit von Strahlung zu illustrieren und aufzuzeigen, welche Problematik sich unter anderem für die Schülerinnen und Schüler diesbezüglich ergibt:

- „Strahlung ist meistens unsichtbar. In manchen Fällen kann man Sonnenstrahlen sehen.“ (Interview 3.1)
- „Die meisten Strahlungsarten sind unsichtbar. Man kann Strahlung sichtbar machen und manche Strahlungsarten sind einfach sichtbar.“ (Interview 3.2)

- „Ich glaube zwar, dass man IR-Strahlung nicht sehen kann, aber in der IR-Kabine leuchtet immer rotes Licht.“ (Interview 3.3)
- „Wir können Strahlung nicht sehen, aber wenn man sie sichtbar machen würde wäre sie rot.“ (Interview 5.5)
- „Man kann IR-Strahlung sichtbar machen.“ (Interview 6.2)
- „Ich glaube, dass man IR-Strahlung sehen kann. Sie erscheint rötlich.“ (Interview 8.2)

Es soll darauf hingewiesen werden, dass keine Schülerin und kein Schüler angab zu glauben, dass man UV-Strahlung sehen kann.

In mehreren Interviews wurde auf die Problematik eingegangen, wie Unsichtbarkeit von Strahlung und färbige Strahlung miteinander vereinbar sind. Es entstand der Eindruck, dass den Schülerinnen und Schülern dieser Widerspruch erst durch den Hinweis der Untersuchenden bewusst wurde. Es konnten aber durchwegs keine schlüssigen Erklärungen gegeben werden. Die gezeichnete Farbe wurde meistens durch eine etymologische Vorstellung erklärt wie bereits beschrieben wurde. In seltenen Fällen erfolgte eine Erklärung über die Absorption. Ein Beispiel hierfür wäre Interview 6.1.: „Die Farbe, die man sieht, ist die emittierte Strahlung. Bei roter Strahlung wird rotes Licht emittiert und grünes Licht absorbiert.“

Generell ist anzumerken, dass viele Schülerinnen und Schüler nicht darüber nachgedacht haben, ob Strahlung sichtbar oder unsichtbar ist bevor sie darauf aufmerksam gemacht wurden.

Des Weiteren ist erwähnenswert, dass Schülerinnen und Schüler bekannte physikalische Phänomene aus dem Alltag, also *p-prims* laut diSessa (1988) auf die neue Situation anzuwenden versuchen. Ein Beispiel hierfür wäre Interview 8.3: Die Schülerin versuchte ihre Vorstellung, dass IR-Strahlung gewellt ist, dadurch zu erklären, dass die Luft über heißem Asphalt flimmert und auch „gewellt“ (Zeile 32) aussieht. Weitere Beispiele hierfür finden sich in den Lupenbildern und werden im nächsten Kapitel erläutert.

Schließlich soll gesagt werden, dass die Schülerinnen und Schüler zwar größtenteils nicht sehr eloquente Aussagen machten, aber beim Durchlesen der Transkripte war die Idee, die ein Schüler oder eine Schülerin ausdrücken wollte immer ersichtlich.

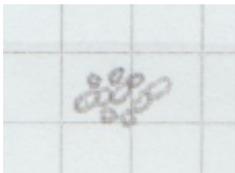
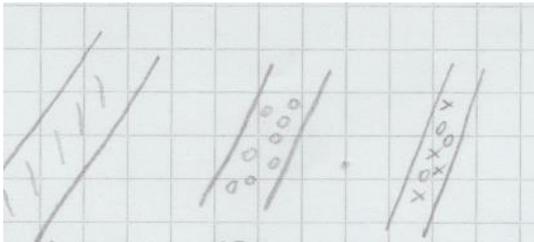
### 4.3 Lupenbilder

In diesem Kapitel sollen die Lupenbilder gezeigt werden, die während der Interviews von den Schülerinnen und Schülern angefertigt wurden. Zu beachten ist, dass der Impuls ein Lupenbild zu zeichnen von der Untersuchenden gegeben wurde. Nach jedem Bild wird die Beschreibung des Schülers beziehungsweise der Schülerin als umformulierte Aussage wiedergegeben. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass aber nicht jeder Schüler oder jede Schülerin ein Lupenbild erstellt hat. Manche Schülerinnen und Schüler tätigten aber für die Thematik relevante Anmerkungen in Bezug auf das Erstellen eines Lupenbildes ohne etwas zu zeichnen. In diesen Fällen wird ebenfalls die umformulierte Erklärung wiedergegeben. Manchmal erschien es angebracht, zum besseren Verständnis zusätzliche Informationen hinzuzufügen. Dies wurde mit einer eckigen Klammer gekennzeichnet. Außerdem muss erwähnt werden, dass manche Schülerinnen und Schüler beim Lupenbild allgemein von einem vergrößerten Strahl sprechen, während andere differenzieren zwischen dem Lupenbild von UV-Strahlung und IR-Strahlung beziehungsweise Strahlung allgemein.

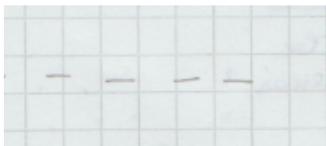
## 4.3.1 Lupenbilder der einzelnen Klassen

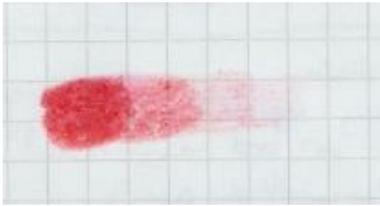
## Lupenbilder der Klasse 1 (RG Wien, 9. Schulstufe):

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="300 725 769 757">Abb. 37: Lupenbild zu Interview 1.1.</p>	<p data-bbox="865 560 1375 640">„Wenn ich den Strahl vergrößere, sehe ich einzelne Moleküle als Pünktchen.“</p>
<p data-bbox="268 869 801 900">Aussage zum Lupenbild in Interview 1.2.</p>	<p data-bbox="865 869 1375 999">„Ich kann kein Lupenbild zeichnen, weil Strahlung kann man eigentlich nicht sehen.“</p>
 <p data-bbox="300 1326 769 1357">Abb. 38: Lupenbild zu Interview 1.3.</p>	<p data-bbox="865 1120 1375 1294">„Wenn man Sonnenstrahlen vergrößert, sind es durchgehende gerade Strahlen. UV-Strahlung und IR-Strahlung sind Wellen.“</p>
 <p data-bbox="300 1756 769 1787">Abb. 39: Lupenbild zu Interview 1.4.</p>	<p data-bbox="865 1559 1375 1841">„Ein Strahl besteht aus vielen Strahlen, die aneinander gereiht sind [ganz links]. Bei IR-Strahlung [Mitte] sind es jeweils zwei und bei UV-Strahlung [rechts] jeweils 3 Strahlen nebeneinander, die aneinander gereiht werden.“</p>

 <p>Abb. 40: Lupenbild zu Interview 1.5.</p>	<p>„Wenn man Strahlung vergrößert betrachtet, sieht man kleine aneinander gereihte Kügelchen.“</p>
 <p>Abb. 41: Lupenbild zu Interview 1.6.</p>	<p>„Ich glaube, dass Strahlung aus irgendwelchen Punkten besteht, wenn man sie vergrößert.“ [links: Strahlung; Mitte: IR-Strahlung; rechts: UV-Strahlung]</p>
 <p>Abb. 42: Lupenbild zu Interview 1.7.</p>	<p>Keine Aussage.</p>

**Lupenbilder der Klasse 2 (RG Wien, 10. Schulstufe):**

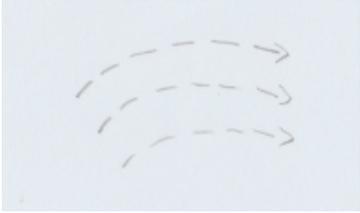
Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p>Abb. 43: Lupenbild zu Interview 2.1.</p>	<p>„Wenn man Strahlen vergrößert handelt es sich um einzelne Teile.“</p>

 <p data-bbox="292 504 762 539">Abb. 44: Lupenbild zu Interview 2.3.</p>	<p data-bbox="852 264 1374 450">„Je weiter die Strahlung von der Strahlungsquelle weg ist, desto schwächer wird sie. Am Anfang ist sie ganz rot und wird dann immer heller.“</p>
---	--

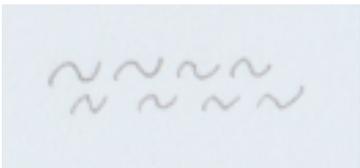
**Lupenbilder der Klasse 3 (BG/BRG, 9. Schulstufe):**

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
<p data-bbox="260 804 788 840">Aussage zum Lupenbild in Interview 3.1.</p>	<p data-bbox="852 804 1374 887">„Strahlung besteht aus Photonen, daher kann ich das nicht aufzeichnen.“</p>
<p data-bbox="260 927 788 963">Aussage zum Lupenbild in Interview 3.2.</p>	<p data-bbox="852 927 1374 1010">„Ich weiß nicht, ob Strahlung eine innere Struktur besitzt.“</p>
 <p data-bbox="292 1308 762 1344">Abb. 45: Lupenbild zu Interview 3.5.</p>	<p data-bbox="852 1196 1374 1279">„Wenn man Strahlen vergrößert bestehen sie aus vielen kleinen Teilen.“</p>

**Lupenbilder der Klasse 4 (BG/BRG, 9. Schulstufe):**

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="292 667 762 701">Abb. 46: Lupenbild zu Interview 4.4.</p>	<p data-bbox="839 421 1385 551">„Die Strahlen sind zuerst etwas gebogen und dann gerade. Vergrößert sind sie einfach größer.“</p>

**Lupenbilder der Klasse 5 (BG/BRG, 12. Schulstufe):**

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="292 1220 762 1254">Abb. 47: Lupenbild zu Interview 5.5.</p>	<p data-bbox="839 1041 1385 1171">„Wenn man ein Stück von dem Strahl vergrößert, würde es wahrscheinlich auch wieder wellenförmig aussehen.“</p>
 <p data-bbox="292 1568 762 1601">Abb. 48: Lupenbild zu Interview 5.6.</p>	<p data-bbox="855 1440 1369 1473">„Ich stelle es mir als Wellenlängen vor.“</p>

## Lupenbilder der Klasse 6 (BG/BRG, 12. Schulstufe):

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="293 663 759 696">Abb. 49: Lupenbild zu Interview 6.2.</p>	<p data-bbox="855 490 1366 622">„IR-Strahlung ist kurzwelliger als UV-Strahlung.“ [oben: IR-Strahlung und unten: UV-Strahlung]</p>
<p data-bbox="261 804 791 837">Aussage zum Lupenbild in Interview 6.4.</p>	<p data-bbox="855 736 1366 913">„Im Prinzip sieht ein vergrößerter Strahl genauso aus, nur dass die Aufenthaltswahrscheinlichkeitswelle auf einen Teil zentriert ist.“</p>

## Lupenbilder der Klasse 7 (HLW, 9. Schulstufe):

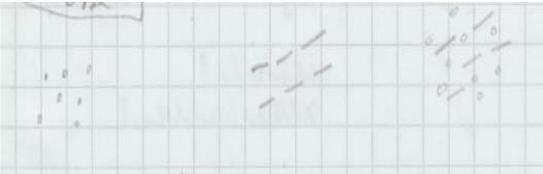
Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="293 1756 775 1789">Abb. 50: Lupenbild zu Interview 7.1.</p>	<p data-bbox="855 1476 1382 1912">„Strahlung vergrößert stelle ich mir als ganz kleine Punkte vor. Diese ergeben einen Fleck – irgendwie wie Nebel [links]. Bei IR-Strahlung ist alles in Rot [Die Schülerin hatte aber keinen roten Farbstift, daher ist die Zeichnung mit Bleistift angefertigt worden] und eher Striche [Mitte]. UV-Strahlung ist eine Mischung aus den beiden [rechts].“</p>



Abb. 51: Lupenbild zu Interview 7.2.

„Wenn man IR-Strahlung [siehe Bild] vergrößert, sieht man nur rot [Auch dieser Schüler hatte keinen roten Stift]. Wenn man weiter vergrößert sieht man irgendwann gar nichts mehr. Wenn man UV-Strahlung vergrößert sieht man gar nichts.“ „Wenn man IR-Strahlung [siehe Bild] vergrößert, sieht man nur rot [Auch dieser Schüler hatte keinen roten Stift]. Wenn man weiter vergrößert sieht man irgendwann gar nichts mehr. Wenn man UV-Strahlung vergrößert sieht man gar nichts.“

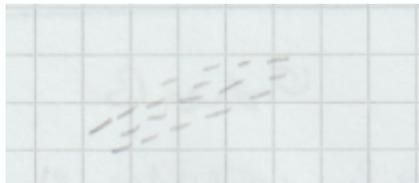


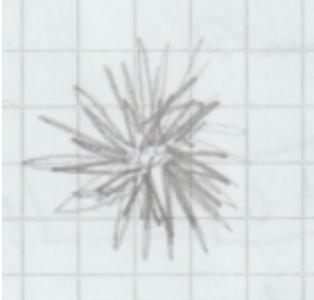
Abb. 52: Lupenbild zu Interview 7.3.

„Ich glaube die Strahlen sind vergrößert auch färbig [Auch diese Schülerin hatte keinen roten Stift]. Ich stelle sie mir klein und gerade vor.“

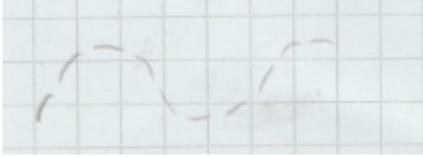
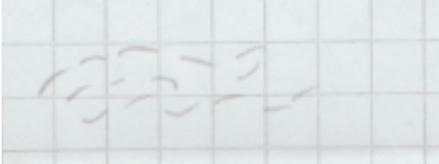


Abb. 53: Lupenbild zu Interview 7.4.

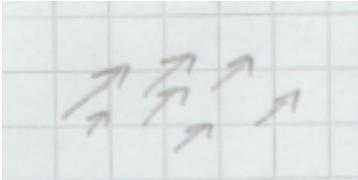
„Ich glaube ein Strahl besteht aus Punkten.“

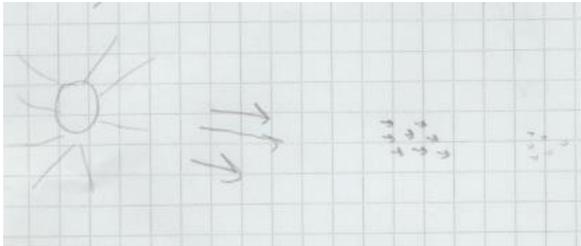
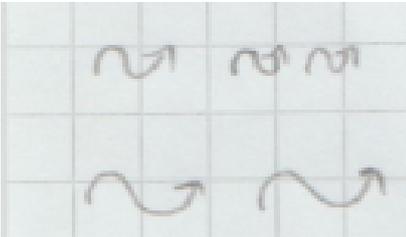
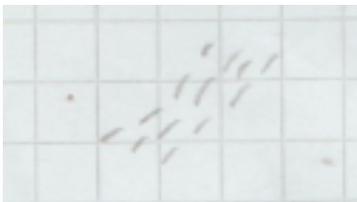
 <p>Abb. 54: Lupenbild zu Interview 7.6.</p>	<p>„Wenn man einen Strahl weiter verkleinert besteht er aus ganz kleinen Kugeln.“</p>
<p>Aussage zum Lupenbild in Interview 7.7.</p>	<p>„Wenn man IR-Strahlung vergrößert, dann wäre überall rotes Licht. Ich glaube nicht, dass es eine innere Struktur gibt, außer es ist noch etwas anderes drinnen – eventuell Kugeln.“</p>
 <p>Abb. 55: Lupenbild zu Interview 7.8.</p>	<p>„Bei IR-Strahlung strahlt die Quelle stärker, wenn man näher bei der Quelle ist. Dort ist mehr Strahlung. Ich weiß nicht wie es aussieht, wenn ich es weiter vergrößere. Ich weiß auch nicht wie UV-Strahlung aussieht, wenn ich sie vergrößere.“</p>

## Lupenbilder der Klasse 8 (HLW, 13. Schulstufe):

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="293 607 762 640">Abb. 56: Lupenbild zu Interview 8.2.</p>	<p data-bbox="850 421 1382 551">„Ich stelle mir die Strahlung auch wenn sie vergrößert ist, wellenförmig vor, aber mit Unterbrechungen.“</p>
 <p data-bbox="293 954 762 987">Abb. 57: Lupenbild zu Interview 8.3.</p>	<p data-bbox="858 822 1374 952">„Jeder Streifen besteht aus mehreren kleinen Streifen, aber ganz gerade sind sie nicht.“</p>

## Lupenbilder der Klasse 9 (HLW, 13. Schulstufe):

Lupenbilder	Paraphrasierte Interviewaussagen
 <p data-bbox="300 1830 769 1863">Abb. 58: Lupenbild zu Interview 9.1.</p>	<p data-bbox="855 1617 1386 1798">„Ich bin mir nicht sicher, aber auch wenn sie vergrößert sind, gehen sie von der Quelle aus und die Pfeile sind wegen der Richtung.“</p>

 <p>Abb. 59: Lupenbild zu Interview 9.2.</p>	<p>„Die Strahlen gehen von der Quelle aus und werden immer kleiner und lösen sich irgendwann auf.“ [Ganz links hat die Schülerin die Sonne als Quelle dazu gezeichnet.]</p>
 <p>Abb. 60: Lupenbild zu Interview 9.3.</p>	<p>„UV-Strahlung stelle ich mir vergrößert wie eine Welle vor – also einmal rauf und runter. Das ist die kleinste Einheit. IR-Strahlung stelle ich mir wie UV-Strahlung vor nur etwas weiter.“ [oben: UV-Strahlung und unten: IR-Strahlung]</p>
 <p>Abb. 61: Lupenbild zu Interview 9.4.</p>	<p>„Wenn man UV-Strahlung vergrößert, dann handelt es sich um kleinere Striche. Ein Teil davon ist IR-Strahlung, aber ich glaube UV-Strahlung ist der größere Teil.“</p>

### 4.3.2 Ergebnisse der Lupenbilder

Zuerst muss darauf hingewiesen werden, dass die Anzahl der angefertigten Lupenbilder zu gering war, um quantitative Aussagen zu machen. Die Ergebnisse geben aber dennoch erste Hinweise darauf, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler von der Natur der Strahlung haben.

Vergleicht man die Lupenbilder, kann konstatiert werden, dass die meisten Lupenbilder in 3 Kategorien eingeteilt werden können:

- Kleine aneinander gereihte Strahlen (beispielsweise Interview 1.4 und 3.5)
- Pünktchen oder Kügelchen (beispielsweise Interview 1.5 und 7.4)
- Wellenförmig beziehungsweise als Wellenlänge (beispielsweise Interview 5.6 und 8.2)

Zusätzlich soll Erwähnung finden, dass bei manchen Schülerinnen und Schülern eine Pfeilvorstellung ausgeprägt ist, beispielsweise in den Lupenbildern von Interview 4.4 und 9.1. Außerdem interessant sind die Aussagen in Interview 1.2 und 3.1, dass Strahlung unsichtbar ist und deshalb kein Lupenbild angefertigt werden kann.

Hervorgehoben werden sollte, dass in den meisten Klassen unterschiedliche Konzepte vorherrschen. In Klasse 5 (BG/BRG, 12. Schulstufe) dagegen fertigten alle Schülerinnen und Schüler Lupenbilder an, die auf eine wellenförmige Vorstellung hinweisen und in Klasse 9 (HLW, 13. Schulstufe) dominiert eine Darstellung mit Pfeilen.

Des Weiteren gibt es eine Einzelnennung des Konzepts, dass Strahlung keine innere Struktur besitzt (Interview 7.2).

Die Lupenbilder in Interview 2.3 und 7.8 und die dazugehörigen Aussagen weisen darauf hin, dass in diesen Fällen ein bekanntes physikalisches Phänomen (p-prim laut diSessa (1988)) auf eine neue Situation angewendet wurde. In diesen konkreten Beispielen handelt es sich um die Annahme „näher an der Quelle bedeutet stärker“.

## 4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abschließend kann gesagt werden, dass die beiden angewandten Forschungsmethoden im Großen und Ganzen viele übereinstimmende Ergebnisse lieferten. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Methodik ergaben sich aber auch interessante Ergänzungen.

Die Schülerzeichnungen zeigten vor allem, dass die Schülerinnen und Schüler sehr viele verschiedene Assoziationen mit Strahlung, IR-Strahlung und UV-Strahlung verbinden beziehungsweise oftmals divergente Vorstellungen haben. Diese Vielfalt beziehungsweise Ungleichheit betrifft sowohl die Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Klasse, als auch zwischen den Klassen sowie unter den Schulen. Auch macht es einen großen Unterschied, ob man die Ergebnisse betrachtet, die Schülerinnen und Schüler zu „Strahlung“ im Vergleich zu „IR-Strahlung“ oder „UV-Strahlung“ gezeichnet haben. Dagegen konnte festgestellt werden, dass über alle Klassen hinweg mit großem Abstand am häufigsten Motive mit physikalischem Hintergrund gezeichnet wurden. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass in allen Klassen sowohl bei „IR-Strahlung“ als auch bei „UV-Strahlung“ signifikant oft Motive gefunden wurden, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen. Es gibt zwar geringe schul- und altersspezifische Differenzen, aber die Tendenz ist eindeutig.

Auch in den Interviews wird besonders häufig ein etymologisches Konzept thematisiert. Es tauchten in den Interviews zusätzlich zu den Konzepten, die durch die Schülerzeichnungen bereits erfasst worden sind, noch neue Ideen und Konzepte auf. Wegen der geringen Anzahl an geführten Interviews lassen sich aber keine quantitativen Aussagen diesbezüglich machen. Des Weiteren ist erwähnenswert, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler in den Interviews den Unterricht als Informationsquelle angaben. Außerdem wurde immer wieder von den interviewten Schülerinnen und Schülern angesprochen, dass sie in den Zeichnungen die Strahlungsarten verbinden wollten – zumeist über die Wellenlänge.

Sowohl in den Interviews als auch bei den Schülerzeichnungen zeigte es sich, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler Strahlung mit Radioaktivität gleichsetzt oder zumindest assoziiert.

### **Sichtbarkeit von Strahlung**

Bezüglich der Thematik ob Strahlung sichtbar ist oder nicht stellte die Interviewmethode eine wichtige Ergänzung zu den Zeichnungen dar, da hier speziell auf die Problematik eingegangen werden konnte. Mithilfe der Interviews konnte besser nachvollzogen werden, wie die Schülerinnen und Schüler über die Sichtbarkeit von Strahlung denken. Konkret wurde festgestellt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler nicht darüber nachgedacht haben,

ob Strahlung sichtbar ist oder nicht, bis sie von der Untersuchenden damit konfrontiert wurden. Ähnliches trifft auch auf die Unvereinbarkeit von unsichtbarer Strahlung und gleichzeitig färbiger Strahlung zu, die für die interviewten Schülerinnen und Schüler keinen Widerspruch darstellt, solange sie nicht darauf hingewiesen werden. Es kann zwar konstatiert werden, dass in keinem Interview eine Sichtbarkeit von UV-Strahlung vermutet wurde, aber generell lässt sich keine eindeutige Tendenz bezüglich der Verbindung von Strahlung und Sichtbarkeit feststellen.

Aufgrund der Zeichnungen ergab sich ein sehr uneinheitliches Bild, was die Sichtbarkeit betrifft und es ist kaum ein eindeutiger Trend herauszulesen. Es können diesbezüglich folgende Aussagen gemacht werden:

- Betrachtet man alle Zeichnungen finden sich in der Spalte „Strahlung“ etwa gleich viele Motive, die Quellen sichtbarer Strahlung zeigen, wie Quellen unsichtbarer Strahlung. Auf die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler, ob IR-Strahlung unsichtbar oder sichtbar ist, kann aufgrund der Zeichnungen kaum rückgeschlossen werden. Dagegen wird UV-Strahlung eher mit Quellen sichtbarer Strahlung verbunden.
- Unterscheidet man zwischen den einzelnen Schulen, erkennt man, dass die Sichtbarkeit beziehungsweise Unsichtbarkeit von Strahlung und von IR-Strahlung in jeder Schule unterschiedlich beurteilt wird, während für UV-Strahlung durchwegs Motive mit Quellen sichtbarer Strahlung gefunden werden.
- Es lassen sich kaum altersspezifische Differenzen bezüglich des Konzepts der Schülerinnen und Schüler zur Sichtbarkeit von Strahlung und UV-Strahlung feststellen. Strahlung wird jeweils etwas häufiger mit Quellen unsichtbarer Strahlung verbunden, während sich bei UV-Strahlung mehr Motive zeigen, die Quellen sichtbarer Strahlung darstellen. Aber IR-Strahlung wird im Altersvergleich von weit mehr jüngeren Schülerinnen und Schülern mit Quellen unsichtbarer Strahlung verbunden als mit Quellen sichtbarer Strahlung.

Dieses uneinheitliche Bild wird auch durch die Lupenbilder bestätigt, da einerseits viele Schülerinnen und Schüler von einer inneren Struktur der Strahlung ausgehen, aber ebenso auch oft erwähnt wird, dass kein Lupenbild gezeichnet werden kann wegen der Unsichtbarkeit von Strahlung.

## Wirkung von Strahlung

Ein ähnlich uneinheitliches Bild zeigt sich bezüglich der Vorstellung von Schülerinnen und Schülern im Hinblick auf die Wirkung von Strahlung. Vorweg soll gesagt werden, dass es generell aber eher wenige Schülerzeichnungen mit Motiven in Zusammenhang mit der Wirkung von Strahlung gab.

- Fasst man alle Zeichnungen zusammen wird Strahlung doppelt so oft eine negative Wirkung attestiert wie eine positive oder neutrale Wirkung. IR-Strahlung hingegen dürfte in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler positiv konnotiert sein, da sich in dieser Spalte kaum Motive finden lassen, die eine negative Wirkung veranschaulichen. Bezüglich UV-Strahlung kommt etwa mit gleicher Häufigkeit eine positive wie eine negative Wirkung zum Ausdruck.
- Im Vergleich der Schulen untereinander muss gesagt werden, dass die Unterschiede sehr klein sind durch die geringe Anzahl an Motiven. Es lässt sich aber zumindest eine leichte Tendenz ablesen, dass im RG Wien die Vorstellung einer negativen Wirkung von Strahlung im Allgemeinen und von UV-Strahlung dominiert. Dagegen verbinden Schülerinnen und Schüler des BG/BRG UV-Strahlung eher mit einer positiven oder neutralen Wirkung.
- Auch altersspezifische Differenzen fallen gering aus. Es zeigt sich, dass Strahlung im Allgemeinen in beiden Altersklassen eher negativ betrachtet. Dagegen ist IR-Strahlung positiv konnotiert. In der Altersklasse 2 lässt sich sogar kein einziges Motiv finden, das auf die Vorstellung einer negativen Wirkung von Strahlung schließen lässt. Die Ergebnisse für UV-Strahlung sind in beiden Altersklassen fast gleich. Trotzdem muss erwähnt werden, dass insgesamt mehr Schülerinnen und Schüler UV-Strahlung mit einer positiven oder neutralen Wirkung verbinden.

In den Interviews wurde Strahlung insgesamt eher eine positive oder neutrale Wirkung attestiert.

## Sonne als Strahlungsquelle

Die Sonne wurde in allen Zeichnungen durchgängig auffällig häufig bei Strahlung und UV-Strahlung gefunden. Dies deckt sich auch mit der signifikanten Häufigkeit entsprechender Aussagen in den Interviews. Es lassen sich auch kaum Unterschiede zwischen den Schulen feststellen, wenn auch beispielsweise bei UV-Strahlung von Schülerinnen und Schülern der HLW besonders oft die Sonne als Strahlungsquelle gezeichnet wurde. Auch bezogen auf das Alter der Schülerinnen und Schülern kann kaum eine Differenz gefunden werden.

### **Anwendungsgebiete**

Zum Vorkommen von Anwendungsgebieten von Strahlung kann gesagt werden, dass die meisten Motive, die eine Anwendung von Strahlung zeigen, in der Spalte „IR-Strahlung“ gezeichnet wurden. Auch in den Interviews wurden die meisten Aussagen bezüglich der Anwendungsgebiete von Strahlung in Zusammenhang mit IR-Strahlung getätigt. Des Weiteren ist erwähnenswert, dass betreffend der Häufigkeit des Vorkommens von Anwendungsgebieten kaum signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Schulen gefunden werden konnten. Es bestehen zwar Differenzen in der Anzahl der Nennungen zwischen den Strahlungsarten, aber diese zeigen sich dann gleichermaßen in allen Schulen. Dasselbe gilt auch für altersspezifische Unterschiede.

### **Zeichnung nicht codierbar**

Insgesamt betrachtet ist nur ein geringer Teil der Zeichnungen so abstrakt, dass die Motive nicht codierbar waren.

### **Innere Struktur von Strahlung**

Durch die Lupenbilder konnte festgestellt werden, dass viele Schülerinnen und Schüler von einer inneren Struktur von Strahlung ausgehen, die entweder als kleine aneinander gereihte Strahlen, als Pünktchen oder Kügelchen oder als wellenförmig beziehungsweise als Wellenlänge beschrieben werden kann.

## 5 Diskussion

Dieses Kapitel widmet sich der Beantwortung der Forschungsfragen. Des Weiteren erfolgt eine kritische Methodendiskussion und abschließen werden die Ergebnisse mit anderen Studien verglichen.

### 5.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Der Fokus der Untersuchung lag darauf, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu erheben, die bereits mit naturwissenschaftlichem Unterricht konfrontiert worden waren. Besonders sollten mögliche Veränderungen dieser Vorstellungen je nach Schulstufe der Probandinnen und Probanden ermittelt werden und es war relevant, ob sich Unterschiede zwischen den Schultypen erkennen lassen. Die diesbezüglichen Forschungsfragen sollen nun anhand der erhobenen Befunde beantwortet werden:

*Wie stellen sich Schülerinnen und Schüler Strahlung, IR- und UV-Strahlung vor?*

#### Strahlung:

Anhand der Zeichnungen lässt sich sagen, dass sich Schülerinnen und Schüler Strahlung mehrheitlich wellenförmig vorstellen. Sie gehen des Weiteren davon aus, dass Strahlung von einer Strahlungsquelle ausgeht, die diese in alle Richtungen emittiert. Der Strahlung kann damit auch eine Richtung und eine Wellenlänge zugeordnet werden. Von einem kleinen Teil der Schülerinnen und Schüler wird Strahlung als Teilchenstrahl interpretiert beziehungsweise mit Elektrizität gleichgesetzt. Außerdem kann konstatiert werden, dass ungefähr gleich viele Schülerinnen und Schüler Strahlung als sichtbar wie als unsichtbar betrachten.

In den Interviews wurde zusätzlich von manchen Schülerinnen und Schülern erwähnt, dass sie sich Strahlung als Lichtstrahl oder als Linie vorstellen. Gut verankert wurde gefunden, dass Strahlung reflektiert werden kann und dass Wärme eine Art von Strahlung ist.

Ergänzend hierzu kann aus den Lupenbildern geschlossen werden, dass sich jene Schülerinnen und Schüler, die von einer inneren Struktur von Strahlung ausgehen, Strahlung als kleine aneinander gereihte Strahlen, als Pünktchen oder Kügelchen oder wellenförmig vorstellen.

IR- und UV-Strahlung:

Betrachtet man die Zeichnungen, kann festgestellt werden, dass sich Schülerinnen und Schüler beide Strahlungsarten sehr ähnlich vorstellen. Mit großem Abstand ist eine etymologische Vorstellung dominierend. Zusätzlich scheint auch mehrheitlich IR- und UV-Strahlung als wellenförmig gesehen zu werden. Wie auch bei der Strahlung allgemein gehen die meisten Schülerinnen und Schüler von gerichteten Strahlen aus, die jeweils eine unterschiedliche Wellenlänge haben. Im Gegensatz zu IR-Strahlung wird UV-Strahlung vergleichsweise häufig als Teilchenstrahl gezeichnet. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass aufgrund der Zeichnungen kaum Rückschlüsse gemacht werden können, ob sich Schülerinnen und Schüler IR-Strahlung sichtbar oder unsichtbar vorstellen. Dagegen werden in der Spalte UV-Strahlung signifikant öfter Motive sichtbarer Strahlungsquellen gezeichnet.

Durch die Interviews ergibt sich im Zusammenhang mit Sichtbarkeit von IR-Strahlung ein sehr uneinheitliches Bild. Die Bandbreite der Aussagen reicht von der Vorstellung, dass IR-Strahlung unsichtbar ist, über den Glauben, dass IR-Strahlung zwar unsichtbar ist, man sie aber sichtbar machen kann, bis hin zu der Beschreibung, dass IR-Strahlung sichtbar ist aufgrund der Farbe. Bezüglich der Sichtbarkeit von UV-Strahlung kann gesagt werden, dass in keinem einzigen Interview die Vermutung geäußert wurde, dass UV-Strahlung sichtbar ist. Mit Hilfe der Interviews konnte hinsichtlich der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler zu IR- und UV-Strahlung noch gefunden werden, dass mehrheitlich davon ausgegangen wird, dass sowohl IR- als auch UV-Strahlung in Materie eindringen kann (im Gegensatz zu Strahlung allgemein, die reflektiert wird).

Da bei den Lupenbildern meistens nicht explizit zwischen Strahlung, IR- und UV-Strahlung unterschieden wurde, können hier dieselben Aussagen herangezogen werden, wie bereits im Abschnitt zu „Strahlung“ erläutert.

*Was assoziieren Schülerinnen und Schüler mit Strahlung, IR- und UV-Strahlung?*

Mit großem Abstand am häufigsten treten bei den Zeichnungen Motive auf, die Strahlung, IR- oder UV-Strahlung mit einem physikalischen Hintergrund verbinden. Strahlung allgemein assoziieren sogar doppelt so viele Schülerinnen und Schüler mit einem physikalischen Konzept. Besonders signifikant häufig wird dabei Strahlung mit Radioaktivität verbunden, sowie – mit Abstand – mit Handystrahlung. Des Weiteren assoziiert ein Großteil der Schülerinnen und Schüler IR-Strahlung mit diversen Anwendungsgebieten, wobei auffällig oft eine IR-Lampe oder eine IR-Kabine gezeichnet wird. Eine andere häufige Assoziation mit IR-Strahlung stellt die Fernbedienung dar. Strahlung im Allgemeinen und UV-Strahlung wird nicht so oft wie IR-Strahlung mit Anwendungen assoziiert. Erwähnenswert oft wird aber UV-

Strahlung mit einem Solarium oder einer UV-Lampe verknüpft. Vergleichsweise oft wird Strahlung mit dem Themenkomplex Fernsehen/Internet/Satellit assoziiert.

Zusätzlich zu den bereits bei den Zeichnungen genannten Assoziationen mit Anwendungsgebieten, wurde außer diesen auch erwähnenswert oft die Sonne als Quelle von UV-Strahlung in den Interviews genannt.

*Welche Auswirkungen haben Strahlung, IR- und UV-Strahlung auf den Körper / die Gesundheit in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler?*

In der vorliegenden Untersuchung wurde zwischen positiven und negativen Auswirkungen unterschieden. Interessant ist, dass Strahlung in den Interviews von den Schülerinnen und Schülern mit positiven Auswirkungen verbunden wurde, während aufgrund der Zeichnungen das Gegenteil angenommen werden müsste. Im Vergleich dazu wird IR-Strahlung fast ausschließlich eine positive Wirkung attestiert. In der Spalte UV-Strahlung finden sich in etwa gleich viele Motive, die auf eine positive wie auf eine negative Wirkung schließen lassen.

Im Zusammenhang mit diesen drei Forschungsfragen wurden basierend auf den aktuellen Forschungsergebnissen einige Hypothesen aufgestellt. Diese sollen nun angeführt werden mit der Angabe, ob sie durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden konnten oder nicht.

- Strahlung und Licht ist nicht dasselbe und daher unterscheiden sich auch deren Quellen – Strahlung wird nur von technischen Geräten ausgesendet.

Dieser Punkt konnte nicht bestätigt werden, da vor allem in den Interviews Strahlung und Licht oft verbunden wurden und die beiden Begriffe häufig äquivalent benutzt wurden. Außerdem zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler die Sonne mehrheitlich als Strahlungsquelle identifizieren. Technische Geräte werden zwar auch als Strahlungsquelle gesehen aber nicht ausschließlich.

- Schülerinnen und Schüler stellen sich Strahlung als strahlende Partikel vor.

Aufgrund der Lupenbilder kann gesagt werden, dass diese Vorstellung auch in der vorliegenden Untersuchung gefunden wurde. Allerdings ist zu erwähnen, dass auch noch andere Vorstellungen der Struktur von Strahlung vorkamen.

- Strahlung wird mehrheitlich als schädlich eingestuft.

Hinsichtlich dieses Aspekts muss zwischen Strahlung, IR- und UV-Strahlung unterschieden werden. Während die Aussage für Strahlung im Allgemeinen zutrifft, kann der Befund für IR- und UV-Strahlung nicht bestätigt werden, denn die Ergebnisse zeigen, dass IR-Strahlung fünfmal so häufig mit einer positiven Wirkung assoziiert werden wie mit einer negativen und bei UV-Strahlung liegt ein ausgewogenes Verhältnis vor.

- Schülerinnen und Schüler ordnen Strahlungsarten anhand der Kategorien „künstlich-natürlich“ bzw. „nützlich-gefährlich“ an.

Zu diesem Punkt kann gesagt werden, dass in den Zeichnungen sowohl künstliche als auch natürliche Strahlungsquellen vorkamen, aber in den Interviews diesbezüglich nicht explizit eine Unterscheidung getroffen wurde. Dagegen wird die Zuordnung der Strahlungsarten zu den Attributen nützlich oder gefährlich sehr häufig von den Schülerinnen und Schülern vorgenommen.

- Sonne ist als Quelle von Strahlung allgemein und insbesondere als Quelle von UV-Strahlung bekannt (auch wenn dieser Punkt dem erstgenannten Punkt widerspricht).

Dieser Befund bestätigt sich in der vorliegenden Untersuchung.

- Mit dem Begriff Strahlung werden hauptsächlich Quellen sichtbarer Strahlung assoziiert.

Im Gegensatz zu dieser Aussage zeichneten ungefähr gleich viele Schülerinnen und Schüler in der Spalte Strahlung Quellen sichtbarer Strahlung wie Quellen unsichtbarer Strahlung.

- UV-Strahlung ist unsichtbar.

Vor allem durch die Aussagen in den Interviews kann dieser Punkt durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden.

- Objekte können gesehen werden, auch wenn ausschließlich UV-Strahlung vorhanden ist.

Aufgrund der erfassten Daten kann zu diesem Punkt keine Angabe gemacht werden.

- UV-Strahlung ist besser bekannt als IR-Strahlung.

In den Interviews erwähnten Schülerinnen und Schüler des Öfteren, dass sie den Begriff UV-Strahlung nicht kennen würden, während die meisten zu IR-Strahlung etwas sagen konnten. Daher erfolgte in dieser Arbeit der Schluss, dass den Probandinnen und Probanden IR-Strahlung besser bekannt ist als UV-Strahlung. Dies spiegelt sich auch in der großen Anzahl an gezeichneten Motiven in Zusammenhang mit Anwendungsgebieten von IR-Strahlung wider.

- UV-Strahlung ist blau und IR-Strahlung ist rot.

Diese Erkenntnis konnte in der vorliegenden Untersuchung in vollem Maße bestätigt werden. In den Spalten IR- und UV-Strahlung dominierten mit großem Abstand Motive, die auf ein etymologisches Konzept schließen lassen.

- IR-Strahlung wird in Infrarotkabinen verwendet und ist gesundheitsfördernd.

Auch dieser Punkt kann sowohl aufgrund der großen Anzahl entsprechender Motive bei den Zeichnungen als auch durch die signifikant häufigen Erwähnungen in den Interviews bestätigt werden.

- Der Begriff Radioaktivität wird eng mit Strahlung verbunden.

Für diesen Befund gilt dieselbe Aussage, die zum letztgenannten Punkt angegeben wurde.

- Röntgenstrahlung wird vom Knochen reflektiert.

Aufgrund der erfassten Daten kann zu diesem Punkt keine Angabe gemacht werden.

*Lässt sich eine Relation zwischen der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler und ihrer Schulwahl feststellen?*

Um diese Frage zu beantworten, wurden die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 aus den drei Schulen miteinander verglichen. Die Informationen hierfür sind nicht direkt aus den Diagrammen des vorigen Kapitels 4.1. Ergebnisse der Forschungsmethode Zeichnungen ablesbar, aber die Rohdaten sind in den Hilfstabellen für die Auswertung im Anhang zu finden. Es zeigte sich, dass signifikant weniger Schülerinnen und Schüler der HLW Motive mit einem physikalischen Hintergrund zeichneten wie ihre Kolleginnen und Kollegen aus den beiden Gymnasien. Dieser Unterschied betrifft zwar nur die Spalte Strahlung, ist aber dennoch ein Hinweis darauf, dass die diesbezügliche Hypothese stimmen könnte: Schülerinnen und Schüler, die sich für eine BHS entscheiden, sind naturwissenschaftlich nicht besonders interessiert und haben auch weniger Vorstellungen zum Thema oder zumindest weniger Vorstellungen mit physikalischem Hintergrund. Ansonsten fiel noch auf, dass auffällig mehr Schülerinnen und Schüler aus den Gymnasien Strahlung mit einer Wirkung auf den Körper und die Umwelt assoziierten wie Probandinnen und Probanden aus der HLW.

*Verändern sich die Vorstellungen im Laufe der Schulzeit (in einem bestimmten Schultyp)?*

Für die Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden jeweils die Ergebnisse der Altersklasse 1 einer Schule mit jenen der Altersklasse 2 dieser Schule verglichen. Auch in diesem Fall sind die Rohdaten dazu in den Hilfstabellen für die Auswertung im Anhang zu finden.

#### BG/BRG:

In dieser Schule lässt sich keine signifikante Veränderung der Schülervorstellungen feststellen außer in Bezug auf die Auswirkungen von Strahlung, IR- und UV-Strahlung sowie auf deren Anwendungsgebiete. Es fanden sich zwar in beiden Kategorien wenige Motive, aber dennoch kann gesagt werden, dass diesbezügliche Motive bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern überwiegen. Dies könnte so interpretiert werden, dass Schülerinnen und Schüler der Altersklasse 1 Strahlung, IR- und UV-Strahlung eher im praxisbezogenen Kontext sehen, während bei ältere Schülerinnen und Schülern die physikalische Sichtweise dominiert.

#### HLW:

In der HLW hingegen zeigt sich ein gänzlich anderes Bild. In dieser Schule lassen sich in beinahe jeder Kategorie bezüglich der Spalte Strahlung Veränderungen feststellen. Jüngere Schülerinnen und Schüler stellten deutlich häufiger die Sonne als Strahlungsquelle

beziehungsweise Quellen sichtbarer Strahlung dar, während mehr als doppelt so viele ältere Schülerinnen und Schüler Motive zeichneten, die eine Quelle unsichtbarer Strahlung zeigten. Besonders auffällig ist der signifikant höhere Anteil an Zeichnungen mit physikalischem Hintergrund in der Altersklasse 2 dieser Schule. Des Weiteren konnten mehr Assoziationen mit Auswirkungen von Strahlung und deren Anwendungen gefunden werden. In der Spalte IR-Strahlung zeigt sich nur eine Veränderung in der Kategorie 5 – Konzepte mit physikalischem Hintergrund dahingehen, dass ebenfalls in der Altersklasse 2 mehr Motive gefunden wurden. Im Gegensatz zu Strahlung im Allgemeinen wurde in der Spalte UV-Strahlung vermehrt von den älteren Schülerinnen und Schülern die Sonne als Strahlungsquelle und andere Quellen sichtbarer Strahlung gezeichnet. Ob diese Veränderungen aber durch den Unterricht bedingt sind beziehungsweise worin die Ursache hierfür zu sehen ist, lässt sich aufgrund der erfassten Daten nicht sagen.

Abgesehen von den Forschungsfragen, sollte in dieser Arbeit ausprobiert werden, ob die Forschungsmethode der Schülerzeichnungen in der Sekundarstufe 2 gut angewendet werden kann. Darauf wird im Kapitel „Methodendiskussion“ eingegangen.

## 5.2 Methodendiskussion

Wie jede Methode hat auch die Forschungsmethode der Schülerzeichnungen Stärken und Schwächen. Vor allem auf die Vorteile wurde bereits im Kapitel 3.3.1. Forschungsmethode Schülerzeichnung eingegangen. An dieser Stelle sollen daher die Schwierigkeiten aufgezeigt werden, die sich im Rahmen der Untersuchung zeigten. Zuerst muss in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass die primäre Schwierigkeit darin liegt, dass ein mehr oder weniger großer Interpretationsspielraum bei der Analyse der Zeichnungen nicht geleugnet werden kann. Auch wenn versucht wurde durch Überprüfung beispielhafter Zeichnungen durch Peers möglichst große Objektivität zu gewährleisten, bleibt die Einteilung der Zeichnungen ein subjektiver Vorgang. Es muss dabei auch bedacht werden, dass nicht hinter jedem Motiv ein Konzept stecken muss und die Gefahr des „Hineininterpretierens“ besteht, wenn hinter Motiven Konzepte vermutet werden, die die Schülerin oder der Schüler gar nicht hat. Auch umgekehrt kann nicht ausgeschlossen werden, dass Schülerinnen und Schüler über ein Konzept nicht verfügen nur weil sie keine diesbezüglichen Motive gezeichnet haben. Hierin liegt nämlich eine große Schwierigkeit der Methode: Die Probandinnen und Probanden könnten nämlich einfach an der zeichnerischen Umsetzung gescheitert sein. Dies dürfte vor allem Schülerinnen und Schüler betreffen, die komplexe physikalische

Vorstellungen zum Thema Strahlung haben. Ein Indiz hierfür wäre, dass viele Probandinnen und Probanden bei der Durchführung gefragt haben, ob sie auch etwas dazuschreiben dürfen. Andererseits sind sich möglicherweise viele Schülerinnen und Schüler auch bewusst, dass etwas Unsichtbares zu zeichnen schwierig ist und greifen auf andere Assoziationen zurück, die leichter grafisch darstellbar sind.

Es muss also festgestellt werden, dass mit der Methode der Schülerzeichnungen nicht eindeutig ermittelt werden kann, dass eine Schülerin oder ein Schüler ein Konzept hat oder nicht hat, sondern es muss bei der Interpretation der Ergebnisse immer bedacht werden, dass es sich nur um Indizien für Konzepte handelt.

Dazu muss aber hinzugefügt werden, dass hinsichtlich der Probleme bei der Methode der Schülerzeichnungen das Führen von ergänzenden Interviews eine große Bereicherung darstellte. Mit Hilfe der geführten Interviews konnten einerseits viele Unsicherheiten bezüglich der Interpretation der Zeichnungen ausgeräumt werden und andererseits wurden zusätzlich vielfältige neue Informationen zu den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler gefunden, die in den Zeichnungen nicht vorkamen, was den oben genannten Punkt bestätigt, dass Schülerinnen und Schüler teilweise über mehr Konzepte verfügen als sie gezeichnet haben beziehungsweise zeichnen konnten.

### **5.3 Vergleich mit anderen Studien**

Bereits in der Studie von Rego und Peralta (2006) konnte festgestellt werden, dass der Strahlungsbegriff den Schülerinnen und Schülern grundsätzlich vertraut ist. Wie aber Plotz (2017) dann weiter ausführt, sind die genauen Vorstellungen und vor allem Erklärungen weit entfernt von einer physikalischen Sichtweise. Diese Befunde können durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden und es muss wie bei Plotz (2017) resümiert werden, dass Schülerinnen und Schüler nach der Schulpflicht und sogar kurz vor der Matura kein adäquates Konzept von Strahlung haben. In diesem Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass der derzeitige Unterricht offensichtlich nicht dazu beiträgt, die Schülervorstellungen nachhaltig zu verändern. Zu diesem Ergebnis kommt auch diese Studie. Dies ist besonders erwähnenswert, da bereits in den Forschungsergebnissen von Neumann und Hopf (2011) wie auch bei Hollenthoner (2016) und schließlich auch in der vorliegenden Untersuchung der Unterricht als wichtigste Informationsquelle von den Schülerinnen und Schülern angegeben wird.

Die häufigsten Motive der Schülerzeichnungen in der vorliegenden Arbeit ließen auf ein etymologisches Konzept schließen. Dieser Befund knüpft an das Ergebnis von Plotz (2017)

an, dass UV-Strahlung für die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler blau ist und IR-Strahlung rot.

Während sowohl bei Neumann und Hopf (2011) als auch bei Hollenthoner (2016) die Motive stark altersabhängig auftraten trifft dies in der vorliegenden Studie kaum zu. Dies könnte daran liegen, dass es sich in dieser Arbeit um eine andere Altersstufe handelt. Bezüglich der Sichtbarkeit von Strahlung zeigte sich in anderen Studien (Langer, 2015; Neumann & Hopf, 2012) ein komplexes Bild. Dieser Befund trifft auch auf die aktuellen Ergebnisse zu.

Plotz (2017) stellte fest, dass die Schülerinnen und Schüler zwischen nützlich und schädlich in Zusammenhang mit Strahlung unterscheiden. Auch dieser Befund konnte bestätigt werden.

Libarkin et al. (2011) kamen zu der Erkenntnis, dass die Sonne als Quelle von UV-Strahlung gut in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler verankert ist. Auch dieses Ergebnis kann nachgewiesen werden. Allerdings konstatieren die Autorinnen und Autoren, dass den Probandinnen und Probanden der Zusammenhang zwischen den Strahlungsarten unbekannt ist. Im Gegensatz hierzu zeigte sich in der vorliegenden Studie, dass die Schülerinnen und Schüler die Strahlungsarten beispielsweise anhand einer Eigenschaft verbinden wollten. Dies kam auch in den Interviews zum Ausdruck.

Gemeinsamkeiten mit der Studie von Hollenthoner (2016) zeigten sich darin, dass Radioaktivität stark mit dem Strahlungsbegriff verbunden wird, dass die Sonne häufig als Strahlungsquelle gezeichnet wird und dass Fukushima kein besonders relevantes Thema in Zusammenhang mit Strahlung für die Schülerinnen und Schüler darstellt. Es gibt aber auch Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Studien. Hollenthoner (2016) konnte die Motive in die Hauptgruppen „Sonne, Quellen sichtbarer Strahlung (z.B.: Lampen, Mond/Sterne, Feuer, Blitze usw.), Motive zu Radioaktivität (z.B.: Atomkraftwerke, Atommüll, Menschen die unter den Folgen von Radioaktivität leiden, Warnzeichen für radioaktive Strahlung usw.), Handys und Bildschirme“ (ebd., 2016, S. 48) und in die Nebengruppen Laser, Solarzellen, Strom, Radio/Funk, Etymologische Gruppe (Ausstrahlung, strahlendes Gesicht, Wasser-/Zahlenstrahl, strahlend weiße Zähne) und Gekritzel (Zeichnungen, die eindeutig nichts mit Strahlung zu tun haben wie beispielsweise ein Auto) einteilen. Während sich in der vorliegenden Untersuchung zu allen Hauptgruppen Motive finden, kommen die Nebengruppen überhaupt nicht vor mit Ausnahme von einzelnen Motiven zu Elektrizität. Besonders, dass keine Motive aus der etymologischen Gruppe – wie sie die Hollenthoner (2016) beschreibt – vorkommen und aus der Kategorie Gekritzel könnte daran liegen, dass es sich in der vorliegenden Arbeit um ältere Probandinnen und Probanden handelt.

Vergleicht man die Zeichnungen allgemein der beiden Studien miteinander muss aber festgestellt werden, dass in der aktuellen Arbeit besonders die Werke der älteren Schülerinnen und Schüler nicht so aufwendig und ausführlich gezeichnet wurden. Diese sind beispielsweise auch oft nur in Bleistift gehalten.

## 6 Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergänzen den aktuellen Forschungsstand bezüglich Schülervorstellungen zu Strahlung, IR-Strahlung und UV-Strahlung um weitere Aspekte, aber es gibt noch genügend offene Fragen beziehungsweise Bereiche, die einer vertieften Betrachtung und Erforschung bedürfen. Die angewandte Forschungsmethode der Schülerzeichnungen kann dabei resümierend als zielführend betrachtet werden, vor allem durch die Ergänzungen mittels geführter Interviews. Es ist also durchaus vorstellbar, das Forschungsdesign für weitere Projekte in dieser Altersklasse zu übernehmen. Besonders die Anfertigung von Lupenbildern im Zuge von Interviews bietet Potential, das noch nicht ausgeschöpft ist. Ein interessanter Ansatz wäre auch eine Analyse nach geschlechtsspezifischen Differenzen, denn dies wurde in der vorliegenden Arbeit noch nicht berücksichtigt.

Vor allem aber wäre es wichtig mittels der vorhandenen Ergebnisse erste Konzepte für einen veränderten Unterricht zu entwickeln, diese auszuprobieren und zu evaluieren. Die Arbeiten von Schöfl (2016) und Zloklikovits (2016) beispielsweise stellen hier bereits erste Entwürfe zur Entwicklung von Unterrichtsmaterial zu IR- und UV-Strahlung dar.

Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit kann gesagt werden, dass es für den Unterricht besonders wichtig wäre Strahlung und Strahlungsarten im Kontext zu unterrichten und nicht nur ein Thema – beispielsweise Radioaktivität – isoliert zu behandeln. Außerdem zeigten sich große Wissenslücken bezüglich der Wirkungen von den einzelnen Strahlungsarten. Gerade dabei handelt es sich aber um Inhalte, die für das tägliche Leben der Schülerinnen und Schüler relevant wären – ein Beispiel hierfür wären die Auswirkungen von UV-Strahlung auf den Menschen. Es soll in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam gemacht werden, dass sich dieses Stoffgebiet eigentlich besonders gut eignen würde, um einen Alltagsbezug im Unterricht herzustellen, wodurch die Schülerinnen und Schüler immer leichter für ein Thema zu begeistern sind. Aufholbedarf gibt es auch im Zusammenhang mit dem Wissen der Schülerinnen und Schüler über den Bereich Sichtbarkeit von Strahlung.

Im Rahmen der Vorbereitung dieser Arbeit wurden auch verschiedene Physikschulbücher analysiert. Dazu soll gesagt werden, dass sich anhand dessen wie der Begriff Strahlung in den Schulbüchern vor allem für die Unterstufe gebraucht wird, zeigte, dass diese Art der Verwendung wohl nicht geeignet ist, um den vorhandenen Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schülern in Bezug auf das Thema Strahlung entgegenzuwirken, sondern diese Vorstellungen eventuell sogar auch noch verstärkt. Es gibt also auch in diesem Bereich Verbesserungspotential.

## Literaturverzeichnis

Baehr, H. D. & Stephan, K. (2009). *Wärme- und Stoffübertragung* (6. Aufl.) . Berlin, Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/978-3-540-87689-2\_5

Beeson, S., & Mayer, J. W. (2008). *Patterns of light: Chasing the spectrum from Aristotle to LEDs*. New York: Springer.

Bowker, R. (2007). Children's perceptions and learning about tropical rainforests: an analysis of their drawings. *Environmental Education Research* 13(1), 75-96.

Bundesministerium für Bildung. „Lehrplan Physik Oberstufe AHS“. Abgerufen von:  
[https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp\\_neu\\_ahs\\_10\\_11862.pdf?5i84ki](https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf?5i84ki) [Stand 27.1.2018]

Bundesministerium für Bildung. „Lehrplan Physik Unterstufe AHS“. Abgerufen von:  
[https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16\\_791.pdf?61ebzq](https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_791.pdf?61ebzq)  
[Stand 27.1.2018]

Dehos, Anne (2010). Gesundheitliche Wirkung von Infrarot-Strahlung. *Umwelt und Mensch – Informationsdienst* (4), 5-11. Abgerufen von:  
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/publikationen/umid0410.pdf>  
[Stand 5.1.2018]

Der Weg zum physikalischen Kraftbegriff von Aristoteles bis Newton. Abgerufen von:  
[https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Mechanik/physikalischer\\_kraftbegriff\\_von\\_aristoteles\\_bis\\_newton\\_info-jr.pdf](https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Mechanik/physikalischer_kraftbegriff_von_aristoteles_bis_newton_info-jr.pdf) [Stand 5.11.2018]

- Diffey, B. L. (2002). Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods*, 28(1),4-13. Abgerufen von: <http://users.ntua.gr/mmakro/UVsource-measurment.pdf> [Stand: 31.10.2018]
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay* 5(2), 235-247.
- DiSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman, & P. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the Computer Age* (S. 49-70). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.
- diSessa, A. A., Gillespie, N. & Esterly, J. (2004). Coherence vs. Fragmentation in the Development of the Concept of Force. *Cognitive Science*, 28, 834-900.  
doi: 10.1207/s15516-709-2806-1
- Dorsch Lexikon der Psychologie. *Intuitive Physik*. Abgerufen von: <https://portal.hogrefe.com/dorsch/intuitive-physik/> [Stand 5.11.2018]
- Duit, R. (Hrsg.). (1992). *Research in physics learning : theoretical issues and empirical studies ; proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991*. Kiel: IPN.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher & W. Schneider (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer. Abgerufen von [http://www.brgkepler.at/~rath/pl\\_an/aktuell/Alltagsvorstellungen\\_und\\_Physiklernen.pdf](http://www.brgkepler.at/~rath/pl_an/aktuell/Alltagsvorstellungen_und_Physiklernen.pdf)  
[Stand 18.2.2018]

- Duit, R. (2010). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. *Physik im Kontext*, PIKO-Brief Nr. 1, 1-5. Abgerufen von <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/publikationen/buecher/physik-im-kontext> [Stand 16.9.2016]
- Duit, R. (2004/2011). Schülervorstellungen und Lernen von Physik – Stand der Dinge und Ausblick. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 267-272). Köln: Aulis Verlag.
- Flick, U. (2011). *Triangulation : Eine Einführung* (3. Aufl.). Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gerthsen, C. (1999). *Gerthsen Physik* (20. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Haas, V. (2016). *SchülerInnen sehen "rot": Entwicklung und Evaluierung einer Unterrichtssequenz zum Thema Infrarotstrahlung (Diplomarbeit)*. Universität Wien, Österreich.
- Haferkorn, H. (2003). *Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen* (4. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Halbmayer, E. & Salat, J. Institut für Kultur- und Sozialanthropologie, Universität Wien (2011a). *Formen der Transkription von qualitativen Interviews*. Abgerufen von: <https://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/qualitative/qualitative-48.html> [Stand 13.11.2018]
- Halbmayer, E. & Salat, J. Institut für Kultur- und Sozialanthropologie, Universität Wien (2011b). *Qualitative Methoden der Kultur- und Sozialanthropologie*. Abgerufen von: <https://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/qualitative/qualitative-30.html> [Stand 9.11.2018]
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2009). *Halliday Physik*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag

- Hammer, D. (1996). Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions. *Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 97-127. Abgerufen von: <http://ccl.northwestern.edu/constructionism/2012LS452/assignments/5/MisconceptionsOrP-Prims.pdf> [Stand 5.11.2018]
- Harten, U. (2007). *Physik: Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler* (3. Aufl.) Berlin: Springer Verlag.
- Hollenthoner, F. (2016). *Kinderzeichnungen zum Thema Strahlung – 5 Jahre nach Fukushima* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.
- Huzar, K. (2017). *Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Infrarotstrahlung für die Sekundarstufe I* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. Abgerufen von: [http://www.researchgate.net/publication/241128731\\_The\\_Changing\\_Meanings\\_of\\_Force](http://www.researchgate.net/publication/241128731_The_Changing_Meanings_of_Force) [Stand 20.9.2015]
- Kilian, U. & Weber, C. (Hrsg.). (2003). *Lexikon der Physik*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kuchling, H. (2007). *Taschenbuch der Physik* (19. Aufl.). München: Hanser Verlag.
- Kurt, H., Ekici, G., Aksu, Ö. & Aktaş, M. (2013). Determining Cognitive Structures and Alternative Conceptions on the Concept of Reproduction (The Case of Pre-Service Biology Teachers). *Creative Education*, 4(9), 572-587.
- Langer, S. (2015). *Schülervorstellungen zur UV-Strahlung* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.

- Ledvance GmbH. (2018). *Funktionsweise Hochdruckentladung*. Abgerufen von <https://www.ledvance.de/produkte/produktwissen/hochdruckentladungslampen/professionelles-wissen/funktionsweise-hochdruckentladung/index.jsp>  
[Stand 31.10.2018]
- Libarkin, J., Asghar, A., Crockett, C., & Sadler, P. (2011). Invisible misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. *Astronomy Education Review*, 10.
- Mang, R.; & Krutmann, J. (2003): Sonnenschutz im Urlaub. *Der Hautarzt*, 6, 498-505. Abgerufen von: [https://www.researchgate.net/publication/225669660\\_Sonnenschutz\\_im\\_Urlaub](https://www.researchgate.net/publication/225669660_Sonnenschutz_im_Urlaub) [Stand 1.11.2018]
- Mascia, M.; & Tausch, M. W. (2000): Ein historisches Experiment 200 Jahre danach. Die Entdeckung der UV-Strahlung durch J. W. Ritter. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 57, 17-21.
- Meffert, B. & Meffert, H. (2000). Optische Strahlung und ihre Wirkungen auf die Haut – Optical Radiation and its Effects on the Skin. *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering*, 45(4), 98–104. Abgerufen von <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/14158/295itGCDrvs.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
[Stand 31.10.2018]
- Mey, G. & Mruck, K. (2010): Interviews. In: G. Mey & K. Mruck (Hrsg.): *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 423-435). Wiesbaden: Springer.
- Millar, R. & Jarnail Singh, G. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics education*, 31(1), 27-33. Abgerufen von <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/31/1/019/pdf>  
[Stand 16.9.2016]

- Müllauer, C. (2016). *Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.
- Müller, R., Wodzinski, R., & Hopf, M. (2004/2011). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis Verlag.
- Mrusek, R., Fuchs, R. & Oltrogge, D. (1995). Spektrale Fenster zur Vergangenheit: Ein neues Reflektographieverfahren zur Untersuchung von Buchmalerei und historischem Schriftgut. *Naturwissenschaften*, 82(2), 68-79.
- Neumann, S., & Hopf, M. (2011). Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff ‚Strahlung‘?. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 157-176.
- Neumann, S., & Hopf, M. (2012). Children’s Drawings About „Radiation“ – Before and After Fukushima. *Research in Science Education*.  
doi: 10.1007/s11165-012-9320-3
- Neumann, S. & Hopf, M. (2012). Students’ conceptions about ‘radiation’: Results from an explorative interview study of 9th grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 826–834.
- Neumann, S. (2014). Three misconceptions about radiation – and what we teachers can do to confront them. *The Physics Teacher*, 52(6), 357–359.
- Online Lexikon der Physik (1999). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Online-Lexikon und Kompaktlexikon der Biologie. (1999). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

- Plotz, T. (2017). *Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*. Berlin: Logos.
- Rego, F., & Peralta, L. (2006). Portuguese students' knowledge of radiation physics. *Physics Education*, 41(3), 259-262.
- Scherz, Z. & Oren, M. (2006). How to Change Students' Images of Science and Technology. *Science Education* 90(6). 965-985.
- Schöfl, F. (2016). *Die Wirkungsweise von CAPT bei Infrarotstrahlung* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.
- Schulze, R. & Kiefer, J. (2011). Allgemeine Einführung und Grundbegriffe. In: J. Kiefer (Hrsg.), *Ultraviolette Strahlen* (S. 1-16). Berlin: de Gruyter.
- Schwarz, K. M. (2015). *Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.
- Simon, I. (1966). *Infrared radiation*. Princeton, New York: D. Van Nostrand.
- Tipler, P. A. & Mosca, G. (2015). *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* (7. Aufl.) Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585. Abgerufen von: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.592&rep=rep1&type=pdf> [Stand: 5.11.2018]
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123-183. Abgerufen von: <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/1994v18/i01/p0123p0183/MAIN.PDF> [Stand 5.11.2018]

- Vosniadou, S., Vamvacoussi, X. & Skopeliti, I. (2008) The Framework Theory Approach To The Problem Of Conceptual Change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 3-34). New York und London: Rutledge. Abgerufen von: [https://books.google.at/books?hl=en&lr=&id=sdYOAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&ots=qAV7Pp8-rk&sig=jS2L3oNG7m6TeprEL9d26W9-3ul&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.at/books?hl=en&lr=&id=sdYOAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&ots=qAV7Pp8-rk&sig=jS2L3oNG7m6TeprEL9d26W9-3ul&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [Stand: 4.2.2018]
- Wagner, P., Reischl, G. P., & Steiner, G. (2012). *Einführung in die Physik*. Wien: Facultas.
- Wahrig Herkunftswörterbuch. (2018). *Infrarot*. Abgerufen von: <http://www.wissen.de/wortherkunft/infrarot> [Stand 24.1.2018]
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Wodzinski, R. (2004/2011). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik* (S.23-36). Köln: Aulis Verlag.
- Zinth, W., & Zinth, U. (2005). *Optik: Lichtstrahlen – Wellen – Photonen*. München: Oldenbourg Verlag.
- Zippel, C. (2012). *Rosenrot: oder die Illusion der Wirklichkeit*. Grünwald: Komplet Media GmbH. Abgerufen von: <http://web.a.ebscohost.com.uaccess.univie.ac.at/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzk2Mzl5OF9fQU41?sid=99ccf090-c513-4943-97bd-8f99cdba8aa1@sdc-v-sessmgr02&vid=0&format=EK&lpid=NavPoint-20&rid=0>
- [Stand 2.11.2018]
- Zloklikovits, S. (2016). *Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema UV-Strahlung* (Diplomarbeit). Universität Wien, Österreich.

Physik Schulbücher:

Physik 2, 3, 4. Gollenz, F., Breyer, G., Tentschert, H.H. & Reichel, E. 2012. Wien: ÖBV.

Faszination Physik 2, 3, 4. Putz, B. 2010. Linz: Veritas-Verlag.

Physik verstehen 2, 3, 4. Kaufmann, E., Zöchling, A., Masin, C. & Grois, G. 2013. Wien: ÖBV

Physik heute 2, 3, 4. Fürnstahl, H. & Wolfbauer, M. 2010. Linz: Veritas-Verlag.

Prisma Physik 2, 3, 4. 2006. Stuttgart: Klett-Verlag und 2009. Wien: ÖBV

Sexl Physik 7. Sexl, R. U., Kühnelt, H., Stadler, H., Jakesch, P. & Sattlberger, E. 2012. Wien: ÖBV

Physik compact 8 Themenheft. Jaros, A., Nussbaumer, A. & Nussbaumer, P. 2013. Wien: ÖBV.

Physik compact 7 Basiswissen. Jaros, A., Nussbaumer, A. & Nussbaumer, P. 2012. Wien: ÖBV.

Big Bang 6, 7, 8. Apolin, M. 2008. Wien: ÖBV.

## Abbildungsverzeichnis

Vorbemerkung zum Abbildungsverzeichnis: Wenn keine Autorin oder kein Autor angegeben ist beziehungsweise sonst keine Quellenangabe erwähnt wird, handelt es sich um eine eigene Abbildung.

Abb. 1: Elektromagnetisches Spektrum. Abgerufen von: <a href="https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Wellenl%C3%A4nge">https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Wellenl%C3%A4nge</a> [Stand 22.1.2018] .....	3
Abb. 2: Spektrale Energiedichte der Hohlraumstrahlung als Funktion der Wellenlänge bei verschiedenen Temperaturen. (Wagner, Reischl & Steiner, 2012, S. 207).....	5
Abb. 3: Optische Strahlung . Abgerufen von: <a href="https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physikalische-Faktoren-und-Arbeitsumgebung/Optische-Strahlung/_functions/BereichsPublikationssuche_Formular.html?nn=8702076">https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physikalische-Faktoren-und-Arbeitsumgebung/Optische-Strahlung/_functions/BereichsPublikationssuche_Formular.html?nn=8702076</a> [Stand 31.10.2018].....	6
Abb. 4: Prinzip einer Gasentladungslampe. Abgerufen von: <a href="https://www.ledvance.de/produkte/produktwissen/hochdruckentladungslampen/professionelles-wissen/funktionsweise-hochdruckentladung/index.jsp">https://www.ledvance.de/produkte/produktwissen/hochdruckentladungslampen/professionelles-wissen/funktionsweise-hochdruckentladung/index.jsp</a> [Stand 31.10.2018].....	7
Abb. 5: Elektromagnetische Wellen. (Kuchling, 2007, S. 536).....	15
Abb. 6: Vorderseite.....	49
Abb. 7: Rückseite.....	50
Abb. 8: Kodiervorlage je Klasse.....	53
Abb. 9: Beispielzeichnung.....	55
Abb. 10: Beispieltabelle.....	55
Abb. 11: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit.....	60
Abb. 12: Vereinfachte Darstellung von Abb. 11.....	61
Abb. 13: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt.....	63

Abb. 14: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (Strahlung).....	65
Abb. 15: Vereinfachte Darstellung von Abb. 14.....	66
Abb. 16: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (Strahlung).....	69
Abb. 17: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (IR-Strahlung).....	70
Abb. 18: Vereinfachte Darstellung von Abb. 17.....	71
Abb. 19: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (IR-Strahlung).....	73
Abb. 20: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit pro Schule (UV-Strahlung).....	74
Abb. 21: Vereinfachte Darstellung von Abb. 20.....	75
Abb. 22: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Schule (UV-Strahlung).....	78
Abb. 23: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (Strahlung).....	79
Abb. 24: Vereinfachte Darstellung von Abb. 23.....	80
Abb. 25: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (Strahlung).....	82
Abb. 26: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (IR-Strahlung).....	83
Abb. 27: Vereinfachte Darstellung von Abb. 26.....	84
Abb. 28: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (IR-Strahlung).....	86
Abb. 29: Vorkommen der codierten Motive nach Häufigkeit je Altersklasse (UV-Strahlung).....	87
Abb. 30: Vereinfachte Darstellung von Abb. 29.....	88
Abb. 31: Häufigkeit des Vorkommens nach Kategorien unterteilt je Altersklasse (UV-Strahlung).....	91
Abb. 32: Beispielzeichnung „Zeichnung nicht codierbar“.....	93
Abb. 33: Zweite Beispielzeichnung „Zeichnung nicht codierbar“.....	93

Abb. 34: Beispielzeichnung „Zeichnung mit komplexem physikalischen Hintergrund“ .....	94
Abb. 35: Zweite Beispielzeichnung für „Zeichnung mit komplexem physikalischem Hintergrund“ .....	95
Abb. 36: Beispielzeichnung für ein unklares Motiv .....	96
Abb. 37: Lupenbild zu Interview 1.1 .....	114
Abb. 38: Lupenbild zu Interview 1.3 .....	114
Abb. 39: Lupenbild zu Interview 1.4 .....	114
Abb. 40: Lupenbild zu Interview 1.5 .....	115
Abb. 41: Lupenbild zu Interview 1.6 .....	115
Abb. 42: Lupenbild zu Interview 1.7 .....	115
Abb. 43: Lupenbild zu Interview 2.1 .....	115
Abb. 44: Lupenbild zu Interview 2.3 .....	116
Abb. 45: Lupenbild zu Interview 3.5 .....	116
Abb. 46: Lupenbild zu Interview 4.4 .....	117
Abb. 47: Lupenbild zu Interview 5.5 .....	117
Abb. 48: Lupenbild zu Interview 5.6 .....	117
Abb. 49: Lupenbild zu Interview 6.2 .....	118
Abb. 50: Lupenbild zu Interview 7.1 .....	118
Abb. 51: Lupenbild zu Interview 7.2 .....	119
Abb. 52: Lupenbild zu Interview 7.3 .....	119
Abb. 53: Lupenbild zu Interview 7.4 .....	119
Abb. 54: Lupenbild zu Interview 7.6 .....	120
Abb. 55: Lupenbild zu Interview 7.8 .....	120
Abb. 56: Lupenbild zu Interview 8.2 .....	121
Abb. 57: Lupenbild zu Interview 8.3 .....	121
Abb. 58: Lupenbild zu Interview 9.1 .....	121
Abb. 59: Lupenbild zu Interview 9.2 .....	122
Abb. 60: Lupenbild zu Interview 9.3 .....	122

Abb. 61: Lupenbild zu Interview 9.4.....122

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Anzahl der beteiligten Schülerinnen und Schüler an der Studie.....	48
Tab. 2: Kodiermanual.....	52
Tab. 3: Kategoriensystem zur Auswertung.....	53

## Anhang

### Transkripte der Interviews

Die Interviewende wird im Folgenden mit „A“ gekennzeichnet und der Schüler oder die Schülerin mit „B“. Die Interviews sind durchnummeriert, wobei die erste Zahl für die Klasse steht und die zweite Zahl für die Schülerin oder den Schüler. In der linken Spalte steht immer die Zeilennummer und in der rechten Spalte der Text.

#### Interviews der Klasse 1 (RG Wien, 9. Schulstufe)

##### Interview 1.1: DM650082, Dauer: 02min 18sek (männlich)

01	A: Also kannst du einfach einmal beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: Also, ähmm hier steht ja das man Strahlung zeichnen soll und da hab ich sozusagen
03	versucht es wie einen Lichtstrahl zu zeichnen...
04	A: Mhm mhm...
05	B: weil es mir anders nicht eingefallen ist.
06	A: Ja...
07	B: und so hab ichs halt dann auch gezeichnet.
08	A: Okay das heißt es ist ein Strahl und der hat eine bestimmte Richtung, oder...?
09	B: Jaja
10	A: Weil das, Okay. Und warum die Farben?
11	B: Uhm, weil das nicht derselbe Strahl sondern unterschiedlich ist... Durch die Namen hab ich
12	auch die Farben.
13	A: Hast du die Farben schon vorher schon einmal gehört?
14	B: Uhm... also... nicht wirklich aber ich bin mir... mir ein bisschen bewusst.
15	A: Okay, kannst du irgendwas dazu noch was dazu sagen, was das ist oder in welchem
16	Zusammenhang du das gehört hast?
17	B: Mm, dafür weiß ich zu wenig darüber.
18	A: Und ahm, wenn du vorstellst dass wir aus dem Strahl den du gezeichnet hast, wenn ich da
19	ein ganz kleines Stückerl da herausnehme und mit der Lupe da hingehe, kannst du dann
20	zeichnen, wie das dann aussehen würde?
21	B: Hmm..
22	A: Wie du dir das dann vorstellst.
23	B: Also ich würd... mit einer Lupe?
24	A: Genau, also wenn ich da jetzt ein kleines Stückerl rausschneide mit der Lupe hingehe.
25	B:....
26	A: Wenn ich es quasi vergrößere.
27	B: ... Also... ich weiß nicht... Molekül oder so was
28	A: Ja, zeichne einmal auf wie du dir vorstellst.
29	B: Hm kleine Pünktchen, aber mir fällt nichts wirklich dazu ein...
30	A: Okay, und haben die eine Farbe, oder...Wie schauts mit denen aus... oder...?
31	B: Hmmm... weiß ich auch nicht wirklich...
32	A: Okay... Okay... Und woher weißt du überhaupt was du gezeichnet hast? Wie bist du auf die
33	Idee gekommen?
34	B: Halt... also... Ich hab, wie gesagt, versucht einen Lichtstrahl zu machen und dann noch die
35	entsprechenden Farben dazu.
36	A: Aber gehört hast du noch nie was davon vorher.
37	B: Nicht wirklich.
38	A: Okay, passt, danke schön!

##### Interview 1.2.: DM650083, Dauer: 04min 57sek (weiblich)

01	A: Kannst du einfach einmal beschreiben, was du da gezeichnet hast?
02	B: Mhhh... ja... okay... Hhh... also... Mir gings darum... Also es gibt ja halt also die in dieser
03	Generation ist es so viele benutzen halt... ahm... Computers und ahm Smartphones und so

04	A: Mhm.
05	B: Das zwar was Gutes, aber die ham ja auch sehr viel Strahlung uns so und das is für sie selber nicht gut und fi für die Leute halt auch nicht. Und für die Kinder halt sozusagen. Hhhh...
06	uund... ähm... Ja... Wenn das halt jetzt sozusagen so weitergeht, wird's halt einfach nicht gut
07	enden
08	A: Mhm.
09	B: ...Und ja...
10	A: Das ist das Bild quasi (A zeigt auf die Zeichnung).
11	B: Ja... Und das zweite Bild hat mich halt an diesen an diesen Film erinnert: Die Wolke
12	A: Mhm.
13	B: Uuund... Das hatte auch irgendwas mit der Radioaktivität zu tun.
14	A: Mhm.
15	B: Uund die Leute also es ham es wurden es waren sehr viele Leute betroffen... und... das....
16	Die sind immer die meisten sind halt gestorben... hatten Krankheiten eben...
17	A: Mhm. Ich kenne den Film nicht, muss ich ehrlicherweise sagen. Ich habe ihn nicht gesehen.
18	B: Jaja.
19	A: Also was ist da mit der Wolke? Da kommen radioaktive Strahlen heraus?
20	B: Also es hat halt so geregnet und so
21	A: Ok.
22	B: Und die, die eben vom Regenwasser... ahm...
23	A: Berührt?
24	B: Ja berührt wurden. Die wurden dann eben davon...
25	A: Krank, oder?
26	B: Mh ja ja.
27	A: Das heißt, das ist quasi die Wolke und aus der regnet es?
28	B: Ja. Ja.
29	A: Ok und im Film, wie war das, wo ist die Wolke da hergekommen? Wie war das?
30	B: Das weiß ich nicht, es ist halt, es ist einfach dann im Radio gelaufen, dass eine radioaktive
31	Wolke kommt und dass man sich halt irgendwo... unterbringend soll... und ja
32	A: Mhm.
33	B: Ja...
34	A: Und was hat das mit Infrarotstrahlung zu tun?
35	B: ...Naja also hm... keine Ahnung. Es hat mich irgendwie dran erinnert und darum hab ichs
36	halt einfach gezeichnet... Und ja und es ist eben halt ja dass dieeee... ähm... Leute dann eben
37	sterben sozusagen.
38	A: Mhm. Aber da ist dann aber keine Wolke mehr, da ist die Sonne.
39	B: Schon ja und die Wolke ist dann jetzt weg, aber die Leute sind halt dann tot. Die meisten
40	halt. Die davon getroffen waren.
41	A: Mhm.
42	B: Ja.
43	A: Also ist das quasi vorher (zeigt auf die Zeichnung) und das nachher (zeigt auf die
44	Zeichnung).
45	B: Ja.
46	A: Mhm. Ok. Das heißt ist das dasselbe? Da wie das?
47	B: Ach so nein, das ist einfach die Strahlung der Sonne.
48	A: Also das ist Regen und das ist Strahlung von der Sonne.
49	B: Ja.
50	A: Ok uund ahm, wenn du dir also wenn du dir jetzt dieses eine Stückerl da herausnimmst und
51	mit der Lupe da draufgehst
52	B: Ja.
53	A: Wie würde das dann ausschauen? Kannst du das aufzeichnen?
54	B:....Hm.... Ich versuchs (lacht)... (sieht aus als würde sie gleich zu zeichnen beginnen)
55	A: Einfach wie du dirs vorstellst.
56	[Längere Gesprächspause, weil die Schülerin vor ihrem leeren Zettel sitzt und nachdenkt]
57	B: ...Hm ich weiß jetzt nicht wirklich ob man das auch sieht.
58	A: Einfach wie du es glaubst...
59	B: Eigentlich ich weiß nicht, also eigentlich man siehts nicht.
60	A: Mhm.
61	B: Deshalb kann ichs auch nicht irgendwie zeichnen. Ich weiß nicht...
62	A: Jaja.
63	

64	B: Ja.
65	A: Ok. Also glaubst du sieht mans einfach nicht und darum kann mans auch nicht irgendwie
66	zeichnen.
67	B: Ja.
68	A: Ok. Ahm dann wollt ich noch fragen. Das hast jetzt schon gsagt mit dem Film. Und woher
69	weißt du das mit den Geräten und so?
70	B: Ja also in Biologie unsere Lehrerin hat uns erklärt, dass das halt sehr viel Strahlung hat und
71	die meisten schlafen ja auch mit den Handys. Nehmens mit ins Bett und so. Und das ist eben
72	auch nicht gut und so.
73	A: Mhm.
74	B: Man kann natürlich auch Krebs kriegen und so alles mögliche und ja... Früher war das ja
75	nicht so mit der Entwicklung und so.
76	A: Mhm. Also in der Schule hast du das gehört?
77	B: Ja. Ja.
78	A: Ok, super, danke.

**Interview 1.3.: DM650084, Dauer: 02min 40sek (männlich)**

01	A: Kannst du einmal beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: ... (lacht)... ...
03	A: Einfach in Worten.
04	B: ... Ähm... Ich habe wirklich keine Ahnung... ... Ich habe vielleicht... Ahm... Ich schätz
05	amal das ist das ist die Wand
06	A: Mhm.
07	B: Und Strahlungen werden dann abgestoßen...
08	A: Ok.
09	B: Uuund... ... Tja...
10	A: Und welche Strahlung? Irgendeine bestimmte oder allgemein?
11	B: Ja, allgemein...
12	A: Und was ist das? (Zeigt auf die Zeichnung)
13	B: Das ist die Sonne.
14	A: Das ist die Sonne. Und da drinnen ist...?
15	B: Kreuz.
16	A: Ein Kreuz?
17	B: ... ... Ja.
18	A: Ok. Und das? Was ist das?
19	B: Das ist die Infrarotstrahlung von den von den die ultraviolett Wellen unterscheiden.
20	A: Mhm. Ok. Uund du hast beide blau gezeichnet?
21	B: Ja es hat nur so das ist einfach... jaaa.
22	A: Ok. Ok. Mh... dann woher oder woher weißt du das? Zum Beispiel von den verschiedenen
23	Strahlungen?
24	B: Aaahm... Ich glaube ich hab eine Woche davor im Internet was geschaut und da hab ich
25	was gefunden und mir das durchgelesen uuund...
26	A: Ok... Zufällig?
27	B: Ja
28	A: Echt?
29	B: Ja echt.
30	A: Na so ein Zufall. Und bei der Sonne, wie ist das mit der Strahlung da genau? Du hast da
31	einen Strich und wieder einen Strich... Wie schaut das genau aus? Oder ist das
32	B: Na da hab ich das ist ganz was anderes.
33	A: Ok. Na, aber weil da ein Strich und...
34	B: Na.
35	A: Ok. Kann man diese Strahlen vergrößern zum Beispiel? Oder hat das noch eine innere
36	Struktur? Oder so?
37	B: Wie vergrößern?
38	A: Naja, wenn ich mir da ein Stück unterm Mikroskop zum Beispiel anschau, seh ich ja die
39	innere Struktur
40	B: Ja.
41	

42	A: von einem Blutgefäß oder so. Wie wär das da bei den Strahlen? Kann man da auch
43	reinschaun? Hat das auch eine innere
44	B: Ja ich glaub schon.
45	A: Kannstas aufzeichnen wie du dir vorstellst?
46	B: ... (nimmt Stift)
47	A: (lacht)
48	B: Nehma wieda rote?
49	A: Wie du es dir vorstellst! Was du glaubst wie das ausschaut.
50	B: ... Ahm... so... (zeichnet) ... .. Ich glaub eher durchgehende Strahlen...
51	A: Mhm.
52	B: So was.
53	A: Ok also gerade Strahlen.
54	B: Ja.
	A: Ok und da sinds Wellen. Bei den anderen. Ok. Gut. Super.

**Interview 1.4.: DM650085, Dauer: 02min 14sek (männlich)**

01	A: Ok. Kannst du amal beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: ... Mmh... Also halt an Strahlung. Was soll ich da sagen? Keine Ahnung halt... Also was ich
03	mir dabei gedacht habe?
04	A: Genau.
05	B: Also ich hab mir gedacht bei Strahlung halt, dass... ahm... dass sie halt halt abgelenkt wird
06	beim Objekt. Jetzt sind ma bei der normalen Strahlung. Und bei der Infrarotstrahlung, dass sie
07	halt durchgeht. Und bei der ultravioletten Strahlung, dass sie vielleicht Schaden verursacht.
08	A: Ja. Und du hast hier die durchgehend gezeichnet und die strichliert und die so...
09	B: Ja.
10	A: Dicker? Oder was heißt das?
11	B: Also ich wollt, dass Sie verstehen, dass das da halt abgelenkt wird.
12	A: Mhm.
13	B: Und dass das da durchgeht ohne Schaden... Und so halt wie vorher halt.
14	A: Mhm. Und hat die Farbe irgendeine Bedeutung?
15	B: Nein. Ich hatte keine andere. (lacht)
16	A: Und wenn du jetzt zum Beispiel ahm diesen dickeren Strahl da mit einer Lupe anschauen
17	würdest, ein kleines Stück, wie würd der ausschauen? Das ist ein Strahl oder?
18	B: Ja.
19	A: Lauter Strahlen. Und kann man die auch noch zerkleinern. Kannst du das aufzeichnen wie
20	das ausschauen würd?
21	B: Mmmh...
22	A: Wenn du dir ein Stück vom Strahl vorstellst und unters Mikroskop legst.
23	B: Mmh...
24	A: Weißt du was ich mein?
25	B: Jaja, ich weiß schon, was Sie meinen, aber ich muss mirs grad vorstellen.
26	A: Ja na bitte.
27	B: Ahm... Ich weiß nicht vielleicht so... Aneinander so... Ich... kleine Strahlen so aneinander
28	(zeichnet).
29	A: Und bei dem (zeigt auf die Zeichnung) und bei dem (zeigt wieder auf die Zeichnung)? Wie
30	wärs da?
31	B: Bei dem glaub ich halt nur so einer. Ein Strahl. Und bei dem halt nur so doppelt.
32	A: Und immer lauter so lange Stücke.
33	B: Ja immer so lange Stücke.
34	A: Ok. Ok. Super. Und woher weißt du das?
35	B: Keine Ahnung. Intuition (lacht).
36	A: Ok, also gehört hast du noch nie was von den Begriffen?
37	B: Doch schon, aber ich hab mich nie damit auseinander gesetzt.
38	A: Ok. Na passt. Danke.

**Interview 1.5.: DM650086, Dauer: 02min 04sek (weiblich)**

01	A: Ok kannst du amal beschreiben, was du gezeichnet hast? Und was du dir dabei gedacht
02	hast.
03	B: Also... Aaahm... ich... Kann ich egal wo beginnen?
04	A: Natürlich.
05	B. Ok. Bei der ultraviolette Strahlung, das kannte ich schon seit dem ich also seit in der
06	Volksschule war, weil das haben wir schon in der Volksschule besprochen und es gibt ja auch
07	so ne Creme gegen UV-Strahlung.
08	A: Mhm.
09	B: Deshalb ist es auch nich so wirklich schwer gewesen, dass man das erkennt.
10	A: Mhm.
11	B: Deshalb hab ich halt ne Sonne und ein Strichmännchen gemacht (lacht). Daann bei der
12	Strahlung also ich hab allgemein genommen. Die Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung. Ahm
13	das habe ich auch durch die Schule erfahren. Ich weiß, dass Alpha- und Beta- nich so schlimm
14	sind wie Gamma-Strahlung, weil die dringen nicht wirklich durch dein Körper wie die Gamma-
15	Strahlung. Das ist die stärkste. UUnd Infrarot-Strahlung, das weiß ich halt nicht wirklich aber
16	ich hab mir halt gedacht vielleicht ist es diese Strahlung, wenn man wie wenn man röntgen
17	geht... Ja.
18	A: Du hast das auch gehört, oder...?
19	B: Neein ich habs zum ersten Mal gehört, deshalb und ich hab mir halt gedacht vielleicht ist es
20	das.
21	A: Mhm.
22	B: Da ist ja auch eine andere Strahlung beim Röntgen. Da hab ich mir vor also gedacht
23	vielleicht ist es das.
24	A: Mhm. Und wenn du dir jetzt also du hast die Strahlung so so mit Strichen symbolisiert.
25	B: Mhm.
26	A: Und wenn du dir jetzt vorstellst, dass wir unter der Lupe anschauen also einen Strahl also
27	so wie hier (zeigt auf die Zeichnung). Kannst du das amal zeichnen wie du dir das vorstellst?
28	Kannst du das vielleicht aufzeichnen?
29	B: (Nimmt Stift und überlegt)... .. vielleicht so kleine Kügelchen? Zusammen. Keine
30	Ahnung.
31	A: Mhm. Ok. Ja. Dankeschön.
32	B: Bitte.
33	A: Super.

**Interview 1.6.: DM650087, Dauer: 02min 09sek (weiblich)**

01	A: Ok. Kannst du mir jetzt beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also. Ich hatte einmal nicht so viel Ahnung, was ich machen soll.
03	A: Mhm.
04	B: Und da hab ich halt überlegt, ob ich ich mach halt mal eine Strahlung. So eine Strahlung
05	geht immer so durch und ein Gegenstand und da hab ich so wo sie hingehet halt zeigen. Und
06	bei Infrarotstrahlung wusst ich halt nicht was das ist und da dacht ich so aber eigentlich muss
07	das so durchgehn vielleicht. Da hab ich die durchgezeichnet und Ultraviolett-Strahlung hab ich
08	dann gedacht, also da hab ich sehr lang überlegt. Da hatte ich noch nicht so viel Ahnung.
09	Uund da hab ich halt dann versucht, anders zu machen. Vielleicht, dass die Strahlungen
10	schneller gehen und da anders und da halt so gemischt.
11	A: Mhm. Das heißt die zwei gehen durch (zeigt auf die Zeichnung) uund die...
12	B: Die nicht. Die bleibt.
13	A: Mhm. Und ahm wenn du dir jetzt vorstellst, dass wir uns ein kleines Stückerl von dem Strahl
14	da anschauen, kannst du das aufzeichnen, wie das ausschaun würde?
15	B: (Nimmt einen Stift und überlegt)... .. Ein kleines Stück?
16	A: Ja. So ein kleines Stückerl einfach herausnehmen und unterm Mikroskop anschau. Wie
17	würd das dann ausschaun, was würd ich sehn?
18	B: ... .. Vielleicht einfach nur so ein Strich oder (lacht)... .. vielleicht mit irgendwelchen
19	Punkten.
20	A: Mhm. Und bei denen? Und bei dem? Wie würds da ausschaun?
21	B: Aahm... .. Vielleicht solche Striche einfach? Und bei dem halt wie ich es einfach auch
22	da gezeichnet habe. Einfach so wellenförmig irgendwie.
23	

24	A: Mhm. Dankeschön. Super und woher oder wie bist du auf das gekommen? Woher weißt du
25	das?
26	B: ... Na also... ..Ich hab versucht nicht zu raten. Ich hab versucht, dass es irgendwie logisch,
27	weil dann Strahlung und dann infrarot und dann ultraviolett, das hat irgendwie eine
28	Verbindung.
29	A: Mhm.
30	B: Dann hab ich versucht es umzusetzen. A: Super. Dankeschön.

### Interview 1.7.: DM650088, Dauer: 02min 09sek (männlich)

01	A: Kannst du einfach einmal beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: Also ahm... Ahm... .. Hier beim ersten dacht ich mir das ist einfach nicht so stark. Es prallt
03	ab. Und beim zweiten, bei der Infrarot-Strahlung geht's halt schon hinein.
04	A: Mhm.
05	B: Und beim dritten bleibt es schon drinnen. Halt wennes reingeht.
06	A: Mhm.
07	B: Ja und das hab ich halt versucht zu zeichnen.
08	A: Ja. Ahm und wenn du dir jetzt zum Beispiel diesen Strahl hernimmst und ein kleines Stück
09	davon anschaust und vergrößerst. Kannst du dann aufzeichnen, wie du glaubst, dass das
10	dann aussieht?
11	B: Man... Man sieht...
12	A: Genau, wenn du den Strahl jetzt nimmst – ein Stück davon. Und dirs unterm Mikroskop
13	anschaust.
14	B: Okay.
15	A: Einfach vergrößerst. Wies dann ausschauen würd.
16	B: (Überlegt, zeichnet)
17	A: Einfach wie du glaubst, dass das aussieht.
18	B: (Überlegt, zeichnet)... So...
19	A: Mhm... Ok... Und im Vergleich dazu, wie würd das ausschauen (zeigt auf die ursprüngliche
20	Zeichnung)? Ein Strahl. Ein Stück.
21	B: (Überlegt)... Vielleicht... nur mit anderen...
22	A: Ok. Und da?
23	B: (Zeichnet)... Ich glaub da ist... da ist... Das ist dann ziemlich einfach.
24	A: Mhm.
25	B: Weils dann halt abbricht.
26	A: Mhm und woher weißt du das? Hast du das irgendwo gehört oder?
27	B: Nein...
28	A: Mhm. Ok also denkst du dir einfach oder...?
29	B: Ja...
30	A: Mhm. Gut, dann sag ich danke.

### Interviews der Klasse 2 (RG Wien, 10. Schulstufe)

#### Interview 2.1.: DM650079, Dauer: 03min 03sek (weiblich)

01	A:Ok. Kannst einfach einmal beschreiben, wasd gezeichnet hast?
02	B: (lacht)... Ok. Ahm, also... Bei der Strahlung hab ich ähm also hab ich hatte ich eine
03	Vorstellung nämlich, dass Strahlungen so Linien sind halt so. Als Linie gezeichnet werden
04	solln. So halt keine Ahnung so halt.
05	A: Mhm.
06	B: Uund da wusst ich halt nicht woher das kommt also, konnt ich also hab ich nur die Linien
07	gezeichnet.
08	A: Mhm.
09	B: Dann bei diesem Infrarot- Strahlen da sie infrarot heißt, hab ich sie rot gezeichnet. Und es
10	gibt so Geräte, wo das so rauskommt (lacht).

11	A: Mhm.
12	B: Uund bei den Ultraviolett-Strahlen weiß ich, dass die UV-Strahlen sind, die kommen von der Sonne auf die Erde so.
13	A: Ok. Und jetzt bei den Geräten, weißt du da zufällig wie die heißen oder kennst irgendeins?
14	B: Also i... meine... also ich hab so ein Massagegerät da gibt's so ein Infrarot äähm... Wie soll ich das erklären... Mmmh bei dem Gerät ist das auf der einen Seite wo das so vibriert und auf der anderen Seite ist irgendso ein Teil und da kommt diese Strahlung... da ist es ganz rot, also es leuchtet rot.
15	A: Ok.
16	B: Und äh das wird dann so warm so
17	A: Ok.
18	B: Und so kenn ichs.
19	A: Und die Strahlen kommen da raus oder wie ist das? Siehst du die?
20	B: Neeein ich seh nur, dass es rot ist.
21	A: Ok. Und wennst du dir jetzt zum Beispiel die Strahlen
22	B: Ja.
23	A: die du da gezeichnet hast, wennst da mit der Lupe hingehen würdest und dir ein Stück von dem Strahl genauer anschauen würdest, wie würd das dann ausschauen, kannst das vielleicht aufzeichnen, wiest dir das vorstellst?
24	B: Keine Ahnung ich weiß nicht... .. Vielleicht vielleicht so in Teilen (lacht).
25	A: Na wiest du dirs vorstellst.
26	B: So irgendwie so in Teilen.
27	A: Und so ein einzelner Teil, kann man den auch noch zerkleinern? Wenn man da mit der Lupe hingehen würd zum Beispiel?
28	B: ... Ich glaub... Keine Ahnung... .. Vielleicht schon... .. Keine Ahnung... .. Nein geht glaub ich nicht (lacht).
29	A: Ok. Und bei den Strahlen? Bei der ultravioletten Strahlung? Wenn ich da mit der Lupe da hingeh und so ein kleines Stückerl da anschau, wie würd das ausschauen?
30	B: Ich weiß nicht (lacht). Keine Ahnung.
31	A: Keine Ahnung. Ok ahm und woher weißt du das, was du gezeichnet hast?
32	B: Irgendwo mal gehört, irgendwo mal gesehen. Ich weiß nicht, irgendwo mitkriegt, aber ich weiß es nicht.
33	A: Ok.
34	B: Wir ham das noch nie im Unterricht so besprochen. Also im Unterricht hatten wir noch keine... Strahlungen.
35	A: Ok na super. Dankeschön.

### Interview 2.2.: DM650080, Dauer: 02min 35sek (männlich)

01	A: Kannst du einfach mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also bei der Strahlung hab ich die Sonne gezeichnet
03	A: Mhm.
04	B: und da ist ein Mensch
05	A: Ja.
06	B: Und äh öh die Sonne steht oben, es ist sehr heiß
07	A: Mhm.
08	B: und er schwitzt
09	A: Ja.
10	B: gerade und ja. Ich hab das Gelb gezeichnet und die Anderen hab ich eh, eine, eines hab ich Rot und den Andern Violett gezeichnet.
11	A: Mhm. Und was hat's da mit den Farben auf sich?
12	B: Ah, ich hab mir gedacht, weil hier steht Infrarotstrahlung, und dann hab ich das Rot gezeichnet.
13	A:Mhm.
14	B:Und bei der Ultravioletten Strahlung habe ich violett gezeichnet.
15	A:Und die Strahlung?(zeigt auf die Zeichnung)
16	B: Wollte ich gelb zeichnen, weil die Sonne gelb ist.
17	A:Ok. Und du hast die Menschen auch in den entsprechenden Farben, wieso?
18	
19	
20	

21	B:Mhm, weil... aso... ..,weil ich die Sonne, also in gelb gemalt hab, hab ich den Mensch auch in
22	gelb angemalt.
23	A:Mhm.
24	B: und bei den Anderen auch so.
25	A: und ist das immer die Sonne.
26	B: Ja.
27	A: Ok...und... und wieso ist die Sonne da auf einmal rot?... schauts da rot aus.
28	B: Ja, weil(kichert) eine infrarote Strahlung ist. Hab ich mir so vorgestellt.
29	A: Mhm, aber die Sonne schaut
30	B: Ja
31	A: ja nie rot, gelb...
32	B: ich weiß
33	A:oder wie kommst du drauf, dass die Sonne
34	B: Also ich hatte...hatte diese...dieses Bild auch im Kopf
35	A: Mhm, mhm. Und ähm hat das jetzt... ich mein, ich weiß nicht ganz genau, ob du das
36	absichtlich gemacht hast, aber der schaut irgendwie nicht so traurig aus wie der, oder heißt das
37	irgendwie, dass das schlimmer ist oder das oder.
38	B: Eigentlich sind die beiden...
39	A: Alle gleich.
40	B: Ja
41	A: OK, ok. Also ist immer dieselbe Wirkung quasi.
42	B: Ja...ja genau
43	A: Mhm, ok und woher weißt du das oder wie bist du auf das gekommen?
44	B: Mhm...weil... ..also wenn die Sonne immer strahlt wird es sehr heiß
45	A: Mhm.
46	B: und wenss heiß wird... es ist nicht so angenehm, man schwitzt und so. Ja deswegen hab ich
47	so gezeichnet.
48	A: Ja und bei den Anderen.
49	B: Bei den anderen auch. Da ist die Sonne rot, aber des is auch sehr heiß.
	A: Mhm, Ok, gut.

**Interview 2.3.: DM650081, Dauer: 02min 32sek (männlich)**

01	A: Kannst du einfach mal beschreiben was du da gezeichnet hast?
02	B: Also bei der Strahlung, hab ich gleich an radioaktiv gedacht
03	A: Mhm.
04	B: und deshalb also und es strahlt ja(lacht) Licht also sozusagen Licht aus und da hab ich an
05	die Vorfälle von Tschernobyl gedacht.
06	A:Mhm.
07	B: Und ja ich wollte damit zeigen, dass es immer weiter geht und immer mehr verseucht wird.
08	A: Mhm.
09	B: Und die Sonne strahlt ja auch, sie gibt uns Licht.
10	A: Mhm, ok... und was ist das und das.
11	B: und da hab ich(lacht) nur an rot gedacht Infrarot und das haben wir letzgens in Chemie
12	begonnen und da dacht ich mir ich mache diese Tabelle weil es ja von rot zu lila.
13	A: Mhm. Und sind das, ist das immer dasselbe, weil du hast
14	B: Ja ist immer dasselbe.
15	A: Ok, das heißt da ist es Radioaktiv und was ist da und was ist da?
16	B: Da ist auch glaub ich radioaktiv.
17	A:OK
18	B: Ja und da ist dasselbe nur dass das mit lilia ist.
19	A: Und was ist der Unterschied zwischen den drei.
20	B: Ähm ich glaub die Farben(lacht) ich weiß nicht richtig aber ich glaub eher die Farben, ja.
21	A: Und... das heißt einmal ist die...einmal siehst du die Strahlen, oder wie
22	B: Nein, das sieht man nicht
23	A: Ja
24	B: des ist rot, des ist lilia
25	A: Ok, da seh ich rote Strahlen, da
26	B:Lila

27	A: lilane Strahlen
28	B: Ok.
29	A: OK, und wenn du dir vorstellst du nimmst ein kleines Stückchen heraus
30	B: Ja.
31	A: und schaut dir das unter der Lupe an.
32	B: Ja.
33	A: Ähm, kannst du das aufzeichnen, wie du dir das dann vorstellen würdest?
34	B: (zeichnet) So, also ich glaube es wird von dunkel zu hell...also, so wie hier. Ich glaube...halt
35	wenn ich das so zeichne...diese Stück.
36	A: Mhm
37	B: ist am Anfang ganz rot und es wird immer, je weiter es entfernt wird, also wie weit es weg
38	geht, desto heller wirds.
39	A: Mhm, Also je weiter... und was ist das überhaupt.
40	B: Das halt... der Stoff der für die Strahlung sorgt.
41	A: Mhm, mhm, ok...und ähm...woher weißt du das Grundsätzlich, ich mein das hast du gsagt
42	habts in Chemie angefangen.
43	B: Ja, und ja wir haben das Spektrum gemacht
44	A: Aha.
45	B: da ist es halt vorgekommen... und ja...
46	A: Ok, also in der Schule hast du
47	B: Ja, in der Schule.
48	A: OK super, vielen Dank

### Interviews der Klasse 3 (BG/BRG, 9. Schulstufe)

#### Interview 3.1.: DM650107, Dauer: 02min 20sek (männlich)

01	A: Kannst du mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also über Strahlung hab i des typische radioaktiv Zeichen gezeichnet. Ahm, Kühlturm und
03	des Radiologie Bild... Weil i net gwusst hab wie ichs sonst zeichnen soll. Bin net so der
04	begabte Zeichner.
05	A: (lacht)
06	B: Bei Infrarotstrahlung, weil ich gwusst hab wie man a Infrarotkabine zeichnet hab i die
07	Wellenlänge gezeichnet, wann des so stimmt? Ahm, bei da Ultravioletten Strahlung genauso,
08	und de Sun und des Solariumschild.
09	A: Ok. Ähm, wie is des jetzt genau mit der Wellenlänge?
10	B: Bei da Ultravioletten Strahlung is de Wellenlänge länger zagt
11	A: Was heißt des?
12	B: Der Unterschied zwischen den Wellen ist länger, größer, je nachdem.
13	A: Ok
14	B: Bei da Ultravioletten, ah Infrarotstrahlung is kürzer beieinander.
15	A: Ok, und du hast jetzt Strahlung mit radioaktiver Strahlung verglichen?
16	B: Mhm(Ja)
17	A: Gibts auch andere Strahlungsarten?
18	B: Ich schätzt, ah, wie hast des?... kosmische Strahlung, oder so?
19	A: Ja...Fallt dir noch irgendwas ein oder... ..
20	B: Irgendwann hob i moi was glesen über Strahlung, irgendwas mit C oder CH...na i was
21	nimmer.
22	A:Ok, und wenn du dir jetzt vorstellst, du nimmst dir ein kleines Stückerl von der Welle heraus
23	und vergrößerst es... Wie schauts dann aus, kannst du des aufzeichnen vielleicht, wie das
24	ausschauen würd?
25	B: I was net, was Sie meinen.
26	A: Wenn du diese Welle vergrößerst
27	B: Aha.
28	A: Hat die noch eine innere Struktur, oder wie is das?
29	B: Ja oiso des is des aus Physik, des san diese Photonen...
30	A: Also kann man das nicht aufzeichnen?

31	B: Also i kunntats net aufzeichnen.
32	A: Ok, ja, ahm und wie is des mit Strahlung. Weißt du is die sichtbar oder unsichtbar oder gibts da Unterschiede?
33	
34	B: Also es kommt drauf an, Sonnenstrahlen san ja a nur Strahlung, kann i manchmal sehn,
35	meistens sinds unsichtbar.
36	A: Ok...und, ähm, woher weißt das was dir dazu eingefallen ist?
37	B: Physik, Nachrichten, man kriagt halt so Sachen mit.
38	A: Ok, passt, dankeschön.

**Interview 3.2.: DM650108, Dauer: 01min 35sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir bitte beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: Ok, ahm, des is radioaktive Strahlung, des is de Strahlung vo an Handy oder technischen
03	Geräten
04	A: Ja.
05	B: des, i war mia net sicher ob des a Strahlung is, weil, ahm, Funkmasten und
06	so(unverständlich) und a Infrarotkabine, i wor nu nie in ana drinnen, drum hab i net gwusst wie
07	ichs zeichnen soll.
08	A: Ja.
09	B: Dann ähm, UV Strahlung und Sonnenlicht und da war i ma net sicher ob des wirklich des is,
10	(unverständlich)
11	A: Ahm, wenn du dir jetzt, den Strahl da
12	B: Ja.
13	A: den du da gezeichnet hast...wennst da vorstellst, dass ich den vergößer...
14	B: Ja.
15	A: Hat der dann noch a innere Struktur, oder kann man das auch aufzeichnen?...Kannst du dir
16	das vorstellen wie das ausschaut?
17	B:(unverständlich) hab keine Ahnung wie, des ham ma in Physik noch nie gmacht.
18	A: Ok, ahm und wie is das mit der Strahlung, weißt du ist die sichtbar oder unsichtbar, oder
19	gibts da Unterschiede?
20	B: Also die meiste Strahlung is unsichtbar, aber i glaub man kann sie irgendwie sichtbar
21	machen. Manche san sichtbar. I weiß, i weiß net.
22	A: Ok. Und woher weißt du was du gezeichnet hast, oder was dir eingefallen ist?
23	B: Ähm...i weiß es net... Umwelt...afoch so...irgendwo, i weiß es net.
24	A: Na wo hast das ghört...hast das glernt oder mitkriegt.
25	B: Na (unverständlich) net glernt.
26	A: Ok, einfach so...mitkriegt...Ok super dankeschön.

**Interview 3.3.: DM650109, Dauer: 02min 46sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir bitte beschreiben, was du gezeichnet hast?
02	B: Eine Strahlung hab ich immer schon als Atomstrahlung gesehn, deswegen hab i an
03	Atomreaktor gezeichnet.
04	A: Ja.
05	B: Bei infrarot Strahlung ist mir als erstes a infrarot Kabine eingefallen
06	A: Mhm.
07	B: Deswegen a des rote Licht, irgendwie siach i des immer rot oder so und bei ultraviolette
08	Strahlung, hab i also da war i mir net so ganz sicher... Mei Papa hat nämli immer gsagt, dass
09	bei Regenbogen is eigentlich immer nu a Farb dabei ma aber net siacht
10	A: Mhm.
11	B: De soll violett sein, deswegen hab i ma docht i zeichne ka Farb (unverständlich)
12	A: Ok, ok... und wie is des jetzt nochmal bei da infrarot Strahlung kann man die jetzt sehn
13	oder, wie is des?
14	B: Mhmm i glaub die Strahlung selbst kann man net sehn, aber ... .. i weiß net mhmm... es is
15	immer rotes Licht...des heißt...is a guate Frog mhmm... i würd sagen man kanns net seng.
16	A: Ja, mhm.
17	B: I weiß net genau.

18	A: Ja passt eh und du hast jetzt die Strahlung allgemein hast du quasi nur die oder nur a Atom,
19	wie hast du des genannt? Atomstrahlung
20	B: Genau, ja.
21	A: und gibts noch andere Strahlungsarten? Weißt du das?
22	B: Ja sicher also i glaub es gibt eben die Sonnenstrahlung und die UV-Strahlung eben und
23	...es gibt sicher nu mehr die i aber net weiß.
24	A: OK.
25	B: Mhm(überlegt)... ... Na i glaub i weiß sonst keine mehr.
26	A: Und woher weißt du das was du da, was dir da eingefallen ist?
27	B: Mhm.
28	A: Und das hast schon gsagt mitn Papa.
29	B: Mhm... ... muss i überlegen...ja i weiß eben des mit den in Fukushima diese Sachen waren
30	mit dem Atomdings und da war von der Strahlung die Rede
31	A: Mhm.
32	B: und das alles verstrahlt ist und deshalb so und Infrarotstrahlung... ... jo des is ma... des is
33	ma eigentlich nur so durch den Kopf gangen aber...hm... hmmm so wie des hob i scho mal wo
34	ghört und Infrarot selber hab i afoch mit dem verbunden
35	A: Mhm.
36	B: des zeichne i afoch
37	A: Mhm. Und weißt du irgendwas darüber ich mein da hast schon gsagt mit dem Unfall das
38	heißt die Strahlung is schädlich aber wie is des bei den anderen Strahlungsarten zum Beispiel
39	bei infrarot oder ultraviolett?
40	B: I glaub die Infrarotstrahlung is net schädlich und die ultraviolette is in hohen ähmm wie
41	nennt man des?
42	A: Dosen
43	B: Genau Dosen is glaub i scho ähm...kann Schäden verursachen.
44	A: Ok, gut. Vielen vielen Dank.

**Interview 3.4.: DM650110, Dauer: 02min 02sek (männlich)**

01	A: Kannst du mir bitte beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja. Also bei Strahlung hab ich halt die unterschiedlichen Arten sozusagen gezeichnet.
03	A: Mhm.
04	B: Also jetzt zum Beispiel von einen Fernseher oder von einem Handy.
05	A: Mhm.
06	B: Das soll so a Art Atomkraftwerk sein
07	A: Ja.
08	B: des is die Sonne...äh da die Infrarotstrahlung da hab ich so eine Infrarotkabine gezeichnet.
09	A: Mhm.
10	B: Ich glaub des is eine gute Strahlung des soll(unverständlich)
11	A: Hab ich gleich erkannt und vor allem das lachende Gesicht
12	B: (lacht) und die ultraviolette Strahlung also da war ich mir nicht sicher aber ich glaub die
13	kann man nicht sehen.
14	A: Mhm.
15	B: Und die ist eher schlecht für den Menschen.
16	A: Ok...und was hasts da mit den Farben auf sich?
17	B: Naja wegen dem Rot hab ich da eher rote Strahlung gemacht da so bläulich.
18	A: Mhm.
19	B: Also ja so glaub ich halt dass das circa ausschaut.
20	A: Ok
21	B: Eine subjektive Wahrnehmung.
22	A: Also so schaut das aus?
23	B: Meiner Meinung nach.
24	A: Ok also kann man das sehen?
25	B: Na man kanns nicht sehen aber... ich habs ja
26	A: ja ich verstehs
27	B: einzeichnen müssen
28	A: Ok...gut. Und woher weißt du das was du da gezeichnet hast...hast du das schon mal
29	gehört, oder
30	B: Ich glaub ich hab mal drüber glesen und im Internet...

31	A: Ok.
32	B: Und wie des zum Beispiel mit Fukushima war...da die Strahlung.
33	A: Mhm.
34	B: Ja.
35	A: Ok und wo hast des glesen? Weißt du des?
36	B: In Zeitungen, in Büchern, im Internet...
37	A: So privat einfach?
38	B: Ja.
39	A: Ok.
40	B: Und auch teilweise in der Schule jetzt zum Beispiel...
41	A: Aha.
42	B: wie ma über Fukushima geredet ham.
43	A: Aha ok. In welchen Fach war das?
44	B: Ich glaub in GWK.
45	A: Mhm.
46	B: Oder in Geschichte.
47	A: Ok und habts in Physik auch schon mal was über Strahlung gehört?
48	B: Ja.
49	A: Ok, und wie war das, was habts da glernt?
50	B: Ähm, also auch mit de Atomkraftwerke
51	A:Mhm.
52	B: und also das die Atomkraft also wie die ist und ob die jetzt eher gut ist und ja.
53	A: Ok gut.

**Interview 3.5.: DM650111, Dauer: 02min 39sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: (unverständlich) ein Telefon gezeichnet, es heißt ja immer dass es strahlt auch wenn man
03	schlafa
04	A:Mhm.
05	B: und liegt, neben dem Bett liegt.
06	A: Ja.
07	B: Und das soll ein Atomkraftwerk(lacht) sein und halt wenss...explodiert also wie zum
08	Beispiel in...ähm also wenn halt a Atomunfall is dass dann auch strahlt
09	A: Mhm.
10	B: und halt viele Menschen sterben. Und halt Sonnenstrahlung.
11	A: Ok, ja.
12	B: Und bei da Infrarotstrahlung hab i an die Infrarotkabine denken müssen.
13	A: Mhm.
14	B: Und Infrarotstrahlung hat wahrscheinlich mit Wärme zu tun, weil ja.
15	A: Mhm.
16	B: Und Ultraviolette Strahlung hab i net so gwusst was des is drum hab i afoch nur Strahlen
17	gmalt.
18	A: Ok und wie glaubst du schauen die Strahlen aus, wennst da jetzt vorstellst ähm du
19	vergrößerst es mit einer Lupe zum Beispiel hat es noch irgendeine innere Struktur oder so?
20	Kannst du dir da irgendwas vorstellen du kannst es auch aufzeichnen wennst
21	magst(unverständlich). Is ka Problem, das is so improviert da is nix zum Schreiben
22	(unverständlich) als Unterlage.
23	B: (unverständlich) aus vielen kleinen Teilchen
24	A: Ja zeichne einfach auf wies das vorstellst.
25	B: Ok
26	A: Ja.
27	B: Oh Gott(lacht) ähh... kleine...kleine Teilchen halt.
28	A: Mhm, ok... und kann man die auch noch weiter vergrößern?
29	B: Ja, ka Ahnung. Wahrscheinlich also ... (unverständlich)
30	A: Ja.
31	B: I hab ka Ahnung.
32	A: Ok... und was glaubst du is die Strahlung so grundsätzlich, weil da hast schon gsagt eher
33	schlecht und so aber is Strahlung generell schlecht?
34	B: I glaub net.

35	A: Nein?
36	B: Weil die Sonnenstrahlung is ja a net schlecht und ohne Sonne wären wir ja net auf der Welt.
37	A: Und wie kommen da die Unterschiede zustande?
38	B: Zwischen was?
39	A: Warum is die eine Strahlung schädlich und
40	B: Weils wahrscheinlich... puh es gibt ja verschiedenste Arten von Strahlung
41	A: Mhm.
42	B: und die sind anders aufgebaut oder ka Ahnung oder strahlt was anderes aus.
43	A: Ok und woher weißt du das was du da jetzt alles gezeichnet oder wo hast des ghört?
44	B: Das hört ma immer wieder von der Mammographie und ähhm ja des (unverständlich)
45	Sonnenstrahlung(unverständlich)
46	A: Ok.
47	B: Infrarotkabine ja. Die hat mei Opa mal benutzt.
48	A: Vielen Dank.

**Interview 3.6.: DM650112, Dauer: 02min 38sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ähh ja in der ersten Zeichnung hab i die Sonne, die Mikrowelle und a Atomkraftwerk
03	gezeichnet.
04	A: Mhm.
05	B: Weil des waren die ersten drei Sachen die mir zum Strahlen eingefallen sind.
06	A: Mhm.
07	B: Des, weil i hab ma docht die ham Strahlen, Strahlung
08	A: Ja.
09	B: Bei Infrarotstrahlung hab i a Infrarotkabine gezeichnet, weil des immer wann i Infrarot hör
10	denk i ans Warme und Entspannende.
11	A: Mhm.
12	B: Und bei Ultraviolett hob i des mit der Sonne und die Strahlen gezeichnet weil irgendwann in
13	Physik ham ma des gmocht letzts Jahr das nur die blauen UV-Strahlen irgendwie
14	durchkommen und deswegen der Himmel blau is.
15	A: Mhm. Ok.
16	B: Irgendwie so(lacht)
17	A: Und was sind die roten Strahlen dann?
18	B: Ja weil die Sonne hat zwei Strahlen oder drei Strahlen... und i wollt afoch nur zeigen dass
19	nur die blauen durchkommen.
20	A: Ok. Mhm. Und warum sind die so gewellt, schauen die, sieht man das so oder?
21	B: Ahm. Gewellt weils bei der Zeichnung a so gewellt war und des hab i ma irgendwie so
22	gmerkt.
23	A: Mhm.
24	B: Und... Was net vielleicht das (unverständlich) die Atmosphäre durchkommen oder so(lacht).
25	I weiß net.
26	A: Und ahm...Was glaubst du wie is das mit der Farbe, wie hängt das mit der Farbe
27	zusammen?
28	B: Vo welche Strahlen?
29	A: Genau. Warum die blau und rot... wie hängt das Strahlung und Farbe zusammen? Weißt du
30	das?
31	B: Na des weiß i net(lacht).
32	A: Ok, ok aso und grundsätzlich das habts in der Schule einfach gmacht?
33	B: Genau.
34	A: Und diese...weißst das?
35	B: Die Strahlung des waren afoch drei Dinge die ma...als erstes eingefallen sind.
36	A: Ok, ok. Und weißt du kannst da vorstellen is Strahlung eher schädlich oder gibts da
37	Unterschiede?
38	B: Ja aso UV-Strahlung is schon schädlich wenn ma sich net schützt.
39	A: Mhm.
40	B: Mikrowellen is eigentlich a alles schädlich(lacht) eigentlich is alles schädlich was i
41	zumindest aufgezeichnet hab.
42	A: Ok, auch die Sonnenstrahlung?

43	B: Ja, also die UV-Strahlung logischerweise weil des is ja...des verbrennt ja praktisch die Haut.
44	A: Mhm. Wie hängt jetzt Sonnenstrahlung mit UV-Strahlung zusammen?
45	B: Sonnenstrahlung und UV-Strahlung? Die Sonne...hat, keine Ahnung(lacht) also man hört
46	immer das von der Sonne die UV-Strahlung kommt.
47	A: Mhm, ok.
48	B: Weiß net...wahrscheinlich durch Medien und so.
49	A: Ja, ok, dankeschön.

## Interviews der Klasse 4 (BG/BRG, 9. Schulstufe)

### Interview 4.1.: DM650113, Dauer: 02min 39sek (männlich)

01	A: Kannst du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also bei der Strahlung ein Atomkraftwerk
03	A: Ja.
04	B: Ähnm...und dann hab ich einen Pfeil gemacht als...ähm...als Deutung auf das atomare
05	Strahlung zu Leukämie führen kann.
06	A: Mhm.
07	B: Durch den Überschuss im Blut und die in den Leukozyten.
08	A: Ja.
09	B: Und den Krebs hab ich halt als Tier dargestellt
10	A: Ok.
11	B: weil ich nicht wusste was ich zeichnen soll. ...Bei der Infrarotstrahlung hab ich...so Art
12	Wellen gemacht...und ähm hab halt auch gezeichnet dass die Fernsteuerungen und
13	Fernbedienungen sind.
14	A: Mhm.
15	B: Und...ähm...bei Ultravioletter Strahlung hab ich die Erdung mit der Erdatmosphäre gmacht...
16	also gezeichnet und...ähm dass die UV-Strahlung halt auf die Erde doch kommt und das kann
17	halt dann zu Hautkrebs und generell zu
18	A: Mhm, mhm darf ich da nachfragen wieso du da ähm die Wellen so zeichnet hast und da
19	anders...zum Schluss?
20	B: Na...weil das hab ich mal in Physik ghört, dass Infrarotstrahlung weitergeht...also quasi in
21	langen Wellen oder so und da hab ich das
22	A: Also das is jetzt in der Entfernung...von da kommens oder wie?
23	B: Ja.
24	A: Und die reichen weiter und
25	B: Ja.
26	A: Ok, ok...Und ähm du hast jetzt da eben die Strahlung is schädlich und da das schädigt auch
27	die Leukozyten und das is auch schädlich. Ähm is Strahlung generell schädlich? Weißt du das
28	oder gibts auch andere
29	B: Nein also Lichtstrahlung zum Beispiel, die ist eigentlich relativ hilfreich bei Lampen oder so.
30	A: Mhm. Und kennst du noch andere Strahlungsarten?
31	B: Ja Röntgenstrahlung zum Beispiel.
32	A: Ok, wie is es bei der Strahlung is die schädlich?
33	B: Ja sie kann schädlich sein aber man bekommt ja da wo die Strahlung nicht hingelangen soll
34	einen Bleischutz oder einen weiteren Schutz.
35	A: Mhm.
36	B: Und halt auch ähm die Frauen wenn sie schwanger sind können sie in Karenz gehn...die
37	Assistentinnen.
38	A: Ja, und woher weißt du das was du da, oder was dir eingefallen is?
39	B: Woher ich das weiß?
40	A: Genau. Hast du das glernt oder?
41	B: Na das hab ich einfach, also bei Strahlung fällt ma die atomare Strahlung als erstes ein, weil
42	man das in den Medien hört.
43	A: Mhm.
44	B: Und, ähm ja das Andere einfach so aus dem Gedächtnis.
45	A: Super, dankeschön.

**Interview 4.2.: DM650114, Dauer: 03min 21sek (weiblich)**

01	A: Kannst du beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: (lacht) ähm i weiß net, wo soll i anfangen?
03	A: Wo du willst?
04	B: Also...ja die Ultraviolette Strahlung hab i ma halt dacht kommt von der Sonne aus.
05	A: Mhm.
06	B: Und, ähm das halt die Atmosphäre vo der Erde ähm halt vor...davor schützt a wenig.
07	A: Mhm.
08	B: Und das die halt a Wärme erzeugt wegen, weshalb halt die Vegetation möglich is halt.
09	A: Mhm.
10	B: Ja...und das die halt wieder abgestrahlt wird von der Erde
11	A: Mhm.
12	B: Aber a gewisse Strahlung bleibt halt innerhalb der Atmosphäre
13	A: Ja.
14	B: ja was halt a fürn Klimawandel dann.
15	A: Mhm.
16	B: (lacht)
17	A: Ja, ja.
18	B: Ja.
19	A: Und is das dieselbe Strahlung die abgestrahlt wird? Oder eine Andere?
20	B: Ähm...i glaub a Andere
21	A: Mhm.
22	B: ...ja i glaub eher das dann Wärmestrahlung is vielleicht(lacht).
23	A: Mhm, ok.
24	B: Ja.
25	A: Wo hast das gehört, oder woher weißt du das? Habt ihr das glernt oder?
26	B: Ja also... ..ja.
27	A: In der Schule.
28	B: Ja(lacht)
29	A: Ok, mhm...und bei der Infrarotstrahlung?
30	B: I hab ma dacht des is eher Wärmestrahlung(lacht).
31	A: Mhm.
32	B: Und das die vielleicht gut für Wachstum und Vegetation is.
33	A: Mhm, ok. Und...also wenn ich mir die zwei Strahlen jetzt anschau...die sind ein bissl anders
34	gewellt als die. Hat das irgendeine bedeutung oder?
35	B: Ja, i weiß net genau(lacht) obs stimmt. I hab ma docht san kürzer
36	A: Mhm.
37	B: Strahlen.
38	A: Ok, ja...Ok und was da gelbe Strahlung allgemein?
39	B: Ja das die Strahlen dann halt wieder reflektiert wird.
40	A: Mhm.
41	B: Aber das a gewisser Teil a in dem Objekt bleibt.
42	A: Mhm, ok. Und wenn ich jetzt schau das is eine andere Wellenlänge als das und das...oder,
43	weil das sind so große Wellen und dann is viel kleiner...oder?
44	B: Des war net beabsichtigt(lacht).
45	A: Ok, ok, gut. Und wie is das mit der Strahlung weißt du das is die sichtbar oder unsichtbar,
46	gibts da Unterschiede?
47	B: I, also unsichtbar.
48	A: Mhm.
49	B: Ja.
50	A: Alle Strahlungsarten die es so gibt...oder fang ma mal an. Kennst du noch andere
51	Strahlungsarten außer Infrarot und ultraviolette Strahlung?
52	B: Ähm...atomare Strahlung.
53	A: Mhm. Ok.
54	B: Ähm...na sonst net.
55	A: Mhm, ok ok...und ist Strahlung generell sichtbar oder unsichtbar weißt du das?
56	B: I würd sagen unsichtbar, aber vielleicht durch die Wärmeentwicklung neben der Strahlung
57	wirds halt spürbar.
58	A: Mhm. Ok, gut, vielen Dank, dankeschön.

**Interview 4.3.: DM650115, Dauer: 02min 43sek (männlich)**

01	A: Kannst du beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ähm, prinzipiell amal von Strahlung gibts ja viele verschiedene Arten
03	A: Mhm.
04	B: also Strahlung kann man jetzt net so genau definieren.
05	A: Mhm.
06	B: Da miasat ma eben do kann do kann i besser ähm wissen was i zeichna soll.
07	A: Mhm, ja.
08	B: Weil ahh, was wos für a Strahlung
09	A: Ja.
10	B: ähm jo...Fernseher ähm (unverständlich) Infrarotstrahlung um umzuschalten und einzuschalten und auszumschalten...ähm...i glaub bei der Aussag (unverständlich) Infrarotstrahlung sehng kennan bin i ma jetzt net so ganz sicher owa i glaubs fast scho.
11	A: Mhm.
12	B: Und ja do oben des soll
13	A: Also wie du hast gmeint wahrscheinlich im Gegensatz zu uns oder?
14	B: Ja genau.
15	A: Ja ja.
16	B: Und ja bei da ultravioletten Strahlung... ja de kennen eben des menschliche Auge kann de net wahrnehmen
17	A: Ja ja.
18	B: und da (unverständlich) hob dann gmant ähm die Ozonschicht schützt ja die Erde vor der UV-Strahlung
19	A: Mhm.
20	B: des merkt ma a. Die UV-Strahlung zersetzt zum Beispiel Kunststoff und
21	A: Mhm, ja.
22	B: sonstige verschiedene Sachen halt...ja.
23	A: Ok und also das heißt du hast bei Strahlung generell quasi auch von den anderen was hingezeichnet
24	B: Ja.
25	A: dasselbe wie drüben.
26	B: Ja äh die Infrarotstrahlung is ja ganz links
27	A: Ja ja.
28	B: (unverständlich) ganz rechts im Strahlungsspektrum, Lichtspektrum wie man des nennt.
29	A: Ja genau. Ok und wie passen die anderen Strahlungsarten
30	B: Ähm die anderen Strahlungsarten san verschiedene, also des hat ja a mitn Licht zu tun.
31	Radioaktive Strahlung is a a Form vo Strahlung eigentlich
32	A: Mhm.
33	B: des menschliche Auge nimmts net wahr und da Mensch eigentlich selber nimmts direkt jetzt a net wahr
34	A: Mhm.
35	B: später halt.
36	A: Ok.
37	B: Ja.
38	A: Und weißt du das, gibts also du hast jetzt schon gsagt dass die eben schädliche Wirkung hat die UV-Strahlung...Gibts is jede Strahlung schädlich oder gibts da auch Unterschiede?
39	B: Also wenn ma jetzt zum Beispiel die Sonnenstrahlung net hätten...det ma ja net Leben können
40	A: Mhm.
41	B: eigentlich.
42	A: Genau, genau.
43	B: Also wir brauchen, prinzipiell brauch ma schon Strahlung aber es gibt einzelne Arten vo Strahlung die ma net brauchen.
44	A: Mhm, und kannst du hast du eine Ahnung warum manche Arten von Strahlung eben schädlich sind und manche nicht?
45	B: Ähm, na(lacht).
46	A: Ok. Mhm. Und woher weißt du das generell was du da aufgezeichnet hast?
47	B: Ähm, ja i interessier mi halt für Physik.
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	

58	A: Ok.
59	B: Ja.
60	A: Also hast daheim?
61	B: Ja i hab daheim drüber was glesen.
62	A: Ok. Und im Unterricht habs irgendwas dazu ghört?
63	B: Jo voriges Jahr ham ma do mal was gmocht aber...ja des war nur relativ wenig.
64	A: Ok.
65	B: Nur halt zum Licht glaub i war des (unverständlich)
66	A: Mhm. Eh in Physik wahrscheinlich.
67	B: Ja in Physik.
68	A: Ok, super, vielen vielen Dank.

**Interview 4.4.: DM650116, Dauer: 02min 02sek (männlich)**

01	A: Bitte erklär ma was du gezeichnet hast wenns geht?
02	B: Ähm afoch Strahlung weil i glaubt hab Strahlungen können ja durch Wänd und sowas geh
03	deswegen afoch (unverständlich)
04	A: Mhm. Ja.
05	B: (lacht) mhm... .. ja manche san schädlich.
06	A: Ok, welche sind schädlich?
07	B: (unverständlich)
08	A: Mhm... und bei Strahlung generell is nur die Sonnenstrahlung oder gibts da andere
09	Strahlungen?
10	B: Na gibt mehrere also zum Beispiel Atom.
11	A: Mhm.
12	B: (unverständlich)
13	A: Mhm.
14	B: (unverständlich)
15	A: Ok, und hat das irgendeinen Grund warum die Strahlen da so gebogen sind und da eher
16	grad oder mehr oder weniger?
17	B: (unverständlich)
18	A: Und warum hast die so gezeichnet und die eben anders(lacht)?
19	B: Ähm.
20	A: Was was hat, wie versteht man das?
21	B: (unverständlich)
22	A: Und ähm, wennst da jetzt einen Strahl raus nimmst und vergrößern würdest mit der Lupe,
23	so ein kleines Stückerl.
24	B: Ja.
25	A: Ähm, kannst das aufzeichnen wie das das dann ausschauen würd.
26	B: (Kugelschreiber klickt) ...Ja... größer wahrscheinlich... so.
27	A: Mhm. Ok. Gut. Und woher weißt du das?(unverständlich)
28	B: (unverständlich) kriegt ma manchmal mit vom Fernseh oder so.
29	A: Ok. Und in der Schule habts da schon mal was über Strahlung
30	B: Na, na.
31	A: habs nu nix. Ok. Gut und wie is das? Is Strahlung eigentlich sichtbar oder unsichtbar?
32	B: Unsichtbar.
33	A: Jede Strahlung oder gibts da auch Unterschiede?
34	B: UV kannst auf jeden Fall net sehn.
35	A: Mhm.
36	B: Und (unverständlich) Strahlung i was net (unverständlich)
37	A: Jaja, ok, gut. Dann vielen Dank, dankeschön.

**Interview 4.5.: DM650117, Dauer: 01min 55sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir auch beschreiben was du gezeichnet hast? Bitte.
02	B: Ähm...ja also bei der Strahlung hab i ma irgendwie docht Strahlung is eigentlich
03	allgegewärtig und so und deswegen hab (unverständlich) angemalt.

04	A: Mhm.
05	B: Und die Infrarotstrahlung is irgendwie für mi mehr und wärmer
06	A:Mhm.
07	B: als die Ultraviolett deshalb hab i da irgendwie a Kurven die was für mi nach oben geht.
08	A: Mhm.
09	B: Bei da Ultravioletten nach unten.
10	A: Ok. Und wenn du jetzt dir vorstellst du nimmst ein kleines Stückerl aus dem Raum. Was
11	allgegenwärtig Strahlung ist und vergrößerst das. Kann man dann irgendwelche, irgendwas
12	sehn? Hats dann irgendeine Struktur kannst das vielleicht aufzeichnen wies dann ausschaut
13	wenn ich vergrößer?
14	B: Also wann i was vergrößer was eigentlich alles is?
15	A: Naja, wenn ich, genau wenn ich die Strahlung sieht man da irgendwelche, irgend eine
16	innere Struktur von der Strahlung oder?
17	B: Naja sie hat a größeres Spektrum(unverständlich)
18	A: Mhm.
19	B: Es amol so oder so sein irgendwie (unverständlich)
20	A: Mhm. Ok. Ja. Und sowas füllt dann den ganzen Raum?
21	B: Ja.
22	A: Mhm. Und welche Arten von Strahlung gibts da?
23	B: Ja.
24	A: Oder is das alles dasselbe oder?
25	B: Na für mi gibts da irgendwie so...ka Ahnung. Ois was (unverständlich) Strahlung für mi i
26	weiß net.
27	A: Mhm.
28	B: Zum Beispiel Wärme is a Strahlung.
29	A: Jaja.
30	B: Und des is dann für mi eher so klaner is.
31	A: Ja.
32	B: Und zum Beispiel Licht is für mi weniger greifbar als Wärme und deswegen
33	hob(unverständlich)
34	A: Mhm mhm...Und woher weißt du das? Habts ihr das in, hast du das irgendwo ghört oder is
35	das Intuition?
36	B: I glaub so a Mischung aus beidem.
37	A: Mhm...also in der Schule habts da schon mal was?
38	B: Ja letztes Jahr ham ma irgendwas gmacht aber i weiß nimmer so genau.
39	A: Ok ok.
40	B: Aber halt so ungefähr.
41	A: Mhm. Super. Vielen Dank.

**Interview 4.6.: DM650118, Dauer: 02min 12sek (männlich)**

01	A: Kannst auch du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja. Eher vo Strahlung im atomaren Sinn
03	A: Mhm.
04	B: das ma...des strahlt(lacht)
05	A: Ja.
06	B: Und, bei Infrarot die Wärme.
07	A: Mhm.
08	B: Das des generell ausbreitet und bei der UV-Strahlung halt die UV-Lampe das die
09	ultraviolette Licht strahlt.
10	A: Mhm. Also is das jetzt ein Atom oder?
11	B: Äh Uranium oder so
12	A: Ja ok.
13	B: eine radioaktive Substanz.
14	A: Ja ok. Und bei der Infrarotstrahlung. Was ist das dann?
15	B: Ähm. Eher so wie...äh...zum Beispiel eine Infrarotkabine wo des Wärme ausstrahlt.
16	A: Mhm, ok. Und hab ich da auch irgendeine Quelle wie das, irgendein Material, wie ist das?
17	Weißt du das?
18	B: (lacht)

19	A: Ok. Und ähm wie ist das mit Strahlung is die eher schädlich oder nicht weißt du das gibts da
20	Unterschiede?
21	B: Ja is scho mehr schädlich.
22	A: Jede Strahlung oder gibts da Unterschiede?
23	B: I glaub da gibts Unterschiede. Zum Beispiel radioaktive Strahlung is sehr schädlich.
24	A: Mhm.
25	B: Und UV-Strahlung is is a net grad des beste.
26	A: Ok.
27	B: Ja es is a jede schädlich aber net alles gleich.
28	A: Ok. Und gibts noch andere Strahlungsarten fällt da sonst noch was ein?... ..Außer
29	radioaktiv, Infrarot und Ultraviolett?
30	B: Des Licht, Strahlung
31	A: Ja...(B überlegt)... und woher weißt du das wo hast du das schon mal ghört oder?
32	B: Ja des sieht ma sowas im Fernseh oder in da Zeitung oder so.
33	A: Mhm. Ok. Und in der Schule habts da das Kapitel oder habts da mal was drüber ghört?
34	B: Net wirklich, also nur a bissl a net wirkli, also net ins Detail.
35	A: Ok. Und was habts drüber glernt, weißt das noch oder?
36	B: Na des is scho länger her.
37	A: (lacht)Is scho länger her. Ok passt, gut, dankeschön.

**Interview 4.7.: DM650119, Dauer: 02min 39sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also i hab do zeichnet amol, also die verschiedenen zwei Strahlung das des solche also
03	Wellenlängen, weil i hab nix schreiben dürfen, deswegen hob i des versucht so auszudrücken.
04	A: Ja.
05	B: Und des waraten für mi eben Gammastrahlen gwesen
06	A: Mhm.
07	B: und a bei Röntgen und damit hob i gmant das weil da hab i was glesen das die irgendwie zu
08	ahm irgendwas überlegt gegen Krebs das ma des a das ma den Tumor damit zerstören könnt
09	A: Mhm.
10	B: und mit dem hätt i gmant des soll a Regenbogen sein weil es is ja Infrarot und ultraviolett
11	des hat mei Papa mal erklärt da war i nu ganz klein.
12	A: Mhm.
13	B: Ahm das des immer das ma des net sieht also do. Und das des so Microwellenstrahlen san.
14	Also i weiß net obs stimmt.
15	A: Jaja.
16	B: Und das die Sonne hot eben a Stahlung und mit dem hob i gmant dass eben ma sieht des
17	eben immer auf der anderen Seite vom Farbspektrum.
18	A: Mhm, mhm, ok...ok und was is das dann?
19	B: Des soll a Mikrowelle sein.
20	A: Ah ok. Und wieso sind da zwei Pfeile auf der Seiten?
21	B: Weil des also i war mir net sicher welches genau des jetzt is
22	A: Ok.
23	B: (unverständlich)
24	A: Ok ok und was sind die was sollen die zwei?
25	B: Des sollen die Wellen sein.
26	A: Ok das heißt die...sind die gleich oder?
27	B: Na sie ham net genau gwusst wie die ausschauen und deswegen hab i afoch nur als
28	Symbol für Wellen.
29	A: Okok.
30	B: I schätz amol die sollen net gleich sein.
31	A: Ok und was glaubst?
32	B: I weiß net vielleicht das irgendwie infrarot eher so eher so (unverständlich)
33	A: (rascheln) Kannst eh aufzeichnen.
34	B: Ok, danke. Das infrarot eher steiler is und ultraviolett eher so.
35	A: Ok, mhm, ja.
36	B: Weil eben rot afoch irgenwie für mi so intensiv sich anhört.
37	A: Ok, und woher weißt du das was da alles so zeichnet hast hast das?

38	B: Also ahm wir ham amal letztes Jahr Optik durchgmacht
39	A: Mhm.
40	B: und da ham ma a eben mit Licht und mit Strahlung und wir ham an Physiklehrer ghabt der a
41	bissl vom hundertsten ins tausendste kommen is. Und ahm jo und i hab eben daham a Buch
42	ghabt weil meine Eltern ham ma so Bücher gschenkt. I weiß net ob Sie die kennen? Des san
43	solche ahm Bibliothek heißen de. Ja da gibts über Menschen über Natur und sowas und da
44	war a was dabei über Licht und des hab i mir durchglesen.
45	A: Aha, ok, super. Also in der Schule habs es schon so amal angeschnitten?
46	B: Ja, aber.
47	A: Aber praktisch nicht genau besprochen.
48	B: Wie wir erfahren haben dass Sie da die Umfrage bei uns machen tun, hätten wir in Herrn
49	Professor gfragt dass er es uns erklärt aber hat gsagt er weiß dass sie eigentlich da net so gut
50	brauchen können.
51	A: Ja genau, des stimmt, das hat er gut gmacht.
52	B: Ja.
53	A: Ok, also passt. Vielen Dank.

## Interviews der Klasse 5 (BG/BRG, 12. Schulstufe)

### Interview 5.1.: DM650120, Dauer: 04min 30sek (weiblich)

01	A: Fang ma ganz leicht an, einfach beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ok. Beim ersten bei der Strahlung. Des is allgemein so das Strahlung sowohl als Welle als
03	auch Teilchen
04	A: Mhm.
05	B: Ahm...ja dargestellt werden kann.
06	A: Mhm.
07	B: Weil des ham ma eben in Physik scho glernt.
08	A: Ja.
09	B: Und ja das halt die Wellentheorie geben hat und auch die Teilchentheorie und
10	das im Endeffekt noch die Eine oder Andere bewiesen werden konnte ohne der Anderen.
11	A: Mhm.
12	B: Und deswegen eben beide gelten.
13	A: Ja.
14	B: Und da kommt ma eben in den Bereich der Physik wo man eben nichts mehr, eigentlich
15	nichts mehr darstellen kann.
16	A: Mhm.
17	B: Weil mans wie gesagt entweder so oder so darstellen kann und nicht als Ganzes und ich
18	weiß nicht wer das gsagt hat. Wenn man sichs vorstellen kann man es nicht verstanden hat.
19	A: (lacht) ok.
20	B: Irgendein Physiker. Ja. So viel zum ersten.
21	A: Und du hast da Unterschiedliche Wellen gezeichnet.
22	B: Ja.
23	A: Warum?
24	B: Naja weil die breiten sich ja nicht gleichmäßig aus.
25	A: Mhm.
26	B: Also i mein zwar räumlich gsehn eher gleichmäßig aber von der Intensität werdens ja
27	schwächer.
28	A: Ok. Das heißt zuerst sinds so und dann so oder wie?
29	B: Jaja zuerst werden sie stärker und dann werden sie schwächer je nachdem die wie weit sie
30	reichen.
31	A: Ok. Mhm. ... Bei da Infrarotstrahlung.
32	B:(lacht) Ähm naja i hab ma dacht das sind also ich verstehe grundsätzlich nicht ganz den
33	Unterschied zwischen den 3 Strahlungsarten also wie man es darstellen soll. Ich hab dann
34	alles als Welle dargestellt.
35	A: Mhm.
36	B: Und ich hab beim zweiten halt Intensität dazu gemacht bei manchen Stellen eben stärker is.
37	A: Mhm. Ok.
38	B: Weil eben mehr Strahlen ausgesendet werden.

39	A: Ok.
40	B: Und als Beispiel eben die Körperwärme.
41	A: Mhm.
42	B: Es gibt ja diese Infrarotkameras wo man eben genau erkennt wenn jemand also ein
43	Lebewesen wo ist
44	A: Jaja.
45	B: und das is ja auch aufgrund, und das sind dann rote Flecken und wo eben keine wärme ist
46	sinds eben kälter und das is weil da viel mehr davon da is.
47	A: Von der Strahlung?
48	B: Von der Strahlung.
49	A: Mhm. Ok. Und bei ultravioletter Strahlung?
50	B: Ja da hab ich nicht gscheit gwusst was ich noch dazu machen soll...mhm...ultraviolet is so
51	das man da gibts ja diese Stäbe die man...mit dem man also zum Beispiel Blut oder so finden
52	kann.
53	A: Mhm. Ja.
54	B: Ja.
55	A: Ok.
56	B: Ja das is dann auch schon ziemlich mein ganzes Wissen.
57	A: Ok, na das is eh viel. Und weißt du generell wie das is, ist Strahlung schädlich oder nicht
58	oder gibts da Unterschiede?
59	B: Ja radioaktive Strahlung
60	A: Mhm.
61	B: ja die is halt schädlich.
62	A:Mhm.
63	B: Ähm. ja nicht nur für den Menschen sondern auch für den Organismus also für die Pflanzen
64	für die Erde. Und vor allem auch für den ähm den Regen der dann daraus resultiert, und des
65	dann wieder für die Erde und wiederum für die Menschen.
66	A: Ja.
67	B: Ja...ja Strahlung ähm existiert also radioaktive Strahlung existiert ziemlich lang also hält
68	ziemlich lang an und man kann jetzt glaub ich noch immer in den Pilzen äh radioaktive
69	Strahlung also.
70	A: Ja.
71	B: Das Resultat davon nachmessen. Deswegen darf man Pilze auch nicht im Überkonsum
72	essen also zu sich nehmen.
73	A: Mhm. Ok. Und wie is das mit der Sichtbarkeit von Strahlung?
74	B: Naja eigentlich sieht mans ja also mit dem normalen Auge sieht mans nicht.
75	A: Mhm.
76	B: Nur durch eben technische Hilfsmittel kann mans sehn und auch Messgeräte.
77	A: Mhm. Und woher weißt du das alles was du jetzt erzählt hast und gezeichnet hast?
78	B: Naja so grundsätzlich also zum Beispiel die Theorien vom Unterricht.
79	A: Mhm.
80	B: Ähm so mit Radioaktivität das gehört zum Allgemeinwissen das man sowas weiß. Also
81	sowohl Schule als auch Fernsehen Bücher keine Ahnung irgendwie Allgemeinbildung.
82	A: Mhm. Ok. Dankeschön. Das wars schon wieder.
83	

**Interview 5.2.: DM650121, Dauer: 02min 07sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also i stell ma vor das die Strahlung in Wellen ausgesendet wird.
03	A: Mhm.
04	B: Ja und dann hob i ma gedacht das eben Sonnenstrahlung gibt also Wärmestrahlung und
05	das auch radioaktive Elemente strahlen.
06	A: Mhm. Ok. Und sind das alles dieselben Strahlen da
07	B: Ja des san alles Wellen.
08	A: Mhm. Ok. Ja. Gut. Bei da Infrarotstrahlung was
09	B: Jo da weiß i eigentlich nur dass es eben so a Infrarotlampe gibt die diese roten Strahlen
10	aussendet.
11	A: Mhm.

12	B: Und das wir Infrarot net sehn können eigentlich.
13	A: Ok.
14	B: Weils net in unseren Bereich is.
15	A: Ok.
16	B: Das ma des net sehn können. Und bei da Ultravioletten Strahlung die können wir auch nicht sehn, die kommt von der Sonne.
17	A: Mhm.
18	B: Und die ist eigentlich schädlich für uns.
19	A: Ja.
20	B: Aber Tiere zum Beispiel Bienen können das sehen.
21	A: Mhm. Und wie hängt jetzt die Farbe mit dem zusammen?
22	B: Mit was genau?
23	A: Na mit der Strahlung oder du hast gsagt rote Strahlen aber wir könnens nicht sehn wie ist das genau?
24	B: Ja weil die Wellenlänge irgendwie anders is.
25	A: Mhm.
26	B: Also wir können nur in gewissen Bereich von Wellenlängen sehn und der is glaub i darüber und der darunter.
27	A: Ja ja genau. Ok. Und wie hängt das jetzt noch mal mit der Farbe zusammen?
28	B: Pff. Naja. (lacht) Des weiß i gar net so genau.
29	A: Ok. Ja. Gut. Du hast schon gsagt ähm das die schädlich sind und so. Sind alle Strahlungsarten generell schädlich oder wie is das?
30	B: Mhm. I glaub wenn ma zu viel von was erwischt is es schon bei fast allen schädlich.
31	A: Ok.
32	B: Es kommt auf die Intensität drauf an.
33	A: Mhm. Ok. Und woher weißt du das alles?
34	B: Ausn Physik und Chemie Unterricht.
35	A: Ok habs das alles so durchgmacht?
36	B: Nur immer so am Rande also ganz genau damit beschäftigt ham ma uns nicht.
37	A: Ok, aber es is halt immer vorkommen?
38	B: Mhm.
39	A: Super, dankeschön.

**Interview 5.3.: DM650122, Dauer: 01min 50sek (weiblich)**

01	A: Kannst du einfach mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also bei da. Soll i hochdeutsch reden?
03	A: Brauchst nicht.
04	B: Ok. Also bei da ultravioletten Strahlung, weil halt die Bienen werden von dem angelockt vo de Blumen.
05	A: Mhm.
06	B: Deswegen hab i a Biene gezeichnet.
07	A: Ja. Also nochmal, die Blume sendet Strahlen aus oder wie?
08	B: Ja und des sehn die Bienen.
09	A: Ok. Ja. ...Gut.
10	B: (lacht) Ja.
11	A: Jaja eh passt eh. Ich hab nur nachgefragt.
12	B: Und bei da Infrarotstrahlung. Na da gibts ja Infrarotlampen.
13	A: Mhm.
14	B: Die ham a halt daham und deswegen setzt ma si drunter wann ma Schmerzen hat.
15	A: Mhm. Ok.
16	B: Und bei der Strahlung is ma halt die Sonnenstrahlung eingefallen.
17	A: Mhm.
18	B: Und halt die radioaktive Strahlung.
19	A: Ok.
20	B: Fukushima zum Beispiel.
21	A: Ja und grundsätzlich wie is das mit der Strahlung kann ma die sehn oder gibts da Unterschiede bei den verschiedenen Strahlungsarten?
22	
23	
24	

25	B: Naja es gibt Unterschiede, weil die so also Strahlung Infrarotstrahlung ma sieht des Licht
26	aber ma sieht net die Strahlungswellen.
27	A: Mhm.
28	B: Und es is ja bei jedem. Und die ultraviolette Strahlung können ja die Menschen net sehn.
29	A: Mhm.
30	B: Ja aber eben die Tiere.
31	A: Ja.
32	B: Weils a anderes Aufnahmevermögen haben.
33	A: Mhm.
34	B: Und bei da Sonnenstrahlung...naja Richtig die Wellen was das Licht aussendet sehn ma
35	net.
36	A: Mhm.
37	B: Wir sehn nur das halt wirklich a Strahlung gibt und zum Beispiel bei an Sonnenbrand ham
38	ma halt die Auswirkungen.
39	A: Jaja. Genau.
40	B: Also wir sehns indirekt.
41	A: Mhm. Ok. Und was du da alles gezeichnet hast bzw. gesagt hast woher weißt du das?
42	B: Naja i bin scho acht Jahre ins Gymnasium gegangen(lacht). Da kriegt ma a bissl was mit.
43	A: Ok also im Unterricht is das schon auch vorgekommen.
44	B: Ja. Genau.
	A: Ok. Super. Dankeschön

**Interview 5.4.: DM650123, Dauer: 02min 25sek (weiblich)**

01	A: Kannst amal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also eigentlich wollt i des umgekehrt zeichnen des spielt auf die Wellenlänge an und i glaub
03	aber das des Ultraviolette a geringere Wellenlänge hat.
04	A: Mhm.
05	B: Net so wie i es da zeichnet hab.
06	A: Ok.
07	B: Und ja unter Strahlung generell...wann ichs zeichnen muss san für mi afoch Strahlen und
08	wann i nur was damit assoziieren soll is des eben zum Beispiel Atomkraftwerke.
09	A: Mhm.
10	B: Und Sonnenstrahlung und solche Sachen.
11	A: Ok... .. Also wie is das jetzt es gibt verschiedene Strahlungsarten du hast jetzt schon ein
12	paar aufgezählt.
13	B: Ja des hängt halt von da Wellenlänge ab.
14	A: Ja.
15	B: Und i... das zum Beispiel weiß i net Radiosendungen arbeiten mit sowas(lacht).
16	A: Mhm. Ja.
17	B: Je nach dem welche Frequenz dann kennan de des dann (unverständlich) machen.
18	A: Jaja.
19	B: Und ja ganz ganz links is halt ultraviolett und ganz rechts is infrarot.
20	A: Mhm. Ok. Und wie hängt des jetzt mit der Farbe zusammen?
21	B: Also wir sehn des...Also wir kennens eigentlich gar net sehn...des ultraviolette und des
22	infrarot.
23	A: Mhm.
24	B: Aber...mhm...eh a mit da Wellenlänge oder net? Na... Also wir könnens net sehn aber i
25	glaub gewisse Tiere können zum Beispiel infrarot sehn.
26	A: Mhm.
27	B: I glaub Bienen oder so.
28	A: Ok. Mhm.
29	B: Und warum ma gewisse Farben sieht is halt afoch dass des die Wellenlänge gleich is und
30	des so absorbiert wird des Licht.
31	A: Mhm. Ok.
32	B: Aber warum jetzt ultraviolett. I habs eben mitn Namen das des rot und violett is.
33	A: Jaja. Ok. Und was du jetzt alles erzählt hast. Woher weißt du das? Wo hast du das gehört?
34	B: Ähm teilweise ausn hauptsächlich im eigentlich im Physikunterricht des mit de Wellenlängen
35	und der Einteilung und ausn Biologieunterricht des mit de Bienen.

36	A: Ok.
37	B: Und im Chemieunterricht wie des eben genau funktioniert weil ma jetzt erst Farben
38	durchgemacht haben.
39	A: Mhm. Ok.
40	B: Und da ham ma a a bissl drüber gredt welche Farben wir sehn und warum eben a und
41	(unverständlich)
42	A: Okok, super dankeschön.

**Interview 5.5.: DM650124, Dauer: 03min 00sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Mhm ja also bei Strahlung hab i die Sonne gezeichnet.
03	A: Mhm.
04	B: Weil halt bekannt ist allgemein bekannt is das es Sonnenstrahlungen gibt.
05	A: Ja.
06	B: Ja und ähm bei zum Beispiel bei infrarot und ultraviolett das man die Strahlung also das wir
07	sie als Menschen nicht wahrnehmen können.
08	A: Mhm.
09	B: Wir sie nicht sehen können.
10	A: Ja.
11	B: Ok da hab ich das jetzt mit Ultraschall verwechselt(lacht)
12	A: Ok.
13	B: Und ja und ich weiß glaub ich auch das man bei Handys zur also das man über infrarot
14	auch was schicken kann.
15	A: Mhm.
16	B: Bluetooth und infrarot gibts also bei früheren Handys. Ja und
17	A: Ok. Und wie hängt das jetzt mit der Farbe zusammen?
18	B: Naja ich weiß nicht i hab ma halt dacht des is...wenn das schon infrarot heißt dann wird die
19	Strahlung wahrscheinlich auch rot sein(lacht).
20	A: Kann man die dann sehn oder rotes Licht oder wie is des dann?
21	B: Also wir könnens nicht sehn aber wenn man sie sichtbar machen würde dann wirts
22	wahrscheinlich rot.
23	A: Ok, mhm.
24	B: Und bei ultraviolett is halt lila.
25	A: Ok. Und du hast das jetzt lauter so Strahlen gezeichnet.
26	B: Mhm.
27	A: Wenn man die jetzt vergrößern würd...ein Stück von dem Strahl.
28	B: Ok.
29	A: Kannst du das aufzeichnen wie es dann ausschauen würd?
30	B: Ok(lacht)... ..mhm... ja naja weiß net wahrscheinlich wieder Wellenförmig aber wir ham a
31	glernt das das Licht sich wellenförmig und ahm...wie heißt das andere?
32	...(Kugelschreiber klicken) Also es gibt zwei verschiedene Arten wie sich Licht ausbreitet aber
33	ich würd sagen auch wellenförmig.
34	A: Mhm. Ok. Und ähm wie is das jetzt du hast ähm Infrarotstrahlung, UV-Strahlung und gibts
35	noch andere Strahlungsarten auch?
36	B: Mhm.
37	A: Also Sonnenstrahlung hast zum Beispiel auch schon gsagt.
38	B: Ja ähm was gibts noch? ... .. Ich weiß nicht mir fällt nichts ein.
39	A: Zum Beispiel radioaktive Strahlung.
40	B: Aja stimmt radioaktive Strahlung ja.
41	A: Ok. Fallt da jetzt was ein(lacht).
42	B: Ahh(lacht) ähm ... na.
43	A: Und woher weißt du das alles was du da gezeichnet hast?
44	B: Also viel vom Physikunterricht.
45	A: Mhm.
46	B: Und so halt allgemein, was man halt hört.
47	A: Ok.
48	B: Ja.
49	A: Und wie is das im Physikunterricht vorgekommen?
50	B: Zum Beispiel wie sich Licht wellenförmig ausbreitet und mir fällt das andere net ein(lacht).

51	A: Ja.
52	B: Egal. Ich weiß nicht. Und ja des ham ma zum Beispiel dieses Jahr im Unterricht erst
53	durchgenommen.
54	A: Ok.
55	B: Ja und des Lichtspektrum ham ma auch durchgenommen. Von da halt.
56	A: Ok. Mhm. Super, dankeschön.

**Interview 5.6.: DM650125, Dauer: 04min 38sek (weiblich)**

01	A: Kannst du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also. Zwar wollt ich Strahlen zeichnen ich hab verschiedene gezeichnet so mit Wellenlänge
03	und da hab ich irgendwie an radioaktive Strahlung gedacht
04	A: Mhm. Ja.
05	B: Weil auch das Zeichen so ist das es nach außen geht. Ja oder auch an Signale.
06	A: Ja.
07	B: Die sich so weiterbewegen. Bei Infrarotstrahlung hab ich mir gedacht das die Wellenlänge
08	einfach größer ist als wie bei ultravioletter Strahlung. Aber ich wusste auch nicht ganz genau
09	obs Wellenlängen sind oder ob sie sich auch im Kreis bewegen oder ob das dasselbe ist.
10	A: Ok. Und warum hast du die unterschiedlich groß gezeichnet?
11	B: Ich glaub das war ein Fehler von mir.
12	A: Aso.
13	B: Ahm. Ja zuerst hab ich gedacht es wird weniger aber dann hab ich mir dacht nein bei der
14	ultravioletten Strahlung is weniger worden.
15	A: Mhm. Ok. Ok.
16	B: Ja.
17	A: Und wenn du dir jetzt so ein Stück, das da vergrößern würdest.
18	B: Ja.
19	A: Ah kann man das noch irgendwie aufzeichnen hat das noch eine Struktur weißt du das?
20	B: Ahm vielleicht sinds Wellenlängen(Kugelschreiberklicken) aber eigentlich müsstens schon
21	Wellenlängen sein, oder?
22	A: Na wie stellst da du vor wie dieses Stück zum Beispiel ausschaut wenn ichs vergrößere?
23	B: Naja außer Wellenlängen würds ja keinen Sinn ergeben... .. Nein es sind Wellen, ich würds
24	ma als Wellenlängen vorstellen.
25	A: Zeichnest mas auf?
26	B: Ups gehts?
27	A: Jaja.
28	B: So.
29	A: Ok. Und du hast jetzt also quasi wir ham über infrarot und ultraviolette Strahlung geredet
30	und radioaktive Strahlung hast auch noch gsagt.
31	B: Ja.
32	A: Gibts sonst auch noch andere Strahlungsarten oder?
33	B: Mhm. Ja eh bei der radioaktiven, alpha, beta und gamma Strahlen.
34	A: Mhm. Ok.
35	B: Ja aber ich bin nicht so super in Physik aber ist das nicht nur dass sich die Gammastrahlen
36	wellenförmig durch alles bewegen können?
37	A: Und die anderen meinst nicht oder?
38	B: Na die müssen sich auch wellenförmig weiterbewegen.
39	A: (Lacht).
40	B: Ja. Ja aber die Gammastrahlen sind kürzer oder kleiner.
41	A: Ham eine kleinere Wellenlänge.
42	B: Ja.
43	A: Mhm. Ja. Und weißt du wie das ist ähm mit der Sichtbarkeit? Sind die sichtbar oder
44	unsichtbar? Die verschiedenen Strahlungsarten.
45	B: Ahm. Die Ultraviolet ist für uns nur durch Sonnenbrand sichtbar glaub ich.
46	A: Mhm.
47	B: Also als Folge.
48	A: Ja.
49	B: Und Infrarot ist glaub ich auch nicht sichtbar für uns oder na.
50	A: Und gibts irgendeine Strahlung die sichtbar ist oder nicht?

51	B: Sonnenstrahlung, Licht zum Beispiel ja.
52	A: Mhm. Ok. Und sind alle Strahlungsarten eigentlich schädlich?
53	B: Ahm. Naja. Für uns zum Beispiel Alphastrahlung ja noch nicht so schädlich, wie bei
54	radioaktiver Strahlung. Beta könnt ma auch noch aufhalten aber Gammastrahlen nicht und bei
55	ultravioletter Strahlung könnt auch für uns gefährlich werden.
56	A: Mhm.
57	B: Ich glaub infrarot nicht so.
58	A: Mhm. Und woher weißt du das alles was du mir erzählt hast oder?
59	B: Naja, wenn ich mal in Physik aufgepasst hab(lacht). Dann...ja also in Physik ham ma das
60	besprochen.
61	A: Ok. Und in welchem Zusammenhang oder wie war das?
62	B: Naja wir ham radioaktive Strahlungen besprochen. Ultraviolet ham ma letztens in Chemie
63	und in Bio besprochen.
64	A: Mhm.
65	B: Unterschiedlich halt wie sich auf ahm in Bio ham ma mit Krebszellen besprochen.
66	A: Mhm.
67	B: In Chemie ham mas mit der Umwelt besprochen mit dem Ozon und Licht oder so.
68	A: Mhm.
69	B: Und Infrarotstrahlung kenn ich eigentlich wirklich nur vom Handy.
70	A: Ok.
71	B: Also na nicht vom Handy also Infrarot nein nein das war was tschuldigung das war falsch
72	oder? Was hats denn früher noch außer bluetooth geben?
73	A: Na eh infrarot.
74	B: (Lacht)
75	A: Hat deine Kollegin auch erwähnt vorhin aber passt schon.
76	B: Es gibt auch so infrarot rote Lichter oder?
77	A: Die Infrarotlampe gibts zum Beispiel.
78	B: Wofür braucht man die?
79	A: Also man verwendets eigentlich wann ma Schmerzen hat zum Beispiel. Weils einfach
80	wohltuend ist.
81	B: Ah ok.
82	A: Die Infrarotkabine wär auch so ein Beispiel.
83	B: Und die ist wärmend?
84	A: Genau also einfach durch die weil höhere Energie hat die Strahlung dadurch bekommts
85	wärme. Is warm halt am Körper und wirkt schmerzlindernd.

## Interviews der Klasse 6 (BG/BRG, 12. Schulstufe)

### Interview 6.1.: DM650102, Dauer: 04min 23sek (weiblich)

01	B: Also i bin jetzt im schnell Formulieren nicht so gut aber wenn ich jetzt a bissl überleg.
02	A: Überhaupt kein Problem, kein Problem. Ahm ich würd dich einfach amal bitten dasd ma das
03	einfach beschreibst was du gezeichnet hast?
04	B: Ok. Ahm also Strahlung ist eher was imaterielles und ahm es ist dreidimensional und es ist
05	so wie Wellen.
06	A: Mhm.
07	B: Das ist der dreidimensionale Raum sozusagen.
08	A: Ja.
09	B: Und die gehn halt also auseinander und dann ineinander und dann wieder auseinander.
10	A: Ok.
11	B: Und wenn sie sich sie können sich dann zum Beispiel überlagern (unverständlich)
12	Wellenberge.
13	A: Mhm.
14	B: Und ähm hier hab ich dann eben bin ich ins Atom eingegangen sozusagen.
15	Infrarotstrahlung das ist ähm also eine lange Wellenlänge aber eine niedrige Amplitude das
16	heißt das hat weniger Energie und deshalb springen die Photonen die ja Quanten sind ahm
17	kurze Abstände und damit nur wenig Energie abgegeben. Bei da ultravioletten Strahlung is es
18	genau das Gegenteil das die Elektronen viel Energie aufwenden müssen damit sie weit aus
19	dem Kern herausspringen können und das ist dann hochfrequent mit einer großen Amplitude.

20	Ahm... Genau und hier hab ich die Bewegung gezeigt das heißt des ist in Verbindung mit der
21	Wärmestrahlung. Das heißt wenn sich, Bewegung ist gleich Wärme und je mehr sich die
22	Atome bewegen desto mehr Energie ist vorhanden.
23	A: Mhm.
24	B: Und desto äh größer ist die Amplitude von Strahlung. Also es hängt Wärme und Licht hängt
25	zusammen.
26	A: Ok. Und ähm wie hängt das mit der Farbe zusammen?
27	B: Also Farbe ist Farbe ist die emittierte Strahlung sozusagen und das was absorbiert ist das
28	Gegenteil von der Farbe. Das heißt rotes Licht...eigentlich is grünes Licht... ...da wird eher
29	rotes Licht emittiert.
30	A: Mhm.
31	B: Und ähm das heißt grünes Licht wird absorbiert und das ist dann eigentlich sollte es viel
32	Energie haben weil sie nein(lacht) Gegenteil es hat nicht wenig Energie sondern es gibt viel.
33	Und hier ist (unverständlich) die Komplementärfarbe hier wird gelbes Licht absorbiert und
34	violettes Licht emittiert.
35	A: Mhm. Ok. Und woher weißt du das alles?
36	B: Ich hab eine vorwissenschaftliche Arbeit über Quantenphysik.
37	A: Ok.
38	B: Und außerdem interessiert mich interessiert mich wirklich viel wie sich Strahlung im Raum
39	fortbewegt weil es ist ja immateriell und was ist es dann eigentlich.
40	A: Ja.
41	B: Eigentlich ist es der Weg der Energie.
42	A: Also hast du dich selber damit beschäftigt?
43	B: Ja es hat es hat mich besonders diese Struktur interessiert wie das funktioniert.
44	A: Wie bist du auf das gekommen das du dich mit dem beschäftigt?
45	B: Ähm das ist ein bisschen weit hergeholt aber also ich bin halt in der Kunst begabt mich
46	daher mit "Zen" beschäftigt und wir haben eine sehr gute Physiklehrerin einmal gehabt und die
47	hat eben Philosophie, Zen, und Quantenphysik miteinander in Verbindung einmal gebracht
48	und das hat mich eben fasziniert und darauf hin hab ich mich mit der Quantenphysik
49	beschäftigt.
50	A: Ok.
51	B: Weil die so einen Kontrast zur klassischen Physik darstellt.
52	A: Na super, voll interessant. Dankeschön.

**Interview 6.2.: DM650103, Dauer: 02min 15sek (männlich)**

01	A: Kannst du mir mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ähm die verschiedenen Strahlungsarten also alpha, beta, gamma und wie man sie
03	abschirmen also das ma Alphastrahlung leicht abschirmen kann beta schwieriger und gamma
04	noch schwieriger.
05	A: Mhm.
06	B: Also gar nicht. Ahm. Das jeder Körper Infrarotstrahlung abgibt.
07	A: Mhm.
08	B: Und die UV-Strahlung von der Sonne.
09	A: Ok. Hat das irgendeine Bedeutung das du da so viele und die parallel gezeichnet hast oder
10	anders?
11	B: Na.
12	A: Ok. Und ähm, wenn du dir jetzt so ein Stück von dem Strahl vergrößern würdest hat noch
13	irgendeine innere Struktur kannst das vielleicht aufzeichnen? Wie das dann ausschauen würd?
14	B: Na das Infrarot ist kurzwelliger als ultraviolett.
15	A: Mhm.
16	B: Innere Struktur?
17	A: Einfach wenn du dir denkst du nimmst den Strahl und ein kleines Stück davon vergrößerst
18	wies dann ausschaut.
19	B: So.
20	A: Ok. Und im Gegensatz dazu wenn du das vergrößerst? Ok. Passt. Und was hast du da was
21	hast da geschrieben?
22	B: Ja das wollt ich die Reaktion oder den Prozess aufzeichnen aber mir is dann nimmer alles
23	eingefallen und dann war die Zeit aus.

24	A: Ok. Ok. Ähm. Und du hast jetzt bei Strahlung allgemein eigentlich auf die radioaktive
25	Strahlung bezogen.
26	B: Ja.
27	A: Und gibts noch andere Strahlungsarten?
28	B: Ja sicher, jede Form von Licht ist Strahlung. Ähm Mikrowellenstrahlung, Radiostrahlung
29	also die Radiowellen.
30	A: Ok... Und wie is des mit der Strahlung is die eigentlich sichtbar oder unsichtbar?
31	B: Ja Licht ist sichtbar also für uns sichtbar. Ah man kann infrarot auch sichtbar machen.
32	A: Wie? Weiß du das?
33	B: Wie das funktioniert weiß ich nicht.
34	A: Ok. Und woher hast du das alles gehört was du jetzt mir erzählt hast oder was da gezeichnet
35	hast?
36	B: Ahm ja mi interessiert Physik generell sehr und natürlich im Unterricht.
37	A: Mhm. Ok. Gut dann vielen Dank.

**Interview 6.3.: DM650104, Dauer: 03min 32sek (männlich)**

01	A: Kannst du mir mal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Mhm, ahm. Also bei Strahlung, Strahlung kann man einteilen in Alpha- Beta und
03	Gammastrahlung.
04	A: Mhm.
05	B: Ahm. Bei der Alphastrahlung hab i an schweren Kern gezeichnet der beim Alphazerfall in
06	einen Heliumkern und einen kleineren Kern zerfällt.
07	A: Mhm.
08	B: Ahm...ja und dieser Kern hat eben vier Teilchen weniger also zwei Protonen, 2 Neutronen
09	weniger und beim Betazerfall hab i dann a Feynmandiagramm aufgezeichnet dazu. I weiß net
10	obs komplett richtig ist. Ahm.
11	A: Man erkennt zumindest.
12	B: Ok, ja. Ahm soll ichs genau beschreiben?
13	A: Na.
14	B: Ok.
15	A: Außer du willst noch irgendwas ergänzen?
	B: Na eigentlich net. Und beim Gammazerfall is ma dann ahm da hab i net wirklich Zeit mehr
	ghab und i war ma net ganz sicher obs ein Photon is des dabei ausgesendet wird oder obs ein
16	anderes Teilchen war.
17	A: Ok.
18	B: Ahm wars ein Photon?
19	A: Des könn ma dann.
20	B: Ok.
21	A: Aber ja red ma dann später.
22	B: Die Infrarotstrahlung. Die Infrarotstrahlung is ja Wärmestrahlung, kurzwellig oder so
23	aufgezeichnet.
24	A: Mhm.
25	B: Und des soll darstellen einen Körper der mit Infrarotstrahlung bestrahlt und dadurch wärmer
26	wird. Ich hab nicht gewusst wie ich das besser darstellen hab können.
27	A: Ja, super.
28	B: Und dann bei der ultravioletten Strahlung ahm die eben von der Sonne ausgesendet wird
29	und auf die Erde trifft und die eben langwelliger ist und...ja und infrarot- und ultraviolette
30	Strahlung liegen beide im nicht sichtbaren Bereich.
31	A: Mhm. Ok. Und wenn du dir jetzt ein Stück von der Strahlung da vergrößern würdest hat das
32	noch eine innere Struktur? Kannst du das aufzeichnen wie das da ausschauen würd? Mir is
33	egal.
34	B: Ahm... ..ahm...ja nachdems ja Strahlung ist und tritt ja eigentlich der sogenannte Welle
35	Teilchen Dualismus auf und da kann man dann net wirklich sagen obs a Welle oder a Teilchen
36	ist.
37	A: Mhm.
38	B: Es hat nämlich beide also Eigenschaften von beiden is aber nicht wirklich Teilchen und
39	auch nicht wirklich Welle. Und i weiß net wie ichs aufzeichnen könnte aber die Welle besteht ja
40	

41	eigentlich(unverständlich) das sich das Teilchen nach der Welle bewegt sondern die
42	Aufenthaltswahrscheinlichkeit von da dieser Strahlung ahm... .. aufzeichnen...
43	A: Im Prinzip du musst nix aufzeichnen weil das was du jetzt erklärt hast beschreibts eh sehr
44	gut das is nur immer es können halt viele nicht so gut erklären und drum frag ichs dann immer
45	und sie kommen dann durchs aufzeichnen auf deine Erklärung zum Beispiel.
46	B: Ok.
47	A: Aber nachdem dus schon im Vorhinein gsagt hast passts eigentlich eh auch so. Ahm und
48	woher weißt du das was du da alles gezeichnet und.
49	B: Ahm ausn Physikunterricht, aus eigenem Interesse und a paar Sachen aus meiner VWA die
50	i a in Physik geschrieben hab.
51	A: Ok, über was?
52	B: Über String-Theorie und Quantengravitation.
53	A: Ok. Super. Wahnsinn.
54	

**Interview 6.4.: DM650105, Dauer: 03min 00sek (männlich)**

01	A: Kannst du mir vielleicht beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Genau also auf der ultravioletten Strahlung hab i die Sonne gezeichnet.
03	A: Mhm.
04	B: Weil i eben bekannt is wann man weiß i net am Strand liegt oder so das da ultraviolettes
05	Licht ähh auf den Körper zum Beispiel einwirken(unverständlich) Symbole gezeichnet das von
06	da das UV-Licht ausgesendet wird und die langen Wellen weil eben ultraviolettes Licht
07	langwellig ist.
08	A: Mhm.
09	B: Die Infrarotstrahlung äh als Symbol die Fernbedienung weil jeder kennt und dabei die
10	kurzwelligen äh Strahlen der ultravioletten Strahlung und bei der Strahlung an sich ah hab i
11	dazu geschrieben es gibt Alpha-, Beta- und Gammastrahlung und diese Zeichen da hab i vor
12	ein paar Tagen ein Foto gesehen das es eben erstmals gelungen ist den Welle - Teilchen
13	Dualismus gleichzeitig auf einen Foto festzuhalten und i hab net genau gwusst wie des
14	ausgeschaut hat des Foto aber ungefähr so hat des aussgeschaut.
15	A: Ok.
16	B: Das Strahlung, Welle und Teilchen beide Eigenschaften zu Gleich hat und doch nicht eins
17	ist.
18	A: Ja. Und was bedeuten da die Farben? Weißt du das noch oder?
19	B: Des weiß i net.
20	A: Ok.
21	B: Also i habs jetzt grad nu mal nach geschaut wies wirklich ausschaut und es is hinten werden
22	die Wellen immer höher.
23	A: Mhm.
24	B: Und dann wirds immer blauer und vorn sinds eher niedrig die Wellen und eher rot. Aber i
25	glaub es is eben die des san die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten die Elektronen waren des
26	glaub i.
27	A: Mhm.
28	B: Und je bläulicher sie sind desto wahrscheinlicher sinds dort glaub ich so quasi.
29	A: Ok. Und du hast jetzt ahm den Strahlungsbegriff quasi auf die radioaktive Strahlung
30	beschränkt oder?
31	B: Na nicht beschränkt(unverständlich)
32	A: Das ist da mal(unverständlich) ok. Welche Arten gibts noch?
33	B: Äh ja ultraviolette Strahlung eben des Ganze Farb Lichtspektrum eigentlich. Des sichtbare
34	Licht gibts ultraviolette Strahlung, Gammastrahlung, Röntgenstrahlung, Infrarotstrahlung.
35	A: Mhm. Ok. Ja und wenn du dir jetzt die UV-Strahlung wenn du dir jetzt so einen Strahl ein
36	Stück davon her nimmst und vergrößern würdest. Hat der noch eine innere Struktur kann man
37	das irgendwie, kannst das vielleicht aufzeichnen wie das dann ausschaun würd? Wies das
38	vorstellst.
39	B: Die innere Struktur?
40	A: Na einfach, na i weiß ja nicht. Ich frag einfach wenn du dir vorstellst diesen Strahl den du da
41	gezeichnet hast, ein Stück davon vergrößern. Wie schaut das dann aus?
42	B: ...Im Prinzip genauso aus nur das die Aufenthaltswahrscheinlichkeitswelle dann noch mal
43	auf einen Teil zentriert ist.

44	A: Mhm.
45	B: Wir haben das in der Aufenthaltswahrscheinlichkeit für die Teilchen.
46	A: Ja.
47	B: Und das die eben in diesen Bereich sehr hoch ist. Auf den Ganzen auf der ganzen Welle
48	(unverständlich) Bereich wos wahrscheinlich und wos unwarscheinlich ist und da is eher
49	wahrscheinlich und am Rand wirds unwahrscheinlich.
50	A: Mhm. Ja. Super. Ah und woher weißt du das alles?
51	B: Vom Physikunterricht.
52	A: Ok.
53	B: Und vo, i interessier mi sehr dafür weil Fernsehsendungen, NTV oder Bücher.
54	A: Ok. Super.

**Interview 6.5.: DM650106, Dauer: 02min 35sek (weiblich)**

01	A: Kannst auch du mir beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: (lacht) Ja. I hab mir des so überlegt ah i hab mir die Strahlung i hab ma dacht des is so des
03	allgemeine, i hab ma des dacht. Und ahm i weiß net ob des stimmt aber i hab ma dacht
04	Infrarotstrahlung das des ahm wärmer ist als ultraviolette Strahlung und deswegen hab i des
05	ah kleinere Wellen gmacht und de ultraviolette Strahlung halt größer.
06	A: Mhm. Und wie hängt das mit der Farbe zusammen?
07	B: Ah. Eigentlich hab i ma nur dacht weil die Infrarotstrahlung rot ist und ultraviollet eben eher
08	dunkler.
09	A: Mhm. Ok. Und wieso ist die also von der Wellenlänge her ist das jetzt genau zwischen den
10	zweien.
11	B: Genau genau.
12	A: Weil wieso, wieso ist das so? Wieso hast du das so gezeichnet?
13	B: Ahm des hab i ma so überlegt das des Strahlung afoch allgemein ist und
14	deswegen(unverständlich) neutral.
15	A: Ok. Hast du ghört das verschiedene Strahlungsarten gibt.
16	B: Genau.
17	A: Und weißt du welche es noch gibt außer infrarot und ultravioletter Strahlung?
18	B: Ahm radioaktive Strahlung zum Beispiel.
19	A: Ok.
20	B: Oder ahm (lacht) was gibtsn nu alles ahm... .. i weiß jetzt sonst nix.
21	A: Ok. Es würd Röntgenstrahlung, Mikrowellen zum Beispiel. Und auf jeden Fall woher weißt
22	du das oder wo hast du das schon mal gehört?
23	B: In Physik.
24	A: In Physik habs des durchgemacht. Wie habs des unter welchen Aspekt oder war das
25	Kapitel Strahlung.
26	B: Ja genau.
27	A: Ok, ok. Gut.
28	B: I glaub letztes Jahr oder so ham ma des gmacht.
29	A: Ok. Und weißt du zufällig is Strahlung allgemein oder infrarot, ultraviolett ist sie sichtbar
30	oder unsichtbar? Oder gibts da Unterschiede?
31	B: Ah es gibt Unterschiede also zwischen sichtbar und unsichtbarer Strahlung. Ahm i glaub
32	Infrarotstrahlung kann man schon sehn. Oder?
33	A: Ok. Nicht ganz.
34	B:(lacht)
35	A: Na aber.
36	B: Ok.
37	A: Ok.
38	B: Ja.
39	A: Passt.

**Interviews der Klasse 7 (HLW, 9. Schulstufe)**

**Interview 7.1.: DM650089, Dauer: 03min 16sek (weiblich)**

01	A: Kannst du einfach beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also die Strahlung hier(unverständlich) also hier die Gelbe.
03	A: Mhm.
04	B: Infrarot hab ich mal gehört is nicht gut is für die Haut oder so.
05	A: Mhm.
06	B: Und dann hab ich (unverständlich) gezeichnet.
07	A: Mhm. Ok. Und was is das?
08	B: Ja das hab ich gedacht ist (unverständlich) ich hab ja gehört, dass es nicht gut ist für die
09	Haut bei Infrarot da hab ich rot gezeichnet.
10	A: Mhm.
11	B: Und dann hab ich gedacht wegen Quelle oder so.
12	A: Mhm. Ok.
13	B: Und hier hab ich auch irgendwie gedacht violette Quelle die auch nicht gut ist.
14	A: Mhm.
15	B: Strahlung.
16	A: Aber die Formen sind ja. Die Form von dem ist ganz anders als die.
17	B: Ja.
18	A: Hat das irgendeinen Grund oder?
19	B: Nein eigentlich nicht.
20	A: Weil das schaut ja so aus wie wens von da kommt und sich so ausbreitet.
21	B: Ja.
22	A: So. Aber da wo kommt die her oder wie is des bei dem? Bei der Strahlung?
23	B: Da hab ich einfach an eine Quelle gedacht hab ich einfach so gezeichnet.
24	A: Ok. Und zum Beispiel da sind so Punkte drinnen oder wie is das?
25	B: Ja so a Strahlung und dann gibts so nicht Nebel sondern, ich weiß nicht. Irgendwie noch
26	einfach noch Punkte.
27	A: Punkte drinnen okay also bei der Strahlung?
28	B: Ja.
29	A: Und wie is bei den zweien?
30	B: Bei den hab ich einfach nur gedacht es is einfach alles rot bei der zum
31	Beispiel(unverständlich)
32	A: Und wenn du dir jetzt vorstellst das wir uns ein Stück da mit der Lupe reingehn wie würds
33	dann ausschauen wenn ich das vergrößern würd ein kleines Stück kannst du das vielleicht
34	aufzeichnen? Wie du dir das vorstellst.
35	B: Einfach nur so ganz kleine Punkte hab ich gedacht.
36	A: Ja.
37	B: Und so.
38	A: Ok.
39	B: Und dann die ganz kleinen Punkte ergibt so ein ganzen(unverständlich)
40	A: Mhm. Ok. Und bei der Infrarotstrahlung?
41	B: Na da hab ich einfach alles rot gedacht(unverständlich)
42	A: Aber kannst du dir wennst da überlegst wenn ma das auch mit der Lupe anschaut wenn ma
43	das vergrößert wie is da auch ganz rot oder wie schaut das dann aus?
44	B: Da hätt ich auch irgendwie nur so ganz leichte Striche so.
45	A: Mhm.
46	B: Nicht wie nebelig(unverständlich)
47	A: Mhm. Ok.
48	B: Und das hab ich wie alles beide gedacht.
49	A: Ok. Mhm. Und woher weißt du das oder?
50	B: Das ist mir einfach so eingefallen.
51	A: Ok. Kannst du dich nicht erinnern ob du das schon mal gehört hast irgendwo?
52	B: Nur bei denen hab ichs gehört, dass eben halt nicht gut ist für die Haut.
53	A: Und wo hast du das gehört?
54	B: Von meinen Bruder, ich weiß nicht.
55	A: Nana ich frag nur. Und wie ist das jetzt mit der Farbe weil du hast das ja mit Farbe
56	gezeichnet in rot, ich will nur wissen, sieht man diese rote Farbe oder wie is das?
57	B: Ich glaube bei Infrarot sieht man es aber weiter weiß ich nicht(unverständlich).
58	A: Ok. Ok. Dankeschön

**Interview 7.2.: DM650090, Dauer: 02min 26sek (männlich)**

01	A: Ok. Kannst du auch einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Naja. Das also Strahlen wie bei einer Sonne eigentlich.
03	A: Mhm.
04	B: Aber (unverständlich) keine Sonne weil also nur Strahlen.
05	A: Ja.
06	B: (unverständlich) ein bisschen verwischt(unverständlich) sieht.
07	A: Mhm.
08	B: Bei Infrarotstrahlung (unverständlich) rot, ja infrarot.
09	A: Mhm.
10	B: Und ultraviolette Strahlung. I hab ka violett ghabt. Hab i afoch blau gnumma.
11	A: Mhm. Und du hast die jetzt unterschiedlich gezeichnet.
12	B: Ja.
13	A: Und warum hast du die so und die so?
14	B: I weiß net(lacht) i habs einfach gemacht.
15	A: Ok. Und bei dir jetzt genauso die Frage. Wenn du dir jetzt den einen Strahl da mit der Lupe anschauen würdest.
16	B: Würd man nicht mehr sehn.
17	A: Würd man gar nichts mehr sehn oder wie?
18	B: Nur Licht.
19	A: Nur Licht ok. Und wie würd das ausschauen? Kannst du das aufzeichnen?
20	B: Rot einfach.
21	A: Zeichnes mal auf wies dirs vorstellst? Is egal is natürlich kein Rot aber.
22	B: (zeichnet)
23	A: Ok.
24	B: (zeichnet)
25	A: Ok.
26	B: Einfach das rot ist und das Licht.
27	A: Und wenn ich jetzt das nochmal so ein kleines Stückerl herausnehm?
28	B: Würd man wahrscheinlich gar nix mehr sehn auch nur rote.
29	A: Also irgendwann kann man einfach nix mehr sehn?
30	B: Ja.
31	A: Und bei der UV-Strahlung?
32	B: Ich weiß nicht. Ich glaub dass man gar nichts.
33	A: Ok. Mhm. Und jetzt für uns ist das sichtbar oder nicht? Was glaubst du?
34	B: Ich glaub nicht.
35	A: Ok. Alle drei oder nur eines?
36	B: Mhm. Violett glaub ich nicht. Infrarotstrahlung glaub ich auch eher nicht und ich glaub eigentlich gar nichts.
37	A: Ok. Und was du da jetzt gezeichnet hast. Wieso hast du das gezeichnet hast du das irgendwo mal gehört oder woher weißt du das?
38	B: Ich hab gar net gwusst was ich zeichnen soll. I habs einfach zeichnet.
39	A: Also hast du noch nie irgendwas davon.
40	B: I hab an die Sonne gedacht und deswegen hab i des so.
41	A: Ok. Ok. Passt dankeschön.
42	
43	
44	

**Interview 7.3.: DM650091, Dauer: 02min 27sek (weiblich)**

01	A: Das ist dein Werk.(lacht) Kannst du einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	Einfach in Worten.
03	B: Also bei da Strahlung die Sonnenstrahlen das de von der Sonne halt zur Erde kommen oder so.
04	A: Mhm.
05	B: Bei da Infrarotstrahlung die Infrarotlampe oder so.
06	A: Mhm.
07	B: Und bei da ultravioletten Strahlung hab i net gwusst was das ist.
08	A: Ok. Hast das noch nie gehört den Begriff?
09	

10	B: Na.
11	A: Ok. Und ähm da sind noch so Punkterl was ist das?
12	B: Das ist die Erde.
13	A: Ok. Ok. Und das ist durchgestrichen oder?
14	B: Ja.
15	A: Warum hast des durchgestrichen?
16	B: Weil...da hat ma si net auskennt.
17	A: Ok. Ok. Das heißt erklärst ma das Bild vielleicht noch einmal genauer. Da ist ein Mensch
18	und.
19	B: (lacht) Des san de Schweißtropfen.
20	A: Mhm.
21	B: Und de Infraroten Strahlen halt.
22	A: Mhm. Die gehn vom Menschen aus oder.
23	B: Kommen von der Lampe(unverständlich)
24	A: Okok. Das heißt da sind rundherum quasi. Rundherum kommen die Strahlen.
25	B: Ja.
26	A: Ok. Und wieso hast das in drei Farben gezeichnet?
27	B: Mhm. Weil i ma denkt dass die infraroten Strahlen de Farben san.
28	A: Mhm. Ok. Kann ma des sehn oder?
29	B: Na.
30	A: Ok. Mhm. Und, wenn du dir jetzt kannst du dir also man kanns zwar nicht sehn aber kannst
31	du dir hast irgendeine Vorstellung wie jetzt diese Strahlen wenn mans vergrößern würd
32	ausschauen würd.
33	B: Ja dass halt so in de Farben san und...
34	A: Hams irgendeine Struktur oder so, kannst das vielleicht aufzeichnen wies das vorstellst?
35	B: I stellts ma so klein... So... halt so gerade vor... So...
36	A: Mhm. Ok. Super. Und woher weißt du das oder hast das irgendwo gehört weißt ich nicht?
37	B: Ja also bei aner Infrarotlampe siacht mas a a bissl.
38	A: Mhm. Ok. Passt, dankeschön.

**Interview 7.4.: DM650092, Dauer: 01min 41sek (weiblich)**

01	A: Kannst du einfach einmal in Worten beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also des soll a Sonne sei.
03	A: Mhm.
04	B: Also normale Strahlung, a Infrarotstrahlung is für mi also wann jetzt zum Beispiel das gibts
05	ja so a rote Lampe und wanns des wärmt halt.
06	A: Mhm. Soll das de Lampe sein? Mhm. Ok.
07	B: Und des ultraviolette Strahlung des weiß i net.
08	A: Ok. Mhm. Hast nicht gwusst. Ahm bei dem Bild hast du die Strahlen nur auf der Seite
09	gezeichnet. Hat das irgendeinen Grund?
10	B: Eigentlich net na.
11	A: Also geht das eigentlich rundherum oder wie ist das?
12	B: Na eigentlich nur von aner Seiten weil da kommt ja nur vo aner Seiten bei da Lampen.
13	A: Bei da Lampe ok. Mhm. Ok. Und ahm wenn du dir jetzt so einen Strahl da nimmst und dir
14	mit der Lupe anschauen würdest hat der irgendeine innere Struktur oder kannst du dir
15	vorstellen wie der ausschauen würd? Könntest das vielleicht aufzeichnen? Wies das du
16	einfach vorstellst.
17	B: ... .. I glaub der besteht aus Punkte.
18	A: Mhm. Dann zeichne auf wiest glaubst das ein so ein Stückerl vom Strahl ausschaut. Ok.
19	Und woher weißt du das? Oder generell was da zeichnest?
20	B: Afoch geraten.
21	A: Ok. Passt, dankeschön.

**Interview 7.5.: DM650093, Dauer: 01min 43sek (weiblich)**

01	A: Kannst du einfach mal in Worten beschreiben was du gezeichnet hast?
----	--

02	B: Also bei da Strahlung hab i a Sonne zeichnet, wegen der Wärme im Sommer.
03	A: Mhm.
04	B: Und bei da Infrarotstrahlung hab i a Sauna zeichnet und a Kücken mit aner Wärmelampe.
05	A:Mhm.
06	B: Und bei da ultravioletten Strahlung hab i a Solarium zeichnet.
07	A: Mhm. Ok. Und wenn ich da jetzt genau noch nachfragen darf. Ahm du hast da die rote
08	Striche, was is das genau das Rote?
09	B: Des san de Wärme ähm i weiß net wie mans genau ausdrücken soll. Die Wärme kommt
10	halt von da Wand und so ane hot a Bekannte von mir die wos direkt vo da Wand kommt die
11	Infrarotstrahlung und wir ham ane also mit an Ofen.
12	A: Ok. Ok. Mhm. Weil das so unterschiedlich des is einmal so und dann so.
13	B: Ja genau. De san verschieden.
14	A: Ok. Mhm. Und des is was du quasi siehst?
15	B: Ja.
16	A: Ok.
17	B: (unverständlich) aber sie san eh geschützt vom (unverständlich)
18	A: Ja. Also die schauen rot aus?
19	B: Ja sie san rot.
20	A: Mhm. Ok. Und beim Solarium was is da genau das violette?
21	B: Des violette is die Strahlung weil bei uns in da Schule hams a Solarium ghabt unten.
22	A: Mhm.
23	B: Weil in unserer Schule a Hallenbad war und da ham ma manchmal ein schauen dürfen. Und
24	da hats a rotes Solarium geben a gelbes und a violettes.
25	A: Mhm. Ok da heißt das hat einfach violett geleuchtet.
26	B: Mhm.
27	A: Ok. Gut. Ahm. Ich glaub das wärs eigentlich schon gewesen du hast alles schon gut
28	beschrieben. Dankeschön.
29	B: Danke.

**Interview 7.6.: DM650094, Dauer: 01min 54sek (männlich)**

01	A: Kannst du einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast in Worten?
02	B: Ahm. Da vo da Strahlung eben die Sonne vo der Sonne die strahlt.
03	A: Mhm.
04	B: Ahm. Beim Zweiten die Infrarotstrahlung also Wärmestrahlung.
05	A: Mhm.
06	B: Und beim Dritten das des tödlich is.
07	A: Ok. Und ahm wenn du dir jetzt die Strahlen die du da gezeichnet hast. Wenn du da jetzt mit
08	der Lupe hingehn würdest. Kannst das aufzeichnen wie du dir vorstellst wies dann aussieht?
09	Und kann man das noch weiter verkleinern?
10	B: Irgendwie sicher(lacht). Ja dann sans vielleicht nu ganz kleinere Kuglerl oder.
11	A: Zeichnes auf wies das vorstellst. ... Ok. Und im Gegensatz dazu bei da Sonne wie würd das
12	ausschauen? Die Strahlung? Wenn man die vergrößert. ... Mhm. Ok. Und du hast die jetzt gelb
13	und die rot gezeichnet ahm sehn wir dies so oder wie is des genau mit der Farbe?
14	B: I habs eigentlich so gezeichnet weil da Infrarot und drum hab ichs rot gmalt.
15	A: Ok.
16	B: Und vo da Sonne eben gelb weils eben gelb is.
17	A: Ok. Und das was du gezeichnet hast wo hast du das gehört?
18	B: Mhm. I habs ma eigentlich gedacht das des so sein könnte. Also i habs net ghört sonder
19	afoch dacht.
20	A: Ok. Passt. Dankeschön.

**Interview 7.7.: DM650095, Dauer: 02min 15sek (weiblich)**

01	A: Kannst du beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also ich hab das auch so mit der Sonnenstrahlung da denk ich halt an Sonne und die
03	Strahlen von der Sonne halt.

04	A: Mhm.
05	B: Und bei Infrarotstrahlung also ich hab keine Ahnung was das ist aber ich hab dann auch an
06	dies Gerät gedacht also.
07	A: Mhm.
08	B: Dann hab ich dies gezeichnet. Und das hab ich auch keine Ahnung was das ist und
09	(unverständlich) Strahlung so irgendwie.
10	A: Mhm.
11	B: Versucht darzustellen.
12	A: Okok. Und du hast ja doch ahm die Strahlen jetzt sehr unterschiedlich gezeichnet. Die sind
13	so.
14	B: Naja das(lacht)
15	A: Oder.
16	B: Naja das hat nichts damit zu tun.
17	A: Ok.
18	B: Das ist einfach so.
19	A: Ok. Gut. Und ähm das heißt hast du eine Vorstellung wo man die Strahlung da sehn kann
20	irgendeine davon oder wie das ist?
21	B: Ahm also also ich hab dies Gerät auch zu Hause.
22	A: Mhm.
23	B: Und ich weiß wie das aussieht das ist einfach sehr hell und das muss man einfach so vor
24	sein Gesicht halten.
25	A: Mhm.
26	B: Und also wenn man Kopfschmerzen hat oder so glaub ich.
27	A: Ok. Mhm. Ok. Ahm und hast du irgendeine Vorstellung wenn man das vergrößern würd zum
28	Beispiel diese Strahlen da wies dann ausschauen würd?
29	B: Ahm.
30	A: Magst das vielleicht aufzeichnen? Einfach wies das du vorstellst.
31	B: Also wenn das jetzt ganz groß wäre?
32	A: Genau, genau. Wenn ichs ganz groß vergrößere.
33	B: Also dann...dann wär da einfach... dann wär überall rotes Licht.
34	A: Ok. Hat das irgendeine Struktur oder?
35	B: Nein ich glaub nicht kommt drauf an.
36	A: Auf was?
37	B: Naja wenn da noch was drin is oder so.
38	A: Ok. Was könnt da drinnen sein zum Beispiel?
39	B: Ja keine Ahnung zum Beispiel so wie bei da Disko solche Kugeln oder so.
40	A: Ok, ok, mhm. Ok, passt, dankeschön.

**Interview 7.8.: DM650096, Dauer: 02min 52sek (weiblich)**

01	A: Kannst du auch beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Also bei der Strahlung hab i die Sonne gezeichnet, weil ja die Sonne strahlt.
03	A: Mhm.
04	B: Und ähm, bei Infrarot hab i ma docht weil wir ham daham a so a Infrarot Kabine.
05	A: Mhm. Ok.
06	B: Und i hob docht des passt a. Und bei ultraviolett hab i ma docht des strahlt a und.
07	A: Was strahlt bei ultraviolett?
08	B: (unverständlich)
09	A: Mhm. Also die Sonne.
10	B: Ja.
11	A: Strahlt auch UV-Strahlung aus. Ok. Ahm und Kannst du das noch näher beschreiben
12	warum das ganz rot is? Is das einfach dass man erkennt oder wie würdst du das beschreiben?
13	B: Weil...ähm, weil des strahlt.
14	A: Ok.
15	B: Und dadurch is die Umgebung a voll Strahlen.
16	A: Mhm. Is die dann rot oder weil du hast das rot gezeichnet oder schaut das rot aus?
17	B: Schaut rot aus.
18	A: Ok. Mhm. Ok. Und wenn, bei dir auch die Frage wie das jetzt, wenn du dir ein kleines
19	Stückerl da heraus nimmst und vergrößern würdest hat das eine innere Struktur vielleicht

20	auch. Wie stellst du dir das vor das würd mich interessieren? Vielleicht kannst das, einfach wie
21	du dir das vorstellst.
22	B: Das es halt...mehr Strahlung is.
23	A: Ja zeichens auf wies ja.
24	B: So und das des dann mehr strahlt wenn ma näher hiebei is.
25	A: Mhm. Ok. Und wie würden solche Strahlen dann ausschauen? Wenn man die vergrößert
26	noch? Und die Strahlen, ein einzelner Strahl zum Beispiel?
27	B: Weiß nicht.
28	A: Ok. Und bei da ultravioletten Strahlung da hast jetzt auch so einen dicken Strahl quasi
29	gezeichnet, kann man den vielleicht noch irgendwie wenn man den vergrößert, hat der
30	irgendeine innere Struktur?
31	B: Weiß a net.
32	A: Ok. Ok. Und woher hast du das überhaupt ghört ich mein das hast schon gsagt das kennst
33	aber des andere zur Strahlung woher hast da schon mal was ghört davon?
34	B: Im Physikunterricht.
35	A: Ok.
36	B: Bei Naturwissenschaften.
37	A: Was habs da ghört?
38	B: Ähm dass halt verschiedene Strahlungen gibt.
39	A: Mhm.
40	B: (Unverständlich) zum Beispiel und
41	A: Welche noch? Kannst dich noch erinnern?
42	B: Ahm, na.
43	A: Ok. Des is ja ka Test also. Ganz egal. Gut.

**Interview 7.9.: DM650097, Dauer: 02min 23sek (männlich)**

01	A: Kannst du auch beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ahm da hab i an Fernseher, an Computer und a Telefon.
03	A: Mhm. Ok. Und wie hängt das mit der Strahlung jetzt zusammen?
04	B: Ahm. Weil de Strahlen von sich geben.
05	A: Ok. Also das sind diese Strahlen dann?
06	B: Ja.
07	A: Ok. Gut. Kann man die sehen oder wie is das mit denen oder?
08	B: Na eigentlich net.
09	A: Ok. Mhm. Und bei der Infrarotstrahlung was hast da gezeichnet?
10	B: Ahm des sollen Lampen sein.
11	A: Mhm. Ok. Und die leuchten rot oder wie is das bei denen?
12	B: I weiß net i habs einfach rot zeichnet weil im Namen rot dabei is.
13	A: Mhm. Ok. Sind das irgendwelche spezielle Lampen oder?
14	B: Na.
15	A: Ok. Und bei da ultravioletten Strahlung? Was is das?
16	B: Hab i halt die Sonne.(lacht)
17	A: Ok(lacht).
18	B: Aber i weiß net wie des ausschaut.
19	A: Ok. Aber die Sonne schaut nicht violett aus in Wirklichkeit?
20	B: Na. I glaub net.
21	A: Ok(lacht). Aber du hast das so zeichnet weil im Namen des drinnen steckt. Ok. Und woher
22	hast du das mit den Geräten gehört das sie strahlen?
23	B: Ahm. Im Unterricht und im Fernsehen.
24	A: Ok. In welchen Unterricht, wo in welchen Zusammenhang?
25	B: Biologie.
26	A: Ok. Mhm. Und das mit den Lampen, wie bist auf das kommen?
27	B: Ahm...weil es gibt ja so rote Wärmelampen.
28	A: Mhm. Ok.
29	B: Und da hab i ma dacht des könnte des sein aber i glaub des is falsch.
30	A: Ok ok. Dankeschön.

**Interview 7.10.: DM650098, Dauer: 02min 04sek (weiblich)**

01	A: Kannst du einfach beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ahm bei da Strahlung hab i a Sonne hingmalt.
03	A: Mhm.
04	B: Weil ma de als ersters für die Strahlung eingfallen is(lacht).
05	A: Mhm.
06	B: Bei da Infrarotstrahlung is ma halt eingfallen das da halt oft die klan Babykücken und so is
07	weil des is ja für die Wärme.
08	A: Mhm. Wie hängt das mit Infrarotstrahlung zusammen?
09	B: Das die Kücken denen halt net friert.
10	A: Mhm. Also is das die Wärmestrahlung, Infrarotstrahlung oder wie?
11	B: Ja is a Infrarotlampe.
12	A: Ok. Mhm.
13	B: Und bei da ultravioletten Strahlung da bin i ma net sicher(lacht) ob des stimmt, aber des hab
14	i mal so ghört.
15	A: Wo hast du das ghört?
16	B: Im Physikunterricht.
17	A: Ok und wie war das, in welchen Kapitel oder was habts da. Kannst das a bissl näher
18	beschreiben vielleicht?
19	B: Da ham ma die Strahlungen durchgemacht.
20	A: Mhm.
21	B: Und da hat er uns also unser Lehrer.
22	A: Mhm.
23	B: An Versuch herzeigt.
24	A: Ok.
25	B: Wo dann des Sonnenlicht gebrochen irgendwie wurde und das halt das so die Farben
26	entstehn dan.
27	A: Ok.
28	B: Aber war ma net sicher ob des jetzt des is aber des warad ma eingfallen(lacht).
29	A: Na super. Und in welcher Schule hast du das ghört?
30	B: In der Hauptschule in Kirchberg.
31	A: Ok ok. Super. Na Wahnsinn was da glernt habts. Ok.
32	B: Stimmt des?
33	A: Jaja, also vielleicht zur Erklärung. Es is so des Sonnenlicht enthält alle das ganze
34	Spektrum. Also alle Farben quasi. Und man kanns zum Beispiel eben brechen an einer
35	Glasscheibe oder so, kann man das Licht aufspalten dann in die einzelnen Bestandteile und
36	eben auf der einen Seite je nach dem wie lang die Wellenlänge des Lichts is, bekomm ich
37	dann ultraviolettes Licht oder infrarotes Licht. Und das is eben dieses Spektrum. Super. Ja.
38	das wärs schon wieder gwesen.

**Interviews der Klasse 8 (HLW, 13. Schulstufe)****Interview 8.1.: DM650068, Dauer: 02min 51sek (weiblich)**

01	A: Ok. Es geht schon. Gut ahm kannst mir einfach einmal beschreiben was du zeichnet hast?
02	Einfach in Worten.
03	B: Ok, ja die Strahlung aus dem Grund des Handy des was strahlt weil mans ja eigentlich
04	immer lernt das Handy net gsund is.
05	A: Mhm.
06	B: Und strahlt und somit eigentlich a wenn man is Handy immer einstecken hat insbesondere
07	is bei Männern eigentlich a gefährlich is.
08	A: Mhm.
09	B: Und ja weils halt ungesund is und krebserregend sein kann und so.
10	A: Das is dir als erstes einfach eingefallen.
11	B: Ja das is der erste Gedanke gwesen und ja Infrarotstrahlung leider gar nix(lacht). Was i net
12	des war so die Infrarotkabine ja aber i hab dann a net gwusst.
13	A: Des ham nämlich viele zeichnet, die Infrarotkabine.
14	

15	B: Und wir ham daham a so a Lampen die was strahlt und die was da dann wennst verkühlt
16	bist irgendwie, aber da hab i a net gwusst wie ichs zeichna soll. Ja und die ultraviolette
17	Strahlung eigentlich des Ozonloch eben wegen der Strahlen weil des eigentlich gfährlich is
18	wenn des aufd Welt kummt und somit a Hautkrebs.
19	A: Also die UV-Strahlung geht quasi durch die Ozonschicht durch?
20	B: Genau wenn a Ozonloch is is ganz gfährlich so habs halt i und durch die ganzen Abgase
21	entsteht halt des Ozonloch.
22	A: Ok.
23	B: Und die Dimensionen san(unverständlich, lacht).
24	A: Is ka Problem. Ahm dann wollt ich noch fragen, warum hast du die Strahlen rot gezeichnet?
25	B: Weils gefährlich san.
26	A: Ok.
27	B: Des war so weiß i net.
28	A: Nana.
29	B: Der erste Gedanke.
30	A: Wollt nur nachfragen. Ok. Und das heißt das hast einfach grundsätzlich das hört ma immer.
31	B: Genau des is ja des was die Eltern immer sagen. Nimm net so oft des Handy weil des is
32	gfährlich.
33	A: Wegen der Strahlung ok.
34	B: Genau.
35	A: Und das hast wahrscheinlich auch das mit der Ozonschicht(unverständlich) in den Medien.
36	B: Ja genau.
37	A: Und in der Schule hast da irgendwas amal was von Strahlungen ghört?
38	B: Ja also in Mathe hätt mas irgendwann mal erklärt kriagt aber des is leider schon zu lange
39	her das i mi da oder also in Mathe ham mas amal nebenbei gmacht glaub i.
40	A: Mhm.
41	B: Und so halt scho a besonders in Biologie sam ma wenn ma vom Thema irgendwo okumma
42	san und also net vom Thema okumma aber da ham Krebs gmacht und dann sam ma dieses
43	Melanom und somit a wieder auf die UV-Stahlung und so.
44	A: Ok.
45	B: Eigentlich immer als direkten Themenbereich ham mas net ghabt. Da war so dazwischen.
46	A: Immer so nebenbei. Ok. Also und hauptsächlich is eben die schädlich Wirkung.
47	B: Genau.
48	A: Der Strahlung im Gedächtnis. Ok. Gut. Das wärs eigentlich schon wieder gwesen, siehst
	ganz kurz und schmerzlos.

### Interview 8.2.: DM650071, Dauer: 04min 47sek (weiblich)

01	A: Ok. Kannst ma einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also bei da Strahlung hab i die Handystrahlung gezeichnet, dann Fernseherstrahlung,
03	Radio, dann gibts a radioaktive Strahlung.
04	A: Mhm.
05	B: Hab i dann nu gezeichnet. Als Atomkrafwerk halt.
06	A: Mhm.
07	B: Und ja weil i ma denk das überall halt Strahlen san.
08	A: Ja. Ok.
09	B: Bei da Infrarotstrahlung is ma nur die Infrarotkabine eingefallen.
10	A: Ja des is aber vielen eingefallen.
11	B: Ja und bei ultraviolette Strahlung is ma net wirkli was eingefallen.
12	A: Ok.
13	B: I hab nur eigentlich die Farben gezeichnet ultraviolett.
14	A: Ja. Na da möcht ich eh gleich fragen ahm oder möchtest noch was?
15	B: Na.
16	A: Weilst das so violett gezeichnet hast ist das heißt die Strahlung is violett oder wie is das?
17	B: Wahrscheinlich net aber i weiß net. Also richtig sehn tuat mas net mint Aug. Aber i habs ma
18	halt so vorgestellt. I mein des kummt ja von der Sonne glaub i.
19	A: Mhm.
20	B: Zu uns. Strahlung.
21	A: Mhm. Ok. Und wieso hast das so gewellt gezeichnet?

22	B: Na des is für mi so wie a Strahlung so a Zeichen afoch des Strahlung ausdrückt.
23	A: Und wenn du da jetzt genauer reinschaust wennst da mit der Lupe reingehst wie würds
24	dann ausschauen?
25	B: Die Strahlen?
26	A: Ja genau die Strahlen wennst die einfach vergrößerst weilst sagst du stellst das dir
27	Wellenförmig vor.
28	B: Es gibt ja eigentlich Unterbrechungen denk i ma.
29	A: Zeichnes einfach so wie du dirs vorstellst.
30	B: Ja eigentlich gleich so vielleicht wenn mas ganz zuwe zoomt.
31	A: Mhm. Das heißt du.
32	B: Weil des vielleicht so weit weg ist das ma glaubt des(unverständlich) daweil is nur so weiß i
33	net.
34	A: Ok aber sie ist grundsätzlich unsichtbar?
35	B: Also die Strahlung sehn tu ichs nicht.
36	A: Ok. Und wie passt des dann mit der Farbe zusammen?
37	B: (lacht) Des hab i eigentlich nur so weil die Überschrift so war da hab i mir des bildlich so
38	vorgestellt das i ma denk des könnte es vielleicht sein. Das ma halt unterscheidet zwischen
39	Infrarotstrahlung und andere Strahlung.
40	A: Aber du hast ja die infrarot auch violett oder hast einfach ka.
41	B: Da hab i ka rote ghabt(lacht). Des soll a rot sein.
42	A: Ok. Und die sieht ma oder wie is bei der?
43	B: Bei da infrarot?
44	A: Mhm.
45	B: I glaub das mas. Vielleicht sieht mas a bissl rötlich. Also i man. I weiß net genau. I war nu
46	nie in aner Infrarotkabine aber.
47	A: Ok und hast das a nu nie irgendwie ghört oder.
48	B: Na i habs scho amal gsehn aber nicht in Betrieb eigentlich. Nur so vo außen. Aber selber
49	hab ichs nicht benutzt.
50	A: Ok. Ahm dann wollt ich noch fragen ob das absichtlich is das die Strahlen da nur auf der
51	rechten Seite sind oder?
52	B: Na. Eigentlich net na. Des war einfach Zufall glaub i.
53	A: Ok, so wie da das quasi rundherum gehn?
54	B: Da hab i, da wollt ichs eigentlich a rundherum.
55	A: Ok. Und da weil die sind nämlich länger.
56	B: Na hat eigentlich a ka Bedeutung.
57	A: Na ich möcht nur nachfragen dass ich dich richtig versteh was ihr da zeichnets. Ich kann ja
58	alles hineininterpretieren. Das is ja das schwierige drum frag ich nach. Ok und wo hast das
59	grundsätzlich ich mein das mit der Handystrahlung und so wasd sagt hast das woher hast
60	das? Habts das in der Schule glernt?
61	B: Na eigentlich selber im Internet gsehn oder zu Hause. I mein eigentlich is ja logisch das
62	alles was betrieb is is wurscht Laptop oder Fernseher sicher ois strahlt. A wanns nu so modern
63	is und se sagen es san nimmer so viel Strahlen glaub i trotzdem dass, vielleicht nimmer so wie
64	die alten Fernseher oder was aber es is irgendwo immer a Strahlung.
65	A: Ok. Und in der Schule oder so habts ihr?
66	B: Naja a bissl in Deutsch ham ma scho glaub i a bissl was durchgnommen. Aber so richtig
67	glaub i erst selber eben weil ichs selber durch die Mama oder was. Eigentlich.
68	A: Ok. Na super dann vielen Dank.

**Interview 8.3.: DM650072, Dauer: 02min 39sek (weiblich)**

01	A: Also kannst du einmal amal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja also bei da normalen Strahlung hab i a a Atomkraftwerk soll das sein.
03	A: Mhm.
04	B: Bei da Infrarotstrahlung da weiß i net ob des überhaupt stimmt da hab i ma eingebildet, es
05	gibt so rote Lampen des was dann eben die Eier ausbrüten. Drum hab i a Hendl
06	dazugezeichnet.
07	A: Ja.
08	B: Und a Infrarotkabine und dann nu de UV-Strahlung. Da hab i die verschiedenen
09	Ozonschichten halt die was es gibt zeichet.
10	A: Mhm. Also das sind die Schichten?

11	B: Ja des sollten die Schichten sein halt und dann dringt halt die UV-Strahlung bei den
12	Ozonloch oder so durch ham ma glernt glaub i.
13	A: Und da bei den Wolken hörts dann auf?
14	B: Ja i hab net gwusst wie weit des geht.
15	A: Mhm. Also ist das schon Absicht, dass nur bis zu den Wolken geht oder gehts da.
16	B: Na es is net Absicht i hab net gwusst wie weit is geht drum hab ichs afoch i weiß net da
17	bleibt die Strahlung bleibt sicher bei de oberen Schichten hängen oder net. I weiß net.
18	A: Ok.
19	B: Glaub i halt.
20	A: Mhm. Also sie kommt nicht ganz durch glaubst du?
21	B: Ja.
22	A: Ok. Mhm. Und du hast die Strahlung so mit so Strichen gezeichnet. So einzelne Striche.
23	Und wenn ma da jetzt mit der Lupe hingehn würd. Magst das aufzeichnen wie das dann
24	ausschauen würd. Also jetzt siehst eh du hast lauter so Striche.
25	B: Mhm. Ja wie so lauter klane so. I weiß net wie ichs beschreiben soll. Weiß net. Es besteht
26	jeder Streifen halt aus mehreren kleine also is (unverständlich)
27	A: Ok und die sind dann gewellt?
28	B: Was sind sie?
29	A: Gewellt.
30	B: Ja also ganz gerade sind sie nicht.
31	A: Mhm. Mhm.
32	B: Weil die Wärme kommt mir a so a bissl gewellt vor wenn i überd Straßen schau. Wenns
33	heiß is halt daraußen. So stell i mir des a vor.
34	A: Und wenn ma das wieder verkleinert? Kann man das noch verkleinern?
35	B: Ja dann sans lauter kleine Punkterl. Wie Atome oder sowas. I weiß net.
36	A: Mhm. Also sind das dann schon die Atome oder wie stellst du dir das vor?
37	B: Ja.
38	A: Ok. Mhm. Also die Atome finden sich dann so zu zu(unverständlich)
39	B: Genau. Da gibts dann sicher irgendwas was sie verbindet.
40	A: Ok. Gut dann vielen Dank.

#### Interview 8.4.: DM650073, Dauer: 03min 59sek (weiblich)

01	A: Ok. Kannst ma einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Beim ersten also bei den Strahlungen da hab i an Tablet(unverständlich) gezeichnet.
03	A: Mhm.
04	B: Eben weil halt einfach Handys also egal welche technologischen Geräte halt,
05	Strahlungen verbreiten.
06	A: Mhm.
07	B: Genau. Im zweiten hab i dann a Infrarotkabine gezeichnet. Ich weiß nicht ob mans erkennt.
08	A: Oja. Also ich hätt's so interpretiert.
09	B: Ja genau weil eben Infrarotstrahlung i hab des so verstanden das des eben Infrarotkabine
10	hat eben die Infrarotstrahlungen.
11	A: Mhm.
12	B: Und beim letzten hab i die ultraviolette Strahlung gezeichnet. Da hab ichs mit aner
13	Glühbirne verbunden.
14	A: Mhm. Wie is das verbunden?
15	B: Es gibt ja verschiedene Glühbirnen zum Beispiel wenn ma fortgeht da gibts ja die
16	Leuchtenröhren und i habs damit verbunden das eben ultraviolet das das vielleicht
17	verschiedene Lichttöne sind.
18	A: Mhm. Weil sie sind interessant du hast das gelb gezeichnet und dann die Strahlen die
19	weggehn sind nicht gelb sondern ultraviolet. Das heißt die Quelle is quasi gelb oder?
20	B: Genau.
21	A: Mhm. Und es gehn, ultraviolette Strahlen davon weg.
22	B: Genau.
23	A: Mhm. Ok. Gut. Bei da Infrarotkabine hast du das nur so nur da oben gmacht und da unten
24	nix. Hat das irgendeine Bedeutung oder? Also dass das außen.
25	

26	B: Also i hab des jetzt so zeichnet weil eben also unten. Des muss ma sie halt so vorstellen
27	des is eben der Boden und wenn man dann drinnen sitzt dann gehts ja irgendwie nach unten
28	meiner Meinung nach net die Strahlen weg sonder eben nur nach oben und.
29	A: Ok.
30	B: Am Rand raus.
31	A: Das heißt es gibt irgendwo a Quelle und von dort geht des aus. Und die geht nach oben und
32	nach rechts und links.
33	B: Genau.
34	A: Ok. Und weilst das rot gezeichnet hast is des a rote Strahlung oder wie is des mit der
35	Farbe?
36	B: Wegen Infrarot(lacht).
37	A: (lacht) Is die Strahlung wirklich rot oder wie stellst da das vor?
38	B: I war nu nie in aner Infrarotkabine aber vielleicht is des eben die gleiche Strahlung wie zum
39	Beispiel wenn ma Eier ausbrütet da hat ma a so rote Lichter. Vielleicht is des dann a rot und i
40	habs damit a bissl verbunden und deswegen hab i da rote Strahlen gmacht.
41	A: Ok.
42	B: Und eben Name infrarot. Des drinnensteckt.
43	A: Ok. Und da sind gelbe Strahlen?
44	B: Ja(lacht) i hab jetzt afoch gelb gnumma weils(unverständlich) i hätt blaue Strahlen a
45	nehmen können.
46	A: Also irgendeine Farbe?
47	B: Genau aber afoch die Strahlen.
48	A: Ok. Die haben eine Farbe oder wie?
49	B: Vielleicht eben gelb weil die Sonne a Strahlen hat und Sonne gelb is.
50	A: Aber wenn du dein Handy anschaust oder irgendein Gerät siehst keine Strahlen oder?
51	B: Ja eh weil die Strahlen ja durchsichtig san. In einer Infrarotkabine sieht man ja a keine
52	Strahlen. Bei einer Glühbirne auch nicht. Es is nur die Helligkeit.
53	A: Mhm. Ok. Und. Gut das mit den elektrischen Geräten ich weiß nicht wo hast du das gehört
54	das die Strahlen? Is erste Mal oder das hört man generell wahrscheinlich.
55	B: Das erste Mal glaub ich hab i das ghört in da Volksschule wie das eben verbreitet worden
56	sind. Mei Mama erzählt ma des immer, ja dei Handy ausschalten wegen der Strahlung. Es san
57	ja a keine guten Strahlen.
58	A: Mhm. Ok. Und ja das mit der UV-Strahlung hast von UV-Strahlung sonst schon irgendwas
59	ghört oder?
60	B: Ja UV-Strahlung wird ja von der Sonne und des is ja a krebserregend für die Haut und so
61	und eben weil halt die Ozonschicht immer weniger wird.
62	A: Mhm. Also in dem auch im gesundheitlichen Zusammenhang. In Biologie in der Schule
63	habts ihr es auch durchgenommen.
64	B: Ja.
65	A Ok. Passt. Gut.

## Interviews der Klasse 9 (HLW, 13. Schulstufe)

### Interview 9.1.: DM650074, Dauer: 05min 05sek (weiblich)

01	A: Kannst du mir einfach einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja gut also bei den Strahlungen weil mir nix besseres eingefallen is weil ma halt sagt dass
03	jeder Fernseher, Laptop und ahm Handy halt Strahlungen abgibt. Das des halt voi schlecht is
04	das des neben dem Bett steht.
05	A: Mhm.
06	B: Und das ma da gar net gut schlafen kann. Und ja des war des einzige was mir eingefallen
07	is(lacht).
08	A: Na passt eh.
09	B: Ja, soll i glei zum nächsten gehn.
10	A: Ja.
11	B: Ja bei infrarot bei die alten Handys wies sas nu geben hat vorn Bluethooth. Und bei de
12	ultravioletten Strahlungen. Des soll a Disco sei. Weil manchmal leuchten die
13	Fingernägel(lacht).
14	A: Hätt ich sogar erkannt. Gut richtig interpretiert. Drum frag ich ja nach.

15	B: Zum Glück. Und ähm ja weil i bevor des zeichnet hab is ma do nix eingefallen und
16	irgendwie wegen da Sonne, die sieht ma ja net die ultraviolette Strahlungen und so.
17	A:Mhm.
18	B: Und da muss ma ja voll aufpassen, weil bei de getönten Sonnenbrillen die ham ja
19	manchmal kan Schutz drauf und dann is des voll schlecht für die Augen oder so. Also des
20	erweitert die Pupille und da kommen die ultravioletten Strahlungen ins Aug oder so irgendwie
21	hab i verstanden.
22	A: Mhm. Und was is das?
23	B: (unverständlich) des hat gar nix damit zu tun(lacht).
24	A: Ach so ok. Na passt. Ok ahm dann wollt ich dich fragen, wart einmal, genau. Ahm bei dem
25	wennst das jetzt ahh wennst da jetzt mit der Lupe hingehn würdest. Diese Strahlen da die du
26	gezeichnet hast. Kannst ma das aufzeichnen wie das dann ausschauen würde? Tschuldige.
27	B: Nix passiert.(unverständlich)
28	A: Also quasi jeder jedes einzelne.
29	B: Na i glaub sie gehen so... i weiß net genau.
30	A: Einfach wies das da.
31	B: I glaub sie gehen so.
32	A: Ok.
33	B: Na wenn mas dann so zeichnet sieht(lacht)
34	A: Und wo is da jetzt von wo hin oder wo is die Quelle?
35	B: Also von dem Handy auf des.
36	A: Mhm. Ok. Und die Pfeile einfach wegen der Richtung.
37	B: Jaja genau.
38	A: Ok. Und woher hast das? Schon mal gehört oder?
39	B: Erstens wir hams grad unten besprochen weil i gfragt hab was der Herr Lehrer da dazu
40	zeichnen darat.
41	A: Ojeoje.
42	B: Aber.
43	A: Das is ganz schlecht.
44	B: Hätt i des net verraten dürfen?
45	A: Nana passt scho.
46	B: Ahm und ja i weiß net des is afoch wir ham des zwar net mit infrarot gmacht aber in Biologie
47	mit Klimaerwärmung.
48	A: Mhm.
49	B: Und da warens a mit i glaub o Jesus des is scho so lang her. Ahm die Roten werden
50	irgendwie wieder zruck geworfen vom Wasser oder so und die werden aber viel viel kleiner als
51	wie die langwelligen oder so.
52	A: Mhm. Ok. Also mit reflexion.
53	B: Ja genau.
54	A: Durch die Strahlen. Ok, mhm, ok. Und wie is das das müsstest ma noch genau erklären.
55	Wie is das jetzt wie leuchten die oder was leuchtet da?
56	B: Des Weiße leuchtet mehr weiß i net(lacht).
57	A: Also quasi wenn du was weißes anhast.
58	B: Ja genau. Oder halt an weißen Nagellack.
59	A: Ok. Das heißt in der Disco is irgendwie ein Licht und das also wie?
60	B: Also des Blaulicht des was ma net erkennt. Aber wie die funktioniert des weiß i net.
61	A: Ok.
62	B: Keine Ahnung.
63	A: Ok.
64	B: Ja i glaub a wieder mit diesen (unvertändlich).
65	A: Ja ja ok. Und also das hast das die Geräte strahlen oder so das hast überall, hast
66	wahrscheinlich schon.
67	B: Ja genau dann halt so weiß i net ob des stimmt i glaub net dran das ma nachher mit
68	irgendeinen Stecken herausfinden kann ob da Strahlungen san oder net. Oder mit diesen
69	Wasserlinien also Wasserleitungen oder sowas.
70	A: Mhm.
71	B: Umadam gehen ja weiß i net.
72	A: Aber in der Schule habts des auch durchgenommen sowas oder?
73	B: Ja vielleicht das mas in Religion mit da Frau Professor Schmidt irgendwann so gsagt ham wir sollen die Handys weglegen aber nie wirkli aus Strafe.

74	A: Ok. Außer vielleicht in Physik aber des is scho lange her.
75	B: Mhm. Also wir hams amal durchgmacht aber vergessen.
76	A: Ok. Und hast irgendwann mal was von an Spektrum gehört oder so? Is das vorgekommen?
77	B: Na.
78	A: Oder weißt du wieso das UV-Strahlung also ultraviolette Strahlung oder Infrarotstrahlung
79	heißt? Die Begriffe woher die kommen?
80	B: Na. I wett wir hams gmacht also des glaub i scho nur weils mi wirklich überhaupt net
81	interessiert. Des is sowas des lernt ma für an Test.
82	A: Mhm.
83	B: Und des vergisst ma dann so schnell.
84	A: Ok.
85	B: Na leider.
86	A: Na na.
87	

**Interview 9.2.: DM650075, Dauer: 03min 48sek (weiblich)**

01	A: Ok. Kannst du mir einfach einmal in Worten beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B: Ja da kommt die Strahlung aus der Steckdose, und vom Computer und vom Handy.
03	A: Ok.
04	B: Und die wirken auf die Menschen.
05	A: Mhm. Und der hat ein lachendes Gesicht.
06	B: Ja weil ers net spürt, dass die Strahlen auf ihm einwirken.
07	A: Mhm. Ok. Ja.
08	B: Ja und des is a Wasserader.
09	A: Mhm.
10	B: Die was ihm halt schlecht schlafen lässt.
11	A: Mhm. Und da geht quasi auch das sind dann auch Strahlen.
12	B: Die Strahlen.
13	A: Mhm. Ok. Gut is nächste.
14	B: Ja des is a Infrarotkabine. (unverständlich) mit Infrastrahlen also die Wirken positiv auf den
15	Körper ein.
16	A: Mhm. Die sind da drinnen oder wie? Wie schaut das aus?
17	B: Ja i glaub in so Röhren. Aber die was schon abgedeckt sind.
18	A: Mhm.
19	B: Die Wärme wirkt dann.
20	A: Ja.
21	B: Ja da is a UV-Loch.
22	A: Ja.
23	B: Da kommt schlechte UV-Strahlung.
24	A: Mhm.
25	B: Und dadurch bekommt er einen Sonnenbrand und.
26	A: Ok. Und die Strahlen gehn quasi da so ums Eck.
27	B: Ja weil da is Ozonloch.(unverständlich) schlechte Strahlung.
28	A: Und das is wahrscheinlich ein Solarium?
29	B: Ja genau(lacht).
30	A: Naja i muss ja fragen. Ok. Gut. Dann wollt ich noch fragen wenn du die Pfeile da die du
31	gezeichnet hast, ich mein ich weiß nicht ob das Zufall is die sind halt grad und die sind so
32	gewellt. Wenn man die jetzt genauer anschaut mit einer Lupe wie würden die dann
33	ausschauen? Könntest das vielleicht aufzeichnen?
34	B: Mit einer Lupe?
35	A: Ja. Wenn man das quasi vergrößert. Wie schauen die Strahlen aus.
36	B: Genau so.
37	A: Wie es du dir vorstellst einfach.
38	B: Soll i die Sonne auch auzeichnen?
39	A: Ja kannst ruhig machen. Einfach wennst die Strahlen vergrößern würdest.
40	B: (zeichnet)
41	A: Und wennst jetzt ein Stück davon rausnehmen würdest und das vergrößerst wie schaut das
42	dann aus? Ok. Und kann man das nochmal teilen oder is das schon das kleinste? Ok. Und
43	noch weiter gehts noch weiter oder bis wohin gehts?

44	B: (lacht)
45	A: Also (unverständlich). Na eh wies das vorstellst. Ok. Immer kleinere.
46	B: Mhm.
47	A: Ok. Und gibts irgendwo ein Ende wenn mans nimmer kleiner machen kann oder. Die
48	Stückerl, wir tuns ja immer vergrößern ein Abschnitt und gibts irgendwann einen.
49	B: Die lösen sich auf(lacht). Keine Ahnung.
50	A: Ok. Ahm dann wollt ich noch fragen. Weißt du zufälligerweise woher die Begriffe infrarot
51	und ultraviolett kommen wieso die so heißen?
52	B: Vielleicht weil sie wirklich so aussehen so ultraviolett wenn man draufschaut dass es ein
53	ultraviolettes Licht is.
54	A: Mhm. Die Farbe meinst. Also kann man diese Strahlen quasi wären dann so violett oder
55	wie?
56	B: Mhm.
57	A: Ok. Also die kann man.
58	B: Wenn man in die Sonne schaut dann sieht man ja a a bissl des violett.
59	A: Ok. Und bei da Infrarotkabine wärs dann, wie wär das dann?
60	B: Ja das leuchtet ja a so in der Art rot, orange.
61	A: Mhm. Ok. Mhm.
62	B: I glaub, dass des mit da Farbe zum tun hat.
63	A: Ok. Passt. Dann sag ich vielen Dank.

**Interview 9.3.: DM650076, Dauer: 03min 08sek (männlich)**

01	A: Ok du du einmal beschreiben was du gezeichnet hast?
02	B:Ja also i hab amal a Handy zeichnet.
03	A: Mhm.
04	B: Mit der Strahlung halt, alles Elektrische hat a Strahlung.
05	A: Mhm.
06	B: Menschen hab i zeichnet weil Wärmestrahlung.
07	A: Mhm.
08	B: Und is Atomkrafwerk halt.
09	A: Ja ok. Und der hat ein lachendes Gesicht, weil er sich freut oder?
10	B: Ja na der, es geht ihm gut.
11	A: Trotz der vielen Strahlung.
12	B: Ja. Dann die Infrarotstrahlung hab i, sie is schwer zum, ja versteh, weil wann
13	Infrarotstrahlung aufekumma will zruck will oder? Is des net so?
14	A: Mhm. Also in, du meinst auf die Erde?
15	B: Ja.
16	A: Wenss irgendwo auftrifft wird sie reflektiert?
17	B: Ja also Wärme(unverständlich).
18	A: Mhm. Ok.
19	B: Und beim letzten also durch die Sonne. Is halt UV-Strahlung und wenn des auf die Erde trifft
20	ja kriegt man einen Sonnenbrand.
21	A: Ok. Und du hast die Pfeile da so wellenförmig gezeichnet, wennst dir jetzt vorstellst du
22	nimmst dir ein kleines Stückerl heraus und vergrößerst es mit einer Lupe. Könntest mir
23	aufzeichnet wie das dann aussieht?
24	B: So circa?
25	A: Ok.Und wennst da jetzt ein kleines Stückerl rausnimmst und das wieder vergrößerst? Wie
26	sieht das dann aus? Ok.
27	B: So.
28	A: Und kann man das noch weiter zerteilen oder wie?
29	B: Wann mans so.
30	A: Also einfach in immer kleinere.
31	B: Nu kleiner jetzt?
32	A: Wie du es da, so klein wie es geht.
33	B: Also i hätt jetzt gemeint afoch so a Wellen so auf und wieder owe.
34	A: Ok. Also das is quasi die kleinste Einheit.
35	B: Ja.
36	A: Mhm. Ok. Und wie schauts dann bei da Infrarotstrahlung aus?

37 B: De is a bissl weiter hätt i gsagt.  
 38 A: Also im Vergleich jetzt.  
 39 B: Dann is da so.  
 40 A: Ok. Gut. Ich muss auf meinen Schummler schauen(lacht). Was ich noch fragen wollt. Und  
 41 woher weißt du das alles was du so zeichnet hast?  
 42 B: Na vo der Schule a bissl was.  
 43 A: Ok.  
 44 B: Fernseh hab i a was gsehn.  
 45 A: Was hast da gsehn?  
 46 B: Na auf Galileo hab i da was.  
 47 A: Mhm. Zu welchen?  
 48 B: Zu allem afoch.  
 49 A: Zu allem ok.  
 50 B: Ja. Sonst. Bissl geraten hab i a.  
 51 A: (lacht) ok. Gut, hast du irgendeine Ahnung warum das infrarot und ultraviolette Strahlung  
 52 heißt woher die Begriffe kommen oder?  
 53 B: Mhm. Na.  
 54 A: Ok.  
 55 B: Net wirklich. Man kann beides net sehn des weiß ich aber sonst.  
 56 A: Mhm. Ok und wie is es dann beim ersten?  
 57 B: Des kann man a net sehn.  
 58 A: Kann man auch nicht sehn, kann man alles nicht sehn. Ok.

**Interview 9.4.: DM650077, Dauer: 04min 16sek (männlich)**

01 A: Kannst du mir mal erzählen was du gezeichnet hast?  
 02 B: Gezeichnet?  
 03 A: Mhm.  
 04 B: Uran, ein Atomkraftwerk.  
 05 A: A bissl.  
 06 B: Genauer?  
 07 A: Beschreiben.  
 08 B: Beschreiben, ein Uran des strahlt.  
 09 A: Mhm. Nach oben oder nach unten?  
 10 B: Eigentlich strahlt des in jede Richtung.  
 11 A: Ok. Aber warum hast des so gezeichnet?  
 12 B: Schnell.  
 13 A: Hast ka Zeit mehr ghabt.  
 14 B: Ja(lacht) i war so unter Stress. Und ein Atomkraftwerk mit zwei Reaktoren, zwei  
 15 Rauchfängen und ein Gebäude mit einem Schild.  
 16 A: Und was hat das mit Strahlung zu tun?  
 17 B: Naja. Im Atomkraftwerk wird dieses gespalten damit Energie entsteht.  
 18 A: Mhm. Und wo ist die Strahlung?  
 19 B: Des Material also de Stäbchen da.  
 20 A: Die strahlen?  
 21 B: Die strahlen.  
 22 A: Ok. Mhm.  
 23 B: Die sind halt gefährlich.  
 24 A: Mhm.  
 25 B: Und da bei da Infrarotstrahlung die Infrarotwellen die was auf die Erde kommen und wieder  
 26 abprallen.  
 27 A: Mhm.  
 28 B: Verkürzt abprallen.  
 29 A: Was heißt verkürzt?  
 30 B: Ahm. Ja das a Teil gespeichert wird.  
 31 A: Mhm.  
 32 B: Und dann a Teil wird wieder ins Weltall zurück geleitet.  
 33 A: Mhm. Ok. Und des is dann ein kürzerer Teil oder?  
 34 B: Kürzerer Teil.

35	A: Mhm.
36	B: Und bei da Ultraviolettstrahlung hab i eine Sonnenbrille hingezeichnet. Ja afoch so das des
37	des Auge schützt.
38	A: Mhm.
39	B: Und auch so Strahlen die was auf die Erde eintreffen von der Sonne.
40	A: Mhm. Ok. Und wennst jetzt die Strahlen die du da gezeichnet hast, wennst jetzt ein kleines
41	Stückerl davon herausnimmst. Und vergrößerst. Na einfach vergrößern wie würd das dann
42	ausschauen?
43	B: Soll ichs aufzeichnen?
44	A: Ja bitte.
45	B: Pah des weiß i glaub i nimmer. So Striche amal. So des is des ultraviolett. Kleinere Striche
46	so.
47	A: Also was is da jetzt. Wie is das jetzt.
48	B: Ultraviolett ist der größere Teil. Glaub i zumindest ich weiß nicht. Dann ultra. Keine Ahnung.
49	Keine Ahnung mehr.
50	A: (lacht) Ok, also du meinst es gibt einen Teil der ist das ist das Ultraviolette und einen Teil
51	infrarot oder wie?
52	B: Na, bei da Ultraviolettstrahlung.
53	A: Gibts ja aber. Was sind die Striche jetzt genau?
54	B: Die Strahlen.
55	A: Die einzelnen Strahlen sind einfach kürzer du hast quasi die gezeichnet kürzer?
56	B: Mhm.
57	A: Ok. Und kann man dieses Stücke auch noch vergrößern? Wie schauts dann aus?
58	B: Keine Ahnung.
59	A: Ok.
60	B: Keine Ahnung.
61	A: Na.
62	B: Wahrscheinlich kann mans vergrößern.
63	A: Aber du weißt nicht wie es dann ausschauen würd? Ok. Ahm. Dann wollt ich dich noch
64	fragen. Hast du irgendeine Idee warum des infrarot und ultraviolette Strahlung heißt? Womit
65	das zusammen hängt?
66	B: Infrarot. Rot Farbe.
67	A: Ok.
68	B: Infra weiß i net. Irgendwas einkommendes keine Ahnung.
69	A: Mhm.
70	B: Ultraviolett. Farbe ultra wahrscheinlich. Ahm weils afoch so a extreme Strahlung is.
71	A: Mhm.
72	B: Und generell die Strahlung. Weils Strahlen san. (unverständlich). Ja.
73	A: Ok. Und woher hast du das alles gehört woher weißt du das alles?
74	B: Naturwissenschaftlichen Unterricht.
75	A: Ja habts ihr das gelernt so?
76	B: Ja des ham ma in der zweiten durchgemacht.
77	A: Ok.
78	B: In Physik oder in Ch i glaub in Physik und Chemie ham mas a a bissl.
79	A: Ok. Ok. Super.

## Hilfstabellen für die Auswertung

Codes Strahlung										
Code	RG Wien 5. Klasse	RG Wien 6. Klasse	BG/BRG 5G	BG/BRG 5R	BG/BRG 8R	BG/BRG 8GR	HLW 1A	HLW 1B	HLW 5A	HLW 5B
1	1	1	-	2	-	-	-	1	2	-
2	4	6	8	8	2	9	8	8	7	2
3a	4	6	8	9	2	10	8	7	7	2
3b	12	5	13	11	2	7	3	5	13	7
3c	-	4	-	2	-	-	-	-	1	-
4a	3	2	-	2	-	-	1	1	3	-
4b	7	1	1	5	-	1	-	-	3	1
5	4	2	4	3	-	1	-	1	7	7
6	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-
7	-	-	-	3	8	5	-	-	-	-
8	5	8	-	-	1	1	-	2	3	-
9	5	6	7	6	-	1	1	2	6	6
10	11	2	13	12	4	5	2	3	11	4
11	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-
12	6	-	-	1	1	-	-	-	-	-
13	2	1	-	6	7	11	-	-	2	-
14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
18	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
19	2	-	-	1	-	1	-	-	-	-
20	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	3	-	1	-	-	1	-	2	5
25	-	4	-	3	-	3	-	3	1	-
26	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	2	-	-	2	-	-	1	1	-	1
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Codes IR-Strahlung										
Code	RG Wien 5. Klasse	RG Wien 6. Klasse	BG/BRG 5G	BG/BRG 5R	BG/BRG 8R	BG/BRG 8GR	HLW 1A	HLW 1B	HLW 5A	HLW 5B
1	3	10	9	4	4	8	9	8	11	-
2	-	4	-	1	1	-	1	-	-	-
3a	-	2	-	1	1	-	-	-	4	-
3b	6	1	1	4	1	2	1	3	2	1
3c	-	7	12	6	1	6	8	7	11	-
4a	-	2	2	4	-	3	2	1	2	-
4b	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-
5	-	-	2	1	1	1	-	1	-	1
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	4	3	1	4	7	9	-	-	-	-
8	5	5	1	-	1	1	-	1	1	1
9	1	4	2	3	1	-	-	3	1	-
10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	1	-	-	-	-	1	2	-	-
12	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	7	8	6	-	-	1	1
14	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
15	2	1	9	11	1	7	9	6	14	3
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
20	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-
21	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
22	1	-	-	5	1	1	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
25	-	1	-	2	-	1	-	3	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	2	-	-	2	-	-	-	1	1	-
29	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

## Anhang

Code	Codes UV-Strahlung									
	RG Wien 5. Klasse	RG Wien 6. Klasse	BG/BRG 5G	BG/BRG 5R	BG/BRG 8R	BG/BRG 8GR	HLW 1A	HLW 1B	HLW 5A	HLW 5B
1	3	9	7	3	5	8	7	5	4	-
2	11	9	7	14	5	3	7	2	11	6
3a	10	4	7	9	4	3	3	2	11	6
3b	3	-	3	3	-	-	-	-	1	2
3c	1	8	3	1	1	2	5	1	2	-
4a	2	2	1	5	-	-	2	-	3	-
4b	3	2	1	1	-	-	3	2	1	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	2	3	1	4	9	11	-	-	-	-
8	6	6	2	-	2	-	3	2	3	2
9	3	5	-	2	1	-	-	2	4	1
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1	2	-	-	-	-	-	1	3	-
12	3	-	1	1	-	-	-	1	-	-
13	4	1	2	5	8	6	-	1	2	2
14	2	-	1	-	-	-	-	3	1	2
15	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
16	1	-	1	4	-	-	1	1	1	2
17	-	3	1	-	-	-	1	-	-	-
18	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
23	-	1	-	1	-	-	-	-	5	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	1	-	-	-	1	-	1	1	-
26	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1	-	-	3	-	-	-	-	2	-
29	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kategorien Strahlung										
Kat.	Gym Wien 5. Klasse	Gym Wien 6. Klasse	Gym LF 5G	Gym LF 5R	Gym LF 8R	Gym LF 8GR	HLW Türnitz 1A	HLW Türnitz 1B	HLW Türnitz 5A	HLW Türnitz 5B
1	1	1	-	2	-	-	-	1	2	-
2	4	6	8	8	2	9	8	8	7	2
3	4	6	8	9	2	10	8	7	7	2
4	12	5	13	11	2	7	3	5	13	7
5	33	24	20	37	21	29	3	11	23	10
6	10	3	1	7	-	1	1	1	6	1
7	1	3	-	3	-	-	2	1	2	5
8	-	1	-	-	2	1	-	-	2	1

Kategorien IR-Strahlung										
Kat.	Gym Wien 5. Klasse	Gym Wien 6. Klasse	Gym LF 5G	Gym LF 5R	Gym LF 8R	Gym LF 8GR	HLW Türnitz 1A	HLW Türnitz 1B	HLW Türnitz 5A	HLW Türnitz 5B
1	3	10	9	4	4	8	9	8	11	-
2	-	4	-	1	1	-	1	-	-	-
3	-	2	-	1	1	-	-	-	4	-
4	6	1	1	4	1	2	1	3	2	1
5	16	17	4	19	17	17	2	21	3	4
6	1	2	2	5	-	3	2	2	2	-
7	3	2	11	16	2	8	9	7	14	3
8	-	-	1	-	1	2	-	-	1	1

Kategorien UV-Strahlung										
Kat.	Gym Wien 5. Klasse	Gym Wien 6. Klasse	Gym LF 5G	Gym LF 5R	Gym LF 8R	Gym LF 8GR	HLW Türnitz 1A	HLW Türnitz 1B	HLW Türnitz 5A	HLW Türnitz 5B
1	3	9	7	3	5	8	7	5	4	-
2	11	9	7	14	5	3	7	2	11	6
3	10	4	7	9	4	3	3	2	11	6
4	3	-	3	3	-	-	-	-	1	2
5	20	21	8	14	20	22	4	8	13	5
6	5	5	2	7	1	-	5	2	9	-
7	3	-	2	5	-	1	1	4	2	4
8	-	1	-	-	1	1	-	-	2	1