



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Wirkungsweise von CAPT bei Infrarotstrahlung“

verfasst von / submitted by

Felix Schöfl

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

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

A 190 412 482

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

Lehramtsstudium UF Physik UF Bewegung und Sport

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Eidesstattliche Erklärung:

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne Benutzung andere 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.

Wien, am 22.05.2016

Unterschrift: Felix Schöfl

Danksagung

Die ursprünglichen Beweggründe für das Verfassen der vorliegenden Arbeit könnten nicht profaner sein. Ein Student, der sich seinen Titel erarbeiten möchte sucht sich bei einem Betreuer X das Thema Y und behandelt dieses. Nur war nicht ich derjenige, der das Thema wählte, geschweige denn den Betreuer. Ich nahm ich es dem Schicksal aber nicht krumm bei Herrn Thomas Plotz gelandet zu sein, der sich fachlich wie auch menschlich kompetent nennen darf. Ich möchte den Rest dieser bescheidenen Seite nutzen um denjenigen Danke zu sagen, die mir im Laufe des Schaffens dieser Arbeit wohlwollend zur Seite standen.

Danke an meinen treuen Kollegen und guten Freund Konrad Schwarz, der mich in dieses Schlamassel gestürzt hat und somit sichergestellt hat, dass mich eineinhalb Jahre ein schlechtes Gewissen plagte, welches mich stets unbarmherzig daran erinnerte, ich solle doch wieder ein bisschen an meiner Diplomarbeit werken.

Danke an Viktoria Haas, Fanny Hollenthoner und Daniel Stifter, die mit mir den empirischen Teil dieser Arbeit mit derselben Motivation durchführten wie ich selbst.

Danke an meine lieben Freundinnen Sarah, Nora und Anna, die mir in der Bibliothek treue Begleiterinnen geworden sind.

Danke an meine Eltern und an meine vier lieben Geschwister, die es mir erst überhaupt ermöglicht haben eine akademische Laufbahn einzuschlagen. Danke an meine liebe Mutter, die mich in allen Lebenslagen unterstützt hat. Besonderen Dank lasse ich in diesem Zusammenhang meinem Vater angedeihen, der es stets wie Cat Stevens gehalten hat: „Bildung ist das kostbarste Gut, das wir unseren Kindern schenken können.“ Trotz tiefgreifender persönlicher Differenzen hat er mir durch das gesamte Studium hinweg mit seiner Erfahrung in akademischen Dingen zur Seite gestanden und sein Wissen aber auch sein Interesse an meinem Tun mit mir geteilt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Thema dieser Arbeit	5
1.2. Auf welche Literatur wird zurückgegriffen	6
1.3. Das Ziel dieser Arbeit	7
1.4. Forschungsfrage	7
1.5. Worauf nicht eingegangen wird	8
1.6. Methodischer Weg zum Ziel	8
1.7. Gliederung der Arbeit	9
2. Schülervorstellungen und Lernen von Physik	10
2.1. Schülervorstellungen – Was ist das?	10
2.2. Forschungsmotivation	11
2.3. Schülervorstellungen beeinflussen Unterricht	12
2.4. Die Entstehung von Schülervorstellungen	13
2.5. Eine Schülervorstellung ist weder falsch noch richtig	14
2.6. Schülervorstellungen = Lernschwierigkeiten?	15
2.7. Schülervorstellung haben nicht nur Schülerinnen und Schüler	16
2.8. Zusammenfassung	17
2.9. Schülervorstellungen zur Infrarotkamera	17
2.10. Schülervorstellungen zur Infrarotstrahlung	18
3. Conceptual Change	20
3.1. Was ist „Conceptual Change“?	20
3.2. Die verschiedenen Theorien zum Begriffswechsel	22
3.3. Konzeptwechselstrategien	24
3.4. Zusammenfassung	25
4. Cross-Age Peer Tutoring	27
4.1. Peer Tutoring	27
4.2. CAPT	28
4.3. Einflussfaktoren für CAPT	29
4.4. Empfehlungen zur Durchführung	30
5. Predict-Observe-Explain	31
5.1. Entstehung	31
5.2. Durchführung und Beschreibung	31
5.3. Grenzen der Methode	33
5.4. Warum wird die Methode dennoch genutzt?	34
6. Infrarotstrahlung	36
6.1. Entdeckung	36
6.2. Physikalische Grundlagen über Strahlung	37

6.2.1. Was ist Strahlung?	38
6.2.2. Elektromagnetische Strahlung	39
6.2.3. Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung	43
6.3. Klassifizierung von Infrarotstrahlung	46
6.4. Eigenschaften von Infrarotstrahlung	47
6.5. Anwendungsmöglichkeiten	48
6.6. Funktionsweise einer Infrarotkamera	49
6.7. Auswirkungen auf den Menschen	51
6.8. Legitimation im Unterricht	52
6.8.1. Lehrplanbezogene Legitimation:	52
6.8.2. Alltagslegitimation	53
6.8.3. Legitimation für die Zukunft	54
7. Methode des Forschungsvorhabens	55
7.1. Forschungsdesign	55
7.1.1. Beschreibung des Forscherteams	55
7.1.2. Beschreibung der Zielgruppe	56
7.1.3. Untersuchungszeitraum	56
7.2. Beschreibung der Unterrichtsintervention	57
7.2.1. Beschreibung des Prätests	57
7.2.2. Beschreibung des Einführungsvortrages	62
7.2.3. Beschreibung des Tutoring an der 12.Schulstufe	63
7.2.4. Beschreibung des Mentoring	69
7.2.5. Beschreibung des Tutoring von der 12.Schulstufe	69
7.2.6. Beschreibung des Posttests	69
7.3. Datenauswertung	70
8. Ergebnisse und Interpretation	72
8.1. Multiple und Single Choice Fragen	72
8.2. Statistische Auswertung der Punkte	87
9. Diskussion	90
9.1. Wirkungen	90
9.2. Kritik	91
9.3. Ausblick	93
9.4. Zusammenfassung	93
Abbildungsverzeichnis	97
Literaturverzeichnis	98
Anhang	102
Abstract	102
Lebenslauf	103
Prä/Posttest	104

Leitfaden für TutorInnen	106
Infrarot - Arbeitsblatt	108
Infrarot - Memory	112
Ergebnisse des Prä/Posttests	116

1. Einleitung

Im ersten Kapitel sind die wichtigsten Informationen zu dieser Arbeit enthalten. Der Leser und die Leserin werden hier erfahren, welchem Themengebiet sich diese Arbeit zuordnen lässt und worüber geforscht wird. Um Ihnen eine Vorstellung davon zu geben, auf welchen wissenschaftlichen Publikationen diese Arbeit aufbaut, sind die wichtigsten Autoren und Autorinnen und ihr Forschungsgebiet kurz vorgestellt. Des Weiteren wird dargestellt, welche Forschungslücke mit dieser Arbeit geschlossen werden soll. Die methodische Bearbeitung der Forschungsfrage findet sich in Kapitel 7 dieser Diplomarbeit. Ebenso wichtig ist aber auch die Frage, was in dieser Diplomarbeit nicht bearbeitet wird. Es wird begründet welche Fragen aus welchen Gründen außer Acht gelassen wurden, um einen möglichst engen Blick auf die Forschungsfrage werfen zu können.

1.1. Thema dieser Arbeit

Die folgende Diplomarbeit ist dem Wissenschaftsgebiet der Physikdidaktik zuzuordnen. Diese beschäftigt sich mit der Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011). Folglich hat Physikdidaktik ihren Aufgabenbereich nicht ausschließlich in der Schule, jedoch wird der Bezug zu ihr der wichtigste in dieser Arbeit sein. Alle Bereiche, also sowohl die Theorie als auch die Praxis von Lehren bzw. Lernen, werden in dieser Arbeit mit unterschiedlicher Gewichtung behandelt werden müssen, um die gestellte Forschungsfrage vollständig beantworten zu können. In dieser Arbeit wird eine Unterrichtsmethode entwickelt, durchgeführt und evaluiert, weswegen alle Aspekte der Physikdidaktik beachtet werden müssen. Auf inhaltlicher Ebene wird diese Arbeit durch die Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsinhalt Infrarotstrahlung eingegrenzt.

Wie man dem Titel nun entnehmen kann, setzt sich das bearbeitete Thema aus zwei großen Schwerpunkten zusammen. Einerseits geht es um eine ganz spezielle Art einer Unterrichtsmethode, nämlich dem Cross-Age Peer Tutoring, welcher ein eigenes Kapitel gewidmet wird. Andererseits wird diese Unterrichtsmethode anhand eines Unterrichtsthemas, der Infrarotstrahlung, umgesetzt. Im Laufe der Arbeit wird der Begriff noch genauer spezifiziert und für den schulischen Kontext, anhand von Unterrichtszielen, eingegrenzt.

1.2. Auf welche Literatur wird zurückgegriffen

Die Kapitel dieser Diplomarbeit stützen sich auf Fachliteratur, die im Folgenden kurz dargestellt werden soll.

Bei der Bearbeitung des Forschungsthemas „Schülervorstellungen“ wurden als Grundpfeiler der Auseinandersetzung Artikel von Duit (1993) und Jung (1986) gewählt.

Zur anschaulichen Beschreibung der Eigenschaften von Infrarotstrahlung wurden Standardwerke, wie die von Tipler und Mosca bzw. Bergmann und Schäfer zu Rate gezogen (Tipler & Mosca, 2004; Bergmann et al., 2004). Sie bilden die Grundlage für das Verständnis von elektromagnetischer Strahlung, die in dieser Arbeit behandelt wird.

Zu den Meilensteinen der fachdidaktischen Forschung über „conceptual change“ zählen sicherlich die Artikel von Strike und Posner (1982), sowie diSessa (2006) und Vosniadou (2008). Dort werden verschiedene Theorien behandelt, die in dem Kapitel grob skizziert werden.

Die Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring wurde in den Meta-Analysen von Topping (2005) sowie von Robinson, Schofield und Steers-Wentzell (2005) ausführlich analysiert. Auch davor ist die Methode schon von vielen Forschern und Forscherinnen unter verschiedenen Aspekten beleuchtet worden (Cohen, Kulik, & Kulik, 1982; Greenwood et al., 1984; Rosen, Powell, & Schubot, 1977).

Bei der POE-Methode ein Experiment zu planen wird hauptsächlich auf das Werk „Probing Understanding“ zurückgegriffen, wo sie entwickelt wurde (White & Gunstone, 1992). Dort wurde anhand konstruktivistischer Theorien eine effektive Art von Schülerexperimenten entwickelt. Auch Marianne Korner hat 2013 in der Mitarbeit bei Projekten zu diesem Thema wichtige Erfahrungen in Form eines Artikel veröffentlicht, die dankbar studiert wurden (Korner, 2013).

1.3. Das Ziel dieser Arbeit

Diese Arbeit soll einen wichtigen Baustein in der Erforschung von Unterrichtsmethoden und der daraus resultierenden Lernergebnisse liefern. Es soll herausgefunden werden, ob eine Unterrichtsintervention, die das Cross-Age Peer Tutoring Konzept verwendet, im Physikunterricht ebenso erfolgreich sein kann, wie in anderen Gebieten, die bisher in der Literatur behandelt wurden. Es ist wichtig die Anwendung der Methode zu bestimmten Inhalten zu erforschen, da sich herausgestellt hat, dass die Ergebnisse stark von Fach zu Fach und von Methode zu Methode variieren (vgl. Topping, 2005).

Als wichtiger Aspekt fließt bei dem Unterrichtsinhalt Infrarotstrahlung die Verwendung einer Infrarotkamera ein. Das Potenzial von solchen Kameras in Lehr- und Lernsituationen wurde bereits von Universitäten erkannt (vgl. Xie & Hazzard 2011). Es gibt allerdings kaum Studien, die die Effekte von IR-Kameras in der Schule zeigen. Aus diesem Grund wird später noch auf die möglichen Probleme dieser Geräte im Umgang mit Schülern und Schülerinnen eingegangen.

1.4. Forschungsfrage

Die einleitenden Worte führen uns auf direktem Wege zu einem essentiellen Teil einer jeden wissenschaftlichen Arbeit. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird der Fokus auf folgende Forschungsfrage gelegt.

„Führt ein Cross-Age Peer Tutoring Programm in einer 12.Schulstufe AHS, am Beispiel der Infrarotstrahlung, zu einer Verbesserung des fachlichen Verständnisses bei den Tutoren und Tutorinnen?“

Im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit werden Sie erfahren, wie dieses Programm genau aussehen wird, welche Aspekte der Infrarotstrahlung damit vermittelt werden sollen und anhand welcher Kriterien entschieden wird, ob das Programm gut oder schlecht funktionierte.

1.5. Worauf nicht eingegangen wird

Um bei den Lesern und Leserinnen keine falschen Erwartungen zu wecken, möchte ich am Schluss der Einleitung noch einmal betonen, um welche Aspekte es in dieser Arbeit gehen wird und welche bewusst vernachlässigt werden.

Der Fokus liegt auf der Erstellung und Überprüfung einer praktisch durchführbaren Unterrichtsmethode. Diese wurde durch Recherche gut begründet und durch einen aufwendigen Diskussionsprozess mit Fachkollegen fertiggestellt. Am Ende dieser Arbeit steht eine Unterrichtsmethode, die entweder für den Unterricht zu empfehlen oder abzulehnen ist.

In dieser Arbeit kann nicht darauf eingegangen, wie gut diese Unterrichtsmethode im Vergleich zu anderen Methoden funktioniert. Auch ist die Aussagekraft der Ergebnisse aufgrund der kleinen Stichprobe kritisch zu betrachten. Da es sich hierbei aber um Pionierarbeit handelt, ist die Durchführung innerhalb Wiens mit einer überschaubaren Anzahl an Probanden und Probandinnen gerechtfertigt.

In der Diskussion der Ergebnisse wird eruiert, ob sich am Wissensstand der Schülerinnen und Schüler bezüglich Infrarotstrahlung etwas verändert hat, oder nicht. Wenn es die Ergebnisse zulassen, wird diese Veränderung weiter spezifiziert und qualitativ analysiert. Die Arbeit soll erste Ergebnisse zu einem noch unerforschten Gebiet liefern und prüfen ob eine größer angelegte Studie zu empfehlen ist.

1.6. Methodischer Weg zum Ziel

Um diese Forschungsfrage beantworten zu können, wurde eine Intervention nach zwei fachdidaktisch gut belegten Konzepten geplant. Zum einen wurde als Grundgerüst das Cross-Age Peer Tutoring Modell herangezogen, zum anderen wurde innerhalb dieser Struktur sehr starker Fokus auf die POE-Methode gelegt. Beide Konzepte werden noch genauer erläutert.

Diese Intervention wurde anschließend mit Schülern und Schülerinnen erprobt und ausgewertet.

Die Auswertung dieser Intervention geschah mittels zwei Testungen, eine vor der Intervention und eine danach. Beide Testungen benutzten dieselben Fragen.

1.7. Gliederung der Arbeit

Die folgende Arbeit ist grob in zwei Abschnitte zu unterteilen. Im ersten Abschnitt findet sich die theoretische Fundierung. Die Kapitel über Cross-Age Peer Tutoring, POE, Schülervorstellungen, Begriffswechsel und Infrarotstrahlung liefern die nötigen Grundlagen zur weiteren Bearbeitung. Im zweiten Abschnitt der Arbeit ist der empirische Teil, gekennzeichnet durch Klärung des Forschungsdesigns, Aufbereitung der Ergebnisse und deren Interpretation, zu finden.

2. Schülervorstellungen und Lernen von Physik

In folgendem Kapitel werden Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen angeführt und ihre Bedeutung im Unterricht behandelt. Es werden die unterschiedlichen Auffassungen skizziert und in Zusammenhang gebracht. Daraus ergeben sich Konsequenzen für Lehrer, Lehrerinnen, Schüler und Schülerinnen im Unterricht.

2.1. Schülervorstellungen – Was ist das?

Im Unterricht ist die Konfrontation mit Schülervorstellungen unvermeidbar. Es wird etwas erklärt, oder gemacht und schon hat sich der Schüler oder die Schülerin eine Vorstellung dazu gebildet. Es ist aber nicht ganz so einfach erklärt, denn Schülervorstellungen kann man nach allerlei Perspektiven differenzieren. Es haben sich zu diesem Zweck sehr viele verschiedene Begriffe entwickelt, die die Idee stets ein wenig anders beschreiben (vgl. Wodzinski, 2006). Obwohl die Begriffe oft stark divergieren, ist ihnen doch allen ein einheitlicher Bedeutungskern gemein. Egal, ob man von Vorverständnissen, naiven Theorien, Präkonzepten, Alltagsvorstellungen, Alltagstheorien, Misskonzepten oder Fehlkonzepten spricht, meint man damit jedoch immer, dass Schüler und Schülerinnen den Unterricht bereits mit Vorwissen besuchen (vgl. Heran-Dörr, 2012; Jung, 1986; Duit, 1993). Neue Unterrichtsinhalte werden somit immer in Bezug zu bestehenden Wissenskonstrukten gebracht.

Wir betrachten dazu die exemplarisch skizzierte Unterrichtssequenz von Heran-Dörr (2012), in der Grundschulkinder mit dem Aufbau eines einfachen Stromkreises betraut werden. Sie werden immer wieder angehalten, ihre Vorstellungen über das was passiert, zu verbalisieren.

„Der Strom ist in der Batterie drin und geht von da zum Lämpchen hin, dann leuchtet's.“ (Heran-Dörr, 2012)

Diese Äußerung eines Kindes zeigt eine vermutete Vorstellung davon, dass in der Batterie etwas drinnen sein muss, was die Lampe zum Leuchten bringt (vgl. Heran-Dörr, 2012). Es weiß vermutlich, dass die Eltern es Strom nennen, was Lampen leuchten lässt und, dass sie von Verbrauch sprechen, wenn sie Batterien wechseln. Das Kind wendet also ein Modell aus

seiner Alltagswelt auf eine neue Situation im Physikunterricht an und versucht das Experiment nach bestem Wissen zu beschreiben.

Wenn man nun diese gedankliche Neuinterpretation des Kindes mit dem Modell der Physik vergleicht, kann man das Modell des Kindes als falsch einstufen. Aus der Sicht derjenigen Person, die es besser zu wissen glaubt, besitzt dieses Kind also eine Schülervorstellung. Diese Vorstellung wird nicht als falsch abgewertet sondern wird als wichtiger Zwischenschritt im Erkenntnisserwerb akzeptiert (vgl. Heran-Dörr, 2012).

Schüler und Schülerinnen machen im Grunde nichts anderes, wie Physiker und Physikerinnen. Sie bilden Modelle anhand von ihren Beobachtungen. Diese Vorstellungen oder Modelle bilden die subjektive Realität der Schülerinnen und Schüler ab und sind eine Notwendigkeit, um mit der Welt gedanklich umgehen zu können. In der Physik aber hat sich über die Jahrhunderte ein sehr abstraktes Denkmodell entwickelt, welches die Welt konsistent erklärt. Diese beiden Welten passen deshalb oft nicht zusammen (vgl. Heran-Dörr, 2012).

2.2. Forschungsmotivation

Die Forschung auf diesem Gebiet begann ungefähr vor 40 Jahren mit dem Ziel, den naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern. Die damalige Situation zeigte, dass Schüler und Schülerinnen die naturwissenschaftlichen Konzepte nur sehr schwer erlernen konnten. Es wurde nach den Barrieren dafür gesucht und man fand, dass es vorhin genannte Schülervorstellungen sind, die die maßgeblichen Lernschwierigkeiten darstellen (vgl. Heran-Dörr, 2012). Auch Duit (1993) beschreibt, dass die vorunterrichtlichen Erfahrungen meist nicht mit dem in Einklang zu bringen sind, was der Schüler oder die Schülerin lernen soll.

Eine weitere Erkenntnis der fachdidaktischen Forschung ist, dass offenbar kein spezielles Lernstadium benötigt wird, um abstrakte Modelle verstehen zu können. Durch eine frühe Förderung können sogar Volksschulkinder physikalische Denkmodelle entwickeln und lernen so auch in der Sekundarstufe 1 und 2 mehr über Physik (vgl. Heran-Dörr, 2012).

2.3. Schülervorstellungen beeinflussen Unterricht

Physikalische Inhalte werden nur dann verstanden, wenn ihnen ein Sinn zugeordnet werden kann (vgl. Jung, 1986). Um physikalische Phänomene verstehen zu lernen, muss zunächst Information aufgenommen werden. Im weiteren Verlauf gilt es nun, dieser Information einen Sinn zuzuordnen, sie also in Verbindung mit bereits bekanntem zu bringen (vgl. Jung, 1986). Schülerinnen und Schüler, die unterschiedliches Vorwissen besitzen, können also ganz andere Erklärungen zu ein und demselben Problem, Experiment oder Phänomen abgeben.

Wie sich die Erklärung mit dem Vorwissen ändert beschreibt Jung (1986) anhand folgenden Beispiels. Ein Schüler, der nichts von Physik weiß und eine von links nach rechts vorbeierollende Billardkugel in ein vor ihm liegendes Loch stoßen will und es nicht schafft, wird behaupten, dass die Kugel nicht so „tut wie er will“ (vgl. Jung, 1986). Der von Jung (1986) beschriebene Schüler hat gar keine Möglichkeit eine andere Erklärung zu finden, als jene, die er bereits kennt. Es gilt „Wer mehr weiß, lernt mehr“ (Heran-Dörr, 2012).

Das Vorwissen beeinflusst nicht nur die Erklärung, sondern auch die Beobachtung eines Experiments. Duit (1993) beschreibt zur Veranschaulichung hier ein Experiment mit einem Glühdraht, bei dem man beobachten kann, dass er überall gleichzeitig zu glühen beginnt. Schülerinnen und Schüler behaupten allerdings, er würde in der Mitte oder gar von den Enden her zu glühen beginnen, je nachdem was sie erwarten. Diese Erwartungshaltung ist wiederum abhängig von den bisherigen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler.

Jede Vorstellung über die Welt wird von jeder Schülerin und jedem Schüler auf eine eigene Weise konstruiert, darin liegt der individuelle Charakter (vgl. Heran-Dörr, 2012). Vor diesem Hintergrund wird ersichtlich, dass es überhaupt nicht einfach sein kann, etwas in Physik zu lehren, da alles was der Lehrer oder die Lehrerin sagt in einen subjektiven Zusammenhang gebracht wird und der Effekt schwer vorhergesagt werden kann.

Vor einem Erkenntnisserwerb aktivieren sich also Vorstellungen, die zu großen Teilen aus dem Alltagsleben stammen. Daraus lässt sich auch die Hartnäckigkeit dieser Deutungen von physikalischen Phänomenen erklären. Es kann also nur eine Lösung des Konfliktes gefunden werden, wenn Alltag und Physik streng voneinander getrennt werden und Schülerinnen und

Schüler im physikalischen Kontext einen neuen Verstehensrahmen aktivieren (vgl. Jung 1986).

2.4. Die Entstehung von Schülervorstellungen

Jung (1986) weist darauf hin, dass Alltagsvorstellungen die unterschiedlichsten Ursprünge haben können. Die Vorstellungen in unseren Köpfen, die uns zur Orientierung in der Welt befähigen, seien noch Reste der Evolution, die sich ganz langsam entwickelt haben. Er betont zwar den hypothetischen Charakter dieser Behauptung, ist sich aber sicher, dass grundlegende Bedeutungsdimensionen wie Gewinn, Verlust, Geben, Nehmen, Wachsen und Verfall die Vorstellungslogik des sozialen Lebens bestimmen (vgl. Jung, 1986). Diese elementaren Vorstellungen können dann zu der Behauptung führen, Strom sei in der Batterie gespeichert.

Die Entstehung von Schülervorstellungen ist aber nicht nur durch evolutionäre Prozesse zu erklären. Schülerinnen und Schüler machen vor, während und nach dem Unterricht Erfahrungen zu schulischen Inhalten und sind ständig dabei diese neu zu bewerten und zu interpretieren. Schon lange bevor Kinder in die Schule gehen haben sie bereits viele Modelle entwickelt, um sich in der Welt zurecht zu finden. Duit (1993) nennt sie deshalb auch Alltagserfahrungen. Es sind solide Erkenntnisse der Kinder, die sie verwenden, um Phänomene zu beschreiben und die sich im Alltag immer wieder bestätigen.

Schülervorstellungen sind aber auch nicht statisch. Sie werden ständig neu arrangiert und perfektioniert. Um solche Prozesse künstlich herbeizuführen eignen sich Aufgabenstellungen, die ein Umdenken erfordern. Aber auch der Vergleich von Meinungen mit den Mitschülern oder Mitschülerinnen kann eine Neuinterpretation einleiten. Diese kann oft auch ganz spontan ablaufen, um bestehende Kenntnisse und Modelle so verändern, dass vorhandene Vorstellungen nicht komplett aufgegeben, sondern nur angepasst werden müssen (vgl. Heran-Dörr, 2012).

Zuletzt sei noch erwähnt, dass Schülervorstellungen auch maßgeblich durch unsere Sprache konstruiert oder verstärkt werden. Die Redewendung „Die Sonne geht auf“ deutet auf vergangene Weltbilder hin und die Aussage „Ich habe Kraft“ widersetzt sich vehement dem Kraftbegriff der newton'schen Mechanik (vgl. Jung, 1986). Lernen und Sprache sind

untrennbar und beeinflussen sich gegenseitig. Sprache kann die Vorstellungen und Konstruktionen von innen nach außen bringen, das heißt es kann direkt sichtbar werden, wie Schülerinnen und Schüler denken. Genauso kann dieses mächtige Mittel aber auch die Konstruktionen anderer, meist die des Lehrers oder der Lehrerin, in die Vorstellungslogik des Schülers bzw. der Schülerin bringen. Aus diesem Grund kann für das Lernen der sprachliche Austausch, sei er geschrieben oder gesprochen, nicht überschätzt werden (vgl. Heran-Dörr, 2012).

2.5. Eine Schülervorstellung ist weder falsch noch richtig

Sehr oft geschieht es, dass der neutrale Begriff der Schülervorstellung sofort mit falschen Konzepten gleichgesetzt wird. Das kommt wahrscheinlich daher, dass er immer im Zusammenhang mit Schwierigkeiten genannt wird und somit unterschwellig eine Elimination wünschenswert wäre. Um dieser Wertung zu entgehen, grenzt Duit (1993) und auch Jung (1986) die physikalische Vorstellung von der Alltagsvorstellung ab und geht bei letzterer von einer bewährten Methode aus, die Welt zu beschreiben. Die Aufgabe von Physikunterricht ist es in dieser Hinsicht ein unphysikalisches Verständnis von physikalischen Begriffen zu verhindern (vgl. Duit, 1993).

Wagt man sich ein wenig in die Erkenntnistheorie hinein, begreift man die Falschheit von Schülervorstellungen auch aus theoretischer Perspektive als nicht objektiv. Der Konstruktivismus liefert hierzu eine interessante Perspektive.

„B.P.: Unsere Sinne liefern keine naturgetreuen Abbilder der Wirklichkeit? H.F.: Genau; was sie erregt, können wir nie wissen; wir wissen nur, was uns unsere Sinne aus diesen Erregungen vorzaubern.“ (Von Foerster & Pörksen, 1998, S.15)

Der kurze Dialog beleuchtet kritisch die Frage, was nun Wirklichkeit oder Realität sei. In letzter Instanz wird das ein Mensch nie wissen können, da die einzige Möglichkeit des Erkenntnisgewinns die Konstruktion seiner eigenen Wirklichkeit ist. Dass auch die Physik in dieser Hinsicht keine absoluten Wahrheiten präsentieren kann hat schon Sir Karl Popper gesagt, indem er nur die Möglichkeit der Falsifikation, nicht aber die der Verifikation im Wissenschaftsbetrieb erkannte (vgl. Keuth, 2005).

Natürlich werden Lehrer und Lehrerinnen Konzepte von Schülerinnen und Schülern, die nicht im Einklang mit der physikalisch korrekten Beschreibung stehen, als falsch einstufen, obwohl es streng genommen keine absoluten Wahrheiten gibt. Eine Möglichkeit von Wissenschaftsbetrieb kann man sich wie einen riesigen Wettbewerb vorstellen, bei dem die verschiedenen Modelle gegeneinander wetteifern. Jedes Modell wird getestet und welches am genauesten und zuverlässigsten Voraussagen treffen kann wird zur neuen Wahrheit erklärt. Wir haben allerdings auch schon erlebt, dass Konzepte, die falsifiziert wurden, sich aufgrund ihrer praktischen Relevanz trotzdem gehalten haben. Ein bekanntes Beispiel aus dem Unterricht soll die relativistische Geschwindigkeitsaddition dienen, die für viele Situationen unnötig kompliziert ist. Da die normale Addition von Geschwindigkeiten im Alltag aber viel einfacher zum, und das sei betont, selben Ziel führt, wird niemand daran denken, im Straßenverkehr komplizierter zu Denken als nötig. Anhand dieses Beispiels lässt sich vielleicht die Legitimität von Alltagsvorstellungen besser verstehen, obwohl es sich bei Alltagsvorstellungen nicht um eine mathematische Näherung, wie im obigen Fall handelt. Es hat sich eben bewährt bei Problemstellung im Alltag keine wissenschaftlichen Vorstellungen zu aktivieren, sondern effizient zu denken. Ein anderes Beispiel ist: „Mich drückt es in einer Kurve nach außen“ (Jung 1986). Diese Vorstellung wird einem solange beste Dienste erweisen, bis man sich in einer Prüfung über klassische Mechanik wiederfindet. Die Kunst ist abschätzen zu können, in welchen Situationen welche Vorstellung am fruchtbarsten ist.

2.6. Schülervorstellungen = Lernschwierigkeiten?

Schülervorstellungen sind bis jetzt häufig als alltagstaugliche Konzepte verstanden worden, nicht jedoch als direkte Lernschwierigkeit. Es ist ungemein sinnvoll diese beiden Begriffe voneinander zu trennen, da nicht jede Schülervorstellung per se eine Lernbarriere darstellt. Ein Beispiel hierfür sind elementare Gesetzmäßigkeiten wie „Je mehr desto mehr“ oder „Von nichts kommt nichts“. Schülervorstellungen sind hierbei keine Lernschwierigkeiten, sie werden sogar dankbar im Unterricht aufgegriffen, siehe Kapitel 3.

Schülervorstellungen können allerdings auch oft als Lernschwierigkeit auftreten. Am Beispiel des Sehens soll dies verdeutlicht werden. Treffen sichtbare elektromagnetische Wellen auf die Netzhaut, dann sehen wir ein Bild. Mit dieser Vorstellung können wir all die Phänomene der

geometrischen Optik präzise erklären und Vorhersagen treffen. Jung (1986) hat aber festgestellt, dass es für Schülerinnen und Schüler Licht gibt, das auf Gegenständen liegt, diese sind dann hell. Es gibt auch Lampenlicht, welches man nur sieht, wenn man zur Quelle sieht (vgl. Jung, 1986). Mit dieser Beschreibung wird man das Phänomen Regenbogen nur unzureichend, oder aber mit unzähligen Zusatzannahmen, beschreiben können. Schülerinnen und Schüler versuchen durch diese Zusatzannahmen ihre eigenen Modelle zu „retten“.

Dass sich solche lernbehindernde Schülervorstellungen entwickeln liegt oft in der Sache an sich. Der Ausbreitungsweg von Licht z.B. ist für uns nicht sichtbar. Die reine Beobachtung führt also selten zu einer Vorstellung, die Licht als etwas beschreibt, das von einem Gegenstand zu uns kommt. Es ist eine gedankliche Verarbeitung und Neuinterpretation notwendig (vgl. Jung, 1986). Niemand spürt die Strahlung in das Auge fallen, sehr wohl spüren wir aber, dass wir uns anstrengen müssen, um einen Gegenstand zu sehen. Vor diesem Hintergrund wird das Entstehen der Sehstrahlen-Vorstellung leichter verständlich (vgl. Jung, 1986). Bei diesem und anderen Inhalten können sich also Konzepte manifestieren, die es erschweren physikalische Sichtweisen zu erlernen. Schülervorstellungen werden hier zu Lernschwierigkeiten.

2.7. Schülervorstellung haben nicht nur Schülerinnen und Schüler

Stets von Schülervorstellungen zu sprechen, legt den Schluss nahe, dass Erwachsene wie durch ein Wunder von ihren falschen Konzepten befreit sind und ihnen plötzlich nur mehr wissenschaftlich korrekte Konzepte innewohnen. Wie bereits eingangs erwähnt, ist nicht das Denkstadium entscheidend, sondern das Vorwissen. Die Lernschwierigkeiten, die sich aus den Alltagsvorstellungen ergeben, treten ebenso in der Universität auf (vgl. Duit, 1993). Nicht nur Schüler und Schülerinnen, sondern Menschen im Allgemeinen, konstruieren anhand ihrer bisherigen Erfahrungen. Sind diese nur unzureichend wissenschaftlich ausgeprägt, treten dieselben Lernschwierigkeiten auch im Erwachsenenalter auf. Viele Schülerinnen und Schüler aber eben auch viele Studenten und Studentinnen behaupten z.B., dass es die Zentrifugalkraft tatsächlich gibt und zeichnen in einer Skizze oft neben der Zentripetalkraft zusätzlich einen Pfeil nach außen (vgl. Jung 1986).

2.8. Zusammenfassung

Alltagsvorstellungen sind nicht nur nicht geeignet, um am wissenschaftlichen Betrieb und Diskussionen teilzunehmen, sondern sind auch ein großer Faktor für Lernschwierigkeiten im Physikunterricht. Es hat sich als schwierig herausgestellt, Schülern und Schülerinnen etwas über physikalische Phänomene beizubringen, ohne ihnen dabei die Vorstellungslogik der physikalischen Fachwelt aufzuzwingen. Alltagsbezogene Deutungen sind hartnäckiger als man vermutet, da sie im Alltag immer wieder auf Zuspruch stoßen.

Wie Jung (1986) und Duit (2009) formulieren, muss Werbung für die wissenschaftliche Sicht gemacht werden, damit die Kinder, ihre Vorteile erkennen und diese aus Eigeninitiative freiwillig übernehmen. Als Lehrkraft muss man dennoch unterscheiden können, wann eine Vorstellung ein weiteres Lernen blockiert und wann sie nur einen individuellen Denkszugang darstellt. Eigenständiges Denken sollte nicht bestraft werden.

2.9. Schülervorstellungen zur Infrarotkamera

Da die IR-Kamera einen wichtigen Teil der geplanten Unterrichtsintervention darstellt, soll in diesem Kapitel ein Überblick über mögliche Schülervorstellungen gegeben werden. Meiringer (2013) schrieb zu diesem Thema eine Diplomarbeit. Die dort hervorgebrachten Ergebnisse werden nun vorgestellt.

Die Ergebnisse beruhen auf Interviews mit Schülern und Schülerinnen, hauptsächlich Maturanten und Maturantinnen. Während nur 2 von 8 Schüler und Schülerinnen Infrarotstrahlung als Strahlungsart kannten, waren jedoch Bilder von IR-Kameras bei jeder und jedem bekannt (vgl. Meiringer, 2013). Ebenso wurden Bilder einer IR-Kamera sofort mit „Wärmebildern“ gleichgesetzt (vgl. Meiringer, 2013). Meiringer (2013) hält es aus diesem Grund für wichtig, dass bei der Verwendung einer IR-Kamera auch Schülervorstellungen der Wärmelehre Beachtung finden. Der Umstand, dass so wenige Schülerinnen und Schüler Infrarotstrahlung kennen, wurde in der Intervention berücksichtigt indem eine allgemeine Einführung in die verschiedenen Strahlungsarten durchgeführt wurde, siehe Kapitel 7.

Unbekannt ist hingegen die Tatsache, wie eine solche Kamera im konkreten funktioniert. Es wird deshalb empfohlen, die IR-Kamera soweit zu klären, dass von ihr keine gefährliche Strahlung ausgeht (vgl. Meiringer, 2013). Es ist davon auszugehen, dass eine genaue technische Erläuterung nicht notwendig ist. Der Schüler und die Schülerin müssen aber verstehen, dass die IR-Kamera lediglich wie eine normale Kamera und somit auch wie das menschliche Auge funktioniert. Sie ist ein reiner Sensor.

Es konnte bei 6 von 8 Probanden und Probandinnen ein Fehlkonzepthaus dem Bereich der Optik identifiziert werden. Sie gingen davon aus, dass die IR-Kamera zuerst Infrarotstrahlung aussenden muss, bevor sie welche detektieren kann, ähnlich der Vorstellung, dass das menschliche Auge zuerst Sehstrahlen aussendet (vgl. Meiringer, 2013).

Meiringer (2013) nennt zwei große Bereiche von Lernschwierigkeiten im Umgang mit IR-Kameras. Zum einen ist er zu dem Schluss gekommen, dass sich die verwendete farbige Skala einer IR-Kamera nicht anstandslos ohne Vorwissen richtig interpretieren lässt, zum anderen wird geglaubt, dass das technische Gerät störanfällig für andere technische Geräte ist, ähnlich wie Funkübertragungen durch Interferenzen gestört werden können. Ein Handy soll durch seine Sendetätigkeiten den Betrieb der IR-Kamera stören, so Schüler und Schülerinnen. Grund hierfür könnte die wenig differenzierte Betrachtungsweise von elektromagnetischer Strahlung sein (vgl. Meiringer, 2013).

2.10. Schülervorstellungen zur Infrarotstrahlung

Dieses Unterkapitel geht im Konkreten auf gefundene Schülervorstellungen zum Thema Infrarotstrahlung ein. Es soll einen kleinen Umriss darstellen, von dem was erwartet werden kann. Auf dieser Grundlage werden Anknüpfungspunkte gesucht, um eine Intervention zu gestalten, die diese Schülervorstellungen berücksichtigt.

Wie schon bei Meiringer (2013) hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Infrarotstrahlung häufig nichts verbinden können (vgl. Libarkin, Asghar, Crockett, & Sadler, 2011).

Susanne Neumann hat im Rahmen ihrer Dissertation drei wichtige Vorstellungen zum Thema Strahlung im Allgemeinen von Schülerinnen und Schülern identifiziert (vgl. Neumann, 2014).

Die Ergebnisse können zwar nicht uneingeschränkt auf die Infrarotstrahlung im Speziellen übertragen werden, dürfen aber als grobe Vorstellung dafür dienen.

Strahlung wird von Schülerinnen und Schülern als etwas verstanden, das nur von technischen Geräten ausgesendet wird (vgl. Neumann, 2014). Dadurch wird ein Konzept, in dem alles Strahlung aufgrund seiner Temperatur abgibt, nur schwer erlernt. Als Gründe hierfür gibt Neumann (2014) die fehlende mediale Verbreitung, sowie den Fokus des Lehrplans auf radioaktive Strahlung an. Sie geht weiter davon aus, dass die Verwendung einer IR-Kamera ein guter Zugang sein kann, diesem Konzept entgegenzuwirken.

Strahlung wird von der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler laut Neumann (2014) als schädlich eingestuft. Der Grund hierfür liegt wieder in medialer Berichterstattung über Zusammenhänge von Handystrahlung und Tumoren bzw. den Auswirkungen eines Unfalls in einem Atomkraftwerk. Neumann (2014) plädiert für einen Unterricht, der differenziertes und kritisches Denken über Strahlung fördert. Infrarotstrahlung sorgt zum einen für angenehme Wärme im Sommer, zum anderen kann sie im Übermaß die Haut verbrennen. Solche Beispiele lassen sich für fast alle Strahlungen finden.

Als letzte Schülervorstellung führt Neumann (2014) an, dass Schülerinnen und Schüler Strahlung sich oft als unsichtbar vorstellen und das sichtbare Spektrum dabei ignorieren. Dabei werden von den Schülerinnen und Schüler zwei Kategorien gebildet, zum einen die Strahlung, die unsichtbar ist, zum anderen das Licht, welches sichtbar ist. Interessant zeigen sich Mischformen bei Nennungen wie Laserstrahlung, die zwar Strahlung ist, aber trotzdem sichtbar. Im Grunde ist es für Schülerinnen und Schüler aber sehr schwer Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums zu verstehen (vgl. Neumann, 2014). Nach der Intervention wird man sehen, wie diese Schülervorstellung in Bezug auf Infrarotstrahlung zu interpretieren ist, da vermutet wird, dass durch das Vorkommen des Wortes „Rot“ eine Verbindung zum sichtbaren Spektrum hergestellt wird. Eine Zielformulierung wird es sein, zu vermitteln, dass Infrarotstrahlung eben nicht mehr zum sichtbaren Spektrum gehört und unsichtbar ist.

Alles in allem zeigt sich, dass spezifische Forschung über Schülervorstellungen der Infrarotstrahlung noch weitgehend ausgeblieben sind. Die allgemeinen Kenntnisse über Strahlung können aber als Ausgangspunkt herangezogen werden.

3. Conceptual Change

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Frage, was man unter dem sogenannten „conceptual change“ versteht und welche theoretischen Grundlagen es dazu gibt. Es werden zwei Theoriegebäude dargestellt und Möglichkeiten aufgezeigt, wie man „conceptual change“ unterstützen kann.

3.1. Was ist „Conceptual Change“?

Welches Konzept und welche Veränderung sind bei „conceptual change“ gemeint? Es beschreibt grundlegend die Entwicklung von einem falschen naiven Denkmodell zu einem richtigen wissenschaftlichen Modell (vgl. Aufchnaiter, 2015). Wie dieser Prozess aussieht, welche Theorien ihm zugrundeliegen und welche Strategien am ehesten zum richtigen Konzept führen, darüber haben sich Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen seit Ende der 60er Jahre Gedanken gemacht (vgl. Aufchnaiter, 2015). Ich werde im Weiteren das deutsche Wort Begriffswechsel bzw. Konzeptwechsel, anstelle von „conceptual change“ verwenden. Wie in dem Kapitel Schülervorstellungen schon beschrieben, haben Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Erklärungen von Phänomenen, um sich in der Welt zurechtzufinden. Diese Modelle entwickeln sich aus Beobachtungen des Alltags und können zwar den wissenschaftlichen Konzepten entsprechen, tun dies aber nur manchmal. Sie haben sich im Alltag bewährt und dominieren die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler über die Welt. Diese Konzepte sind aber selten anschlussfähig und, um immer komplexere und abstraktere Modelle verstehen zu können, müssen im Unterricht die richtigen Maßnahmen gesetzt werden (vgl. Duit, 1986).

Dieser Wechsel oder vielmehr die Neukonstruktion von einem Konzept, das einen physikalischen Sachverhalt nur einseitig oder falsch beschreiben kann, zu einem konsistenten wissenschaftlichen Konzept bezeichnet man im weiteren Sinne als Begriffswechsel (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011; Aufchnaiter & Rogge, 2015). Da die Hürden für eine solche Umstrukturierung meist recht groß sind, haben sich neben anderen Strike und Posner (1982) mit diesem Prozess auseinandergesetzt und Bedingungen für einen erfolgreichen

Begriffswechsel identifiziert. Es soll eine einfache fiktive Unterrichtssituation zur Erklärung dienen.

Eine Lehrerin hat einen Basketball und einen Tennisball in der Hand und fragt welcher Ball zuerst den Boden berührt. Eine Schülerin gibt die Antwort: „Leichte Objekte fallen langsamer als schwere, also kommt der Basketball zuerst auf!“ Die Schülerin wird nach ihrer Erklärung gefragt und sie erzählt von dem Konfetti, das sie über ihre Schwester streuen wollte, sie konnte aber leicht ausweichen, da das Konfetti so langsam herunterfiel.

Beginn eines Begriffswechsels ist also eine Fehlvorstellung. Die Schülerin hat ein Modell zum Fallen entwickelt und weitet dieses Modell nun auf die zwei Bälle aus. Nehmen wir an, die Schülerin ist leistungsorientiert und wird von der Lehrerin auf ihr falsches Wissen hingewiesen, dann wäre sie mit ihrem Konzept unzufrieden. Dies ist auch der Ausgangspunkt bei Strike und Posner (1982). Es geht darum, dass der oder die Lernende aus irgendeinem Grund unzufrieden mit seinem oder ihrem Konzept ist.

Nun bietet ihr die Lehrerin die wissenschaftliche Version in geeigneter Weise an. Sie tut dies in einer adäquaten Sprache und versucht den vorliegenden Sachverhalt zunächst einmal so einfach wie möglich darzustellen.

Im weiteren Verlauf muss das neue Konzept einmal vorgestellt werden. Das Aufschreiben abstrakter mathematischer Gleichungen über den Luftwiderstand und die Gravitationskraft wäre allerdings ungeeignet, da die Begriffe für die Schülerin nicht fassbar sind. Strike und Posner (1982) legen fest, dass für einen Begriffswechsel das neue Konzept „intelligible“, also für Schülerinnen und Schüler fassbar sein muss. Dies erreicht man durch Methoden und Formulierungen, die an den Wissenstand der Schülerinnen und Schüler angepasst sind.

Anschließend drückt die Lehrerin, der Schülerin die beiden Bälle in die Hand und ermuntert sie, es selbst auszuprobieren.

Nun kann eine Idee zwar grundsätzlich verstanden werden, das heißt aber nicht, dass sie als neues Konzept internalisiert wird. Die Idee muss zusätzlich plausibel und einleuchtend sein (vgl. Strike & Posner, 1982). Damit ist gemeint, dass die Idee von der Schülerin nachvollzogen werden kann. Im Konkreten lässt die Lehrerin die Schülerin ein Hands-On Experiment durchführen, welches der Schülerin die Richtigkeit dieses Konzepts näher bringt.

Nachdem die Schülerin nun selbst erfahren hat, dass dieses Konzept offenbar mehr als nur Theorie ist, wendet sie ihr neu erworbenes Wissen im Rahmen eines SchülerInnenwettbewerbs an und gewinnt einen Preis.

Die Forderung nach Nachvollziehbarkeit ist für Strike und Posner (1982) aber noch nicht genug. Sie verlangen als letzten Punkt, dass die Idee „fruitful“, also brauchbar, ist. Damit die Schülerin das alte Konzept durch das neue austauschen kann, muss sie es zumindest an einem Beispiel mit Erfolg anwenden können.

3.2. Die verschiedenen Theorien zum Begriffswechsel

Trotz der langen Zeit in der sich Forscher und Forscherinnen nun mit dem Begriffswechsel auseinandergesetzt haben, hat sich noch kein Theoriegebäude wirklich durchgesetzt. Das oben beschriebene Modell für einen Begriffswechsel war nur eines von vier, die in der Literatur öfter genannt werden (vgl. Aufschnaiter, 2015). Jene vier Ansätze stammen von diSessa (DiSessa, 2006), Strike und Posner (Strike & Posner, 1982) Vosniadou (Vosniadou, 2008) und Chi (Vosniadou, 2008, S. 61-82).

Obwohl die Modelle sich doch grundsätzlich voneinander unterscheiden weisen sie gewisse Gemeinsamkeiten bezüglich der Fragen auf, die sie zu beantworten versuchen.

- Was sind Konzepte?
- Gibt es Wissen, das mehr oder weniger ist als ein Konzept?
- Wie findet der Begriffswechsel statt?
- Warum sind manche Begriffswechsel für Schülerinnen und Schüler so schwierig?
- Wie kann man den Begriffswechsel bestmöglich unterstützen?

(vgl. Aufschnaiter, 2015)

Wenn man die verschiedenen Modelle miteinander vergleichen will, bietet es sich an, sie grob in zwei Lager zu unterscheiden. Zum einen gibt es jene Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, die das Wissen von Schülerinnen und Schüler als zusammenhängende Theorien sehen, während andere das Wissen in sehr viele kleine Elemente unterteilen, im

Englischen als „knowledge-as-theory“ und „knowledge-as-elements“ bezeichnet (vgl. Özdemir & Clark, 2007).

Im Weiteren sollen nicht einzelne Theorien eines Lagers seziert werden, sondern ein Überblick über die zwei Positionen anhand von verschiedenen Forschern und Forscherinnen gegeben werden. Der Ansatz „knowledge-as-theory“ wird anhand der Forschungen von Posner und Strike (1982) erklärt, während das Modell „knowledge-as-elements“ anhand von diSessa (2006) dargestellt werden soll.

Posners und Strikes (1982) Modell lehnt sich stark an Kuhns Paradigmenwechsel an (vgl. Kuhn & Simon, 1976). Sie postulieren, dass ein Lerner oder eine Lernerin, deren Konzept bezüglich eines Problems funktioniert, keinen Anreiz hat das Konzept zu verwerfen oder gar ein neues aufzubauen. Selbst wenn das Konzept nicht immer funktioniert, wird es lediglich adaptiert, damit es gerade noch die Bedürfnisse erfüllt. Erst wenn es zu einer subjektiven Unzufriedenheit kommt, kann es zu einer Verwerfung des alten Konzeptes kommen und folglich zu einem Begriffswechsel (vgl. Posner & Strike, 1982). Es erfolgt hier ein radikaler Wechsel des gesamten Konzepts.

Vosniadiou (2008) konzentriert sich bei ihrem Ansatz auf mentale Modelle und deren Annahmen, die ihnen zugrundeliegen. Es wird angenommen, dass Schülerinnen und Schüler durch ihre Erfahrungen im Alltag intuitive Modelle bilden. Das intuitive Modell ist jenes, welches nicht durch wissenschaftliche Konzepte beeinflusst wird. Bei Instruktion durch eine Autoritätsperson entstehen sogenannte synthetische Modelle. Diese synthetischen Modelle sind das Ergebnis aus den intuitiven und wissenschaftlichen Modellen und führen auch zu Fehlvorstellungen. Um hier einen Begriffswechsel herbeizuführen eignet sich nach Vosniadou am besten die Konfrontation mit den Fehlvorstellungen der Schüler.

Allen Verfechtern des „knowledge-as-theory“ Ansatzes ist gemein, dass sie beim Begriffswechsel von einem längeren graduellen Prozess ausgehen, der nicht spontan abläuft. Sie gestehen auch jedem Lernenden einen gewissen Grundstock an naiven Konzepten zu, der sich im Alltag als vorhersagekräftig erwiesen hat (vgl. Özdemir & Clark, 2007).

Von allen Anhängern der „knowledge-as-elements“ Theorie ist DiSessa (2006) einer der Bekanntesten. Er hat ein Modell entwickelt, in welchem Wissen in kleinste Einheiten zerlegt werden kann und es „knowledge in pieces“ genannt.. Diese kleinen Einheiten werden „p-prim“

genannt und sind quasi unabhängig voneinander. Wird ein Konzept zu einem physikalischen Phänomen benötigt, dann werden viele verschiedene „p-prims“ aktiviert. Sie bilden keine großen zusammenhängenden Theorien wie bei Vosniadou (2008) sondern bestehen im Wesentlichen aus Fakten, Geschichten und Konzepten verschiedener Entwicklungsgrade (vgl. diSessa, 2006)

Mit dem Ansatz der vielen kleinen Theorien können auch falsche Beschreibungen von Schülern leicht erklärt werden. Sie sind nicht gleichzusetzen mit grundlegend falschen Konzepten, sondern lediglich mit der Aktivierung von „p-prims“ in falschen Zusammenhängen. Als Beispiel nennt diSessa (2006) den Gleichgewichtszustand beim senkrechten Wurf. Oft glauben Schülerinnen und Schüler, dass eine Kraft existiert, die der Schwerkraft entgegen wirkt und somit einen Gleichgewichtszustand bildet. Die Aktivierung dieser Minitheorie ist nicht immer falsch, nur in diesem speziellen Beispiel. Die Idee des Gleichgewichtszustandes ist z.B. in statischen Systemen von höchster Bedeutung. Grundsätzlich ist der Zugang von diSessa (2006) gekennzeichnet durch ein Anknüpfen an bestehende „p-prims“ und deren gezielte Aktivierung in verschiedenen Situationen.

Man kann dem ersten Modell grob eine revolutionäre Veränderung von Konzepten zuordnen und dem zweiten Modell eine evolutionäre Veränderung im Kleinen (vgl. Özdemir & Clark, 2007). Aus diesen grundlegenden Unterschieden lassen sich auch verschiedene Strategien ableiten, um den Begriffswechsel zu unterstützen.

3.3. Konzeptwechselstrategien

Da die Vorstellungen, die im Alltag erworben werden, oft mit den physikalischen Vorstellungen kollidieren, ist für das Lernen von Physik fast immer ein Begriffswechsel notwendig (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011).

Unter Anlehnung der oben genannten Kriterien für einen erfolgreichen Begriffswechsel, haben sich verschiedene Strategien entwickelt. Darunter gibt es die Anknüpfungs-, Konfrontations-, Brücken- und Umdeutungsstrategie.

Bei der Anknüpfungsstrategie sieht man Alltagsvorstellungen als nutzbringendes Vorwissen. Wichtig dabei ist, dass man nicht solche Vorstellungen heranzieht, die den physikalischen

Begriffen widersprechen, sondern sie begreifbar machen. Die grundlegende Idee „Eine Einwirkung führt zu einer Änderung“ kann man beispielsweise in der Mechanik benutzen (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011). Es wird also gar nicht auf eine Fehlvorstellungen eingegangen, sondern direkt an eine Gesetzmäßigkeit angeschlossen, die man aus dem Alltag kennt. Diese Strategie ist gut mit dem Modell der kleinen Minitheorien vereinbar.

Die Konfrontationsstrategie kann angewendet werden, wenn im Klassenzimmer Bereitschaft zur Diskussion herrscht. Hierbei werden von den Schülerinnen und Schülern Vorstellungen gesammelt und verglichen. Der kognitive Konflikt soll in der Theorie einen Begriffswechsel anbahnen. Hierbei muss beachtet werden, dass Konflikte sehr subjektiv sind und diese Methode auch Fehlvorstellungen verstärken kann (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011). Bei dieser Methode wird versucht, einen grundlegenden Bruch mit den Schülertheorien zu provozieren. Diese Strategie lässt sich gut mit dem Ansatz von Vosniadou (2008) vereinbaren.

Die Umdeutungsstrategie nimmt auf die aktuelle Vorstellung der Schülerinnen oder des Schülers Bezug und erachtet sie zunächst einmal nicht als falsch. Sie wird vielmehr in den physikalischen Kontext übergeführt. Stromverbrauch könnte man als Umwandlung von elektrischer Energie umdeuten (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011).

Als letzte Strategie einen Begriffswechsel herbeizuführen kommt die Brückenstrategie in Frage. Hierbei werden Zwischenschritte eingeführt, die einen weichen Übergang von einem Konzept zum anderen ermöglichen sollen (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011). Sowohl die Umdeutungsstrategie als auch die Anknüpfungsstrategie bauen auf dem Modell „knowledge-as-pieces“ auf und setzen nicht auf eine komplette Neukonstruktion, sondern auf einen Umbauprozess.

3.4. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist beim Begriffswechsel also ein Prozess gemeint, der bei Lernenden stattfindet, oder besser gesagt stattfinden soll, wenn neue wissenschaftliche Modelle gelernt werden. Die Theorien, die diesen Prozess beschreiben sind zum Teil recht unterschiedlich und doch weisen sie grundlegende Gemeinsamkeiten auf. Die Konzepte, die Schülerinnen und Schüler besitzen hängen von den Alltagserfahrungen ab und sind bei der „knowledge-as-

theory“ Betrachtung komplett zu überdenken. Beim „knowledge-as-elements“ Ansatz dagegen, sind diese Alltagserfahrungen gezielt in einen sinnvolleren Kontext zu bringen.

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass ein Begriffswechsel stattfindet, müssen die Lehrmethoden soweit angepasst werden, damit Schülerinnen und Schüler die von Strike und Posner (1982) bzw. Duit und Treagust (2003) beschriebenen Phasen erleben können. Zusätzlich gibt es Strategien, wie die Anknüpfungs-, Konfrontations-, Brücken- und Umdeutungsstrategie, um den Begriffswechsel einzuleiten (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011).

4. Cross-Age Peer Tutoring

In diesem Kapitel werden die Grundzüge einer speziellen Unterrichtsmethode beschrieben. Ebenso wird geklärt, warum diese Methode in den Forschungsfokus geraten ist und wieso man sich soviel von ihr verspricht. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werde ich ab jetzt das Akronym CAPT für diese Unterrichtsmethode verwenden.

4.1. Peer Tutoring

Bevor sich eingehend mit CAPT befassen kann, ist es nötig die Ursprünge der Methode im „Peer Tutoring“ zu verstehen. Topping (1996) schreibt dazu folgendes:

„people from similar social groupings who are not professional teachers helping each other to learn und learning themselves by teaching“ (Topping , 1996)

Sind zwei Menschen Angehörige einer Gruppe und sind sie durch kein hierarchisches Verhältnis voneinander getrennt, bezeichnet man diese als „peers“. Der Begriff stammt aus der Soziologie und zeichnet die beiden Personen durch eine emotionale Nähe zueinander aus. Zwei Schüler oder zwei Schülerinnen einer Klasse wären zueinander „peers“. Peer Tutoring ist dadurch gekennzeichnet, dass ein „peer“ in die Rolle des Tutors bzw. der Tutorin schlüpft, der andere „peer“ in die Rolle des oder der Lernenden (vgl. Topping, 1996). Es gibt keine Hierarchie, wie bei einem Lehrer-Schüler bzw. Lehrerinnen-Schülerinnen-Verhältnis, ebenso ist der Wissensstand zwischen den beiden „peers“ in etwa gleich.

Die grundsätzliche Idee, dass Lernende andere Lernende unterrichten oder beim Lernen unterstützen ist keineswegs neu. Das Konzept dürfte es geben, seitdem es menschliche Gesellschaften gibt (vgl. Topping, 2005).

Peer Tutoring wirkt sich auf den Tutor bzw. die Tutorin positiv hinsichtlich ihrer Kompetenzen aus. Es führt in dieser Weise dazu, kognitive Herausforderungen zu meistern, wie die Vereinfachung, die Klärung und das Geben von relevanten Beispielen (vgl. Topping, 1996). Annis (1983) zeigte, dass sogar die bloße Vorbereitung auf ein gar nicht durchgeführtes Tutoring zu besseren Ergebnissen bei einer Testung führte, als das bloße Lernen eines Stoffes.

Es konnte gezeigt werden, dass Tutoring bei allen Beteiligten zu positiven Lernergebnissen führt. Bei denen, die das Tutoring erhalten haben, zeigten sich bessere Leistungen und eine positivere Einstellung gegenüber dem Fach, in dem sich unterrichtet wurden. Bei den Tutoren und Tutorinnen zeigte sich ein ähnliches Bild. Neben einer positiveren Einstellung, erhöhte sich auch das Verständnis des unterrichteten Stoffgebietes (vgl. Cohen et al., 1982).

In manchen Studien wird von einem hohen Einfluss solcher Tutoringprogramme auf das Selbstwertgefühl von Schülerinnen und Schülern berichtet. Dies konnte in einer quantitativen Auswertung nicht bestätigt werden, es dürfte sich also um Einzelfälle handeln (vgl. Cohen et al., 1982).

4.2. CAPT

Unter CAPT versteht man eine Unterrichtsmethode, die darauf abzielt, Angehörige einer bestimmten Gruppe (Peers), in diesem Fall Schüler und Schülerinnen, in die Rolle des Lehrenden bzw. des Lernenden zu bringen. Dies geschieht zusätzlich mit einem Unterschied im Alter (vgl. Korner, 2013). Die Methode ähnelt deshalb dem klassischen Peer Tutoring und es gibt auch hier kein Autoritätsverhältnis, beide Parteien sind Schüler oder Schülerinnen, allerdings ist der Wissensstand aufgrund des Altersunterschieds meistens nicht gleich. Obwohl der Altersunterschied bei dieser Methode eine Hierarchie vermuten lässt, haben Fogerty und Wang (1982) gezeigt, dass die Rolle des Tutors bzw. der Tutorin eher der einer Freundin bzw. eines Freundes gleichkommt, als der eines traditionellen Lehrers bzw. Lehrerin.

Zum ersten Mal in großem Stil wurde CAPT während der industriellen Revolution eingesetzt. Es herrschte Mangel an professionellen Lehrkräften und so wurden die Schülerinnen und Schüler höherer Klassen als Tutoren und Tutorinnen für untere Klassen herangezogen (vgl. Fogerty & Wang, 1982). Natürlich muss man hier anmerken, dass dies aus einer Notlage heraus praktiziert wurde und nicht aufgrund der Erkenntnis ihres pädagogischen Mehrwerts. Heutzutage ist das Interesse an dieser Methode aufgrund eines Paradigmenwechsels vom lehrerzentrierten zum schülerzentrierten Unterricht neu belebt worden (vgl. Fogerty & Wang, 1982).

Das Konzept ist keineswegs auf den schulischen oder universitären Bereich beschränkt. In vielen Kulturen gehörte es zum Alltag, dass ältere Kinder jüngere Kinder in gewissen Fertigkeiten unterwiesen, das war wichtiger Bestandteil ihrer Sozialisation (vgl. Fogerty & Wang, 1982).

Wenn man die verschiedenen Unterrichtsmethoden miteinander vergleicht, muss man ebenso darauf achten, wie viel Zeit mit dem Stoff verbracht wurde. Wenn man die Zeit ungefähr konstant hält, haben sich positive Effekte für das Peer Tutoring gezeigt (vgl. Greenwood 1984). Aber nicht alle Peer Tutoring Programme haben sich als besser gegenüber dem Regelunterricht herausgestellt. Topping (1996) konnte unter der Vielzahl verschiedener Programme CAPT als eines identifizieren, das fast immer bessere bzw. gleich gute Ergebnisse liefern konnte.

4.3. Einflussfaktoren für CAPT

Bei CAPT-Programmen hat sich herausgestellt, dass die Vorbereitung der Tutoren einen erheblichen Einfluss auf die Effektivität der Unterrichtsmethode hat (Chapman 1998). Das lässt sich mit dem Ergebnis von Annis (1983) gut vereinbaren, bei dem die ausschließliche Vorbereitung schon zu einem Lernzuwachs geführt hat.

Für den Lerngewinn spielt es keine Rolle, ob in der Rolle des Tutors bzw. der Tutorin eine Schülerin bzw. ein Schüler ist, die bzw. der gute Noten erbringt oder nicht. Sowohl schlechte als auch gute Schülerinnen und Schüler reagieren auf solche Programme positiv (Cohen et al. 1982). Die einzige Ausnahme bildet die Situation, in der die Tutoren und Tutorinnen weniger fachliche Kenntnisse haben, als die Tutees. Obwohl es hierzu keine Forschungsergebnisse gibt, ist davon auszugehen, dass sich daraus Probleme ergeben könnten. Diese Situation wird mit CAPT erfolgreich vermieden, da jüngere Schülerinnen und Schüler meist weniger wissen als ältere (vgl. Robinson et al., 2005).

Der ursprüngliche Zweck von Peer Tutoring und CAPT in der Schule war die Verbesserung der Leistungen der Tutees. Mittlerweile hat sich aber herausgestellt, dass der Tutor bzw. die Tutorin, wie schon eingangs beschrieben, ebenso von diesen Programmen profitiert.

Zusätzlich hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler die beide Rollen innehaben, mehr lernen, als jene, die entweder nur Tutor bzw. Tutorin oder Tutee sind (vgl. Rosen et al. 1977).

Der Altersunterschied, der bei einem CAPT Programm gewählt wird, ist nicht unerheblich. Ist der Altersunterschied größer, wird auch der Stoff im Vergleich zum Wissensstand der Tutoren und Tutorinnen immer leichter und weniger herausfordernd (Robinson et al. 2005).

Gemischte Kombinationen aus Tutor bzw. Tutorin und Tutee haben sich als nicht so effektiv wie gleichgeschlechtliche Kombinationen herausgestellt. Argumentiert wird dies mit möglichen Stereotypen, die bei gewissen Fächern und Inhalten auftreten können (Robinson et al., 2005).

4.4. Empfehlungen zur Durchführung

Bei der Durchführung von einem CAPT Programm sind einige Punkte zu beachten. Grundlegend wird ein gut durchgeführtes Programm in zwei Phasen abgehalten, eine, in der die älteren Schülerinnen und Schüler in den Stoff und die Methodik eingewiesen werden und eine, in der das eigentliche Tutoring mit den jüngeren Schülerinnen und Schülern stattfindet (vgl. Korner, 2013). Ideal ist es, wenn die Schülerinnen und Schüler auch jeweils beide Rollen innehaben (vgl. Robinson et al., 2005).

Für die Einweisung sollten je nach Stoffgebiet ungefähr eine bis vier Unterrichtseinheiten veranschlagt werden, in der sowohl die fachliche Klärung, als auch eine rudimentäre Einschulung in die Umgangsformen mit Jüngeren stattfinden soll (vgl. Korner, 2013). Der Phase der Vorbereitung auf das Tutoring, auch Mentoring genannt, sollte viel Beachtung geschenkt werden (Robinson et al., 2005).

Die zweite Phase soll ungefähr eine Woche nach dem Mentoring stattfinden und benötigt eine Unterrichtseinheit. Ideal ist ein Betreuungsverhältnis von eins zu eins und die Einbettung von sogenannten POE-Experimenten (vgl. Korner, 2013). Um die emotionale und fachliche Nähe zu gewährleisten sollte der Altersunterschied zwischen zwei und vier Jahren liegen (Robinson et al., 2005).

5. Predict-Observe-Explain

Unter Predict-Observe-Explain, im weiteren POE genannt, versteht man eine spezielle Art und Weise ein Schülerexperiment durchzuführen. In diesem Kapitel sollen die grundlegende Idee dahinter und die Vor- bzw. Nachteile dieser Methode dargestellt werden.

5.1. Entstehung

Entwickelt wurde dieses Konzept von White und Gunstone (1992). Sie gehen von konstruktivistischen Ideen aus und postulieren, dass es den Moment der Überraschung und Einsicht braucht, um neue Konzepte zu internalisieren. Das Konzept wurde auf dieses Ziel abgestimmt und legt auf diesen Moment besonderen Wert.

„showing the students a situation, asking for a prediction about what will happen when a change is made, getting reasons for the prediction, performing the change and getting observations, and attempting to reconcile any conflict between prediction and observation“ (White & Gunstone, 1992).

Man zeigt Schülerinnen und Schüler eine Situation und fragt danach, was passieren würde, wenn man etwas verändert. Diese begründete Vorhersage wird nach der Veränderung mit der Beobachtung abgeglichen.

5.2. Durchführung und Beschreibung

Bei POE zielt man darauf ab, bei den Schülern und Schülerinnen eine spezielle Abfolge von Arbeitsschritten durchzuführen, um gewünschte Denkprozesse in Gang zu setzen. Ein POE-Experiment folgt immer den selben drei aufeinanderfolgenden Schritten.

Schritt 1:

Die Schüler und Schülerinnen werden gefragt, was ihre Vermutung vom jeweiligen Ausgang eines beliebigen Experiments ist. Sie sollen überlegen, was sie sehen werden und ebenso eine Begründung für ihre These abgeben.

Schritt 2:

Das Experiment wird durchgeführt. Die Schüler und Schülerinnen sollen hier ausreichend Zeit haben, sich in ihre Beobachtungen vertiefen zu können. Sie sollen nun das Gesehene genau so auf Papier bringen.

Schritt 3:

Die Schülerinnen und Schüler sollen eine Erklärung für den Ausgang des Experiments geben und dabei auf ihre Beobachtung Bezug nehmen. Nachdem die Schüler und Schülerinnen ihre Erklärungsmodelle auf Papier gebracht haben, werden diese gemeinsam diskutiert.

Beim ersten Schritt trifft man eine Vorhersage, schreibt diese auf und erklärt sie. Der Schritt der Vorhersage verfolgt das Ziel, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Sie sind ab diesem Moment auch verantwortlich dafür, ob ihre These mit dem tatsächlichen Ausgang des Experiments übereinstimmt. Wenn sie ihre Vorhersagen aufgeschrieben haben, ist es natürliche Neugier, die sie dazu bewegt die Antwort wissen zu wollen. Die Schüler und Schülerinnen sollten bei diesem ersten Punkt auch erklären, wieso sie den Ausgang so vermuten, das gibt den Lehrenden die Möglichkeit bereits vorhandene Vorstellungen zu identifizieren. Ebenso können Schüler und Schülerinnen ihre Ideen mit denen ihrer Kollegen und Kolleginnen vergleichen und ihren eigenen Lernprozess reflektieren (vgl. White & Gunstone, 1992).

Der zweite Schritt besteht darin, dass sie nun in die Rolle des objektiven Beobachters schlüpfen. Sie sollen so neutral wie möglich aufschreiben, was in dem Experiment passiert. Diese Phase bedarf genauer Instruktionen, damit die eigenen Vorhersagen nicht zu falschen Beobachtungen führen, wie im Kapitel Schülervorstellungen schon beschrieben wurde.

Die letzte Phase besteht in dem Versuch für die Beobachtungen eine geeignete widerspruchsfreie Erklärung zu finden. Diese Phase ist dafür verantwortlich, ob es der Schüler oder die Schülerin schafft ein neues Konzept zuzulassen oder nicht. Diese Methode

zielt auf die Konfrontation mit den eigenen falschen Vorstellungen ab und soll zu einem Aha-Erlebnis führen, siehe Kapitel 3.

5.3. Grenzen der Methode

Grundvoraussetzung für die Wirksamkeit von POE ist ein Experiment, welches Schüler und Schülerinnen als herausfordernd wahrnehmen und dessen Ausgang sofort beobachtbar ist. Die zeitliche Dimension spielt hier eine Rolle (vgl. Palmer, 1995, S. 324). Somit sind die Einsatzmöglichkeiten und vor allem die Inhalte, die mit POE vermittelt werden können nicht unbeschränkt. Das Schmelzen eines Eisblocks zum Beispiel findet so langsam statt, dass die zeitliche Nähe zwischen Vorhersage und Begründung der Beobachtung nicht gewährleistet ist. Experimente, deren zeitlicher Verlauf lang ist oder nicht verkürzt werden kann, eignen sich deshalb nicht. In den Naturwissenschaften haben sich sogenannte „hands-on“-Experimente bewährt (vgl. Palmer, 1995). Das sind Experimente, für die man sehr wenig Material benötigt und deren Ausgang unmittelbar überprüfbar ist.

Aber auch für die Lernenden gibt es Barrieren. Speziell jüngere Schüler und Schülerinnen werden Probleme haben Vorhersagen zu machen und Erklärungen abzugeben, da diese Fertigkeiten sich noch in der Entwicklung befinden. POE wird hier zu einem Instrument, um gerade diese zu trainieren, jedoch sollte die Methode im Volksschulalter nur in Ausnahmefällen angewandt werden (vgl. Palmer, 1995). Es ist davon auszugehen, dass POE auch in hohem Alter noch wirksam ist.

Es ist auch zu beachten, dass diese Methode fehleranfällig sein kann. Schüler und Schülerinnen, die falsche Vorhersagen gemacht haben, neigen oft dazu, ihre Beobachtungen so zu verändern, dass sie mit ihrem bisherigen Konzept im Einklang stehen (vgl. White & Gunstone, 1992 zitiert nach Cinici & Demir, 2013). Eine Möglichkeit diesem Problem entgegenzuwirken ist die gemeinsame Formulierung von Erklärungen innerhalb einer Schülergruppe. Diese Aufgabe animiert die Schüler und Schülerinnen dazu ihre Erklärungen zu hinterfragen und neu auszulegen (vgl. Cinici & Demir, 2013). Auch bei Duit (1993) wird dieses Phänomen beschrieben. Die Schüler und Schülerinnen sehen nur das, was ihnen ihre Vorstellungen erlauben. Beobachtungen, die nicht ihrer Vorstellung entsprechen, werden

wegdiskutiert, es werden Begründungen gesucht, wieso ihre Vorstellung gerade dieses eine mal nicht dem Versuchsausgang entsprach.

Chinn und Malhotra (2002) wollten herausfinden, was der größte Faktor für die Ablehnung von neuen Konzepten ist. Sie identifizierten bei ihren Interventionen den Beobachtungsvorgang von Experimenten als fundamentale Barriere, da offenbar Kinder sowie Erwachsene nicht wissen, auf was sie achten müssen. Leitet man diese Beobachtungen und stellt Erklärungsmodelle zur Verfügung, sind die Beobachtungen hingegen korrekt (vgl. Chinn & Malhotra, 2002). Ebenso interpretierten Kinder die in Konflikt stehenden Abläufe im Experiment nicht notwendigerweise als falsch. Gibt man ihnen die Möglichkeit Vorhersagen aufgrund von bereitgestellten korrekten Erklärungen zu machen, sind ihre Beobachtungen größtenteils korrekt und führen eher zu einem Konzeptwechsel (vgl. Chinn & Malhotra, 2002).

5.4. Warum wird die Methode dennoch genutzt?

Die Methode POE ist also auch kein Wunderwerkzeug, sie kann eben in bestimmten Szenarien besonders gut wirken, kann aber auch völlig Fehl am Platz sein.

Es wurde darauf Wert gelegt, dass die Experimente, die mit den Schülern und Schülerinnen durchgeführt werden, den oben genannten Kriterien entsprachen. Einerseits wurden sie von den planenden Studierenden als herausfordernd und sehr geeignet eingestuft, andererseits wurde auch der Zeitaspekt berücksichtigt, sodass alle Ergebnisse der Experimente an Ort und Stelle unmittelbar kontrollier- und erfahrbar waren.

Ein weiteres Argument, welches für diese Methode spricht, ist ihre wissenschaftlich anerkannte Wirkung in Bezug auf den Begriffswechsel. Wie bereits oben geschildert, wird Lernen von Physik hauptsächlich durch ihn veranlasst. Die jungen Forscher erhoffen sich so einen höchst effektiven Lernprozess in Gang zu setzen.

Zu guter Letzt muss das Programm aber nicht nur wissenschaftlichen Kriterien, sondern auch praktischen Gegebenheiten genügen. Es mussten die Kenntnisse und Fähigkeiten der durchführenden Studierenden berücksichtigt und der zeitliche Aufwand realistisch abgeschätzt werden. Ebenso sollte der Anspruch der hier vorgestellten Intervention zuletzt

sein, dass sie unter realen Bedingungen in der Schule durchführbar sein kann. Die Methode POE leistet unter den gegebenen Kriterien der Durchführbarkeit, Effektivität und Effizienz einen guten Dienst und wurde deshalb als geeignete Methode für das Vorhaben gewählt.

6. Infrarotstrahlung

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die notwendigen Grundlagen von Infrarotstrahlung gegeben. Es werden die Eigenschaften und die Bedeutung von Infrarotstrahlung skizziert. Dazu werden ein geschichtlicher Überblick, eine physikalische Klärung auf Fachebene und Anwendungsmöglichkeiten gegeben. Ebenso wird die Frage, welchen Platz diese Strahlungsart in der Schule einnimmt, behandelt

6.1. Entdeckung

Die älteste gefundene Aufzeichnung über die unsichtbare Infrarotstrahlung stammt von William Herschel aus dem Jahre 1800. Er machte sich dazu den in Abb. 1 dargestellten experimentellen Aufbau zunutze (vgl. Beeson & Mayer, 2008, S. 148).

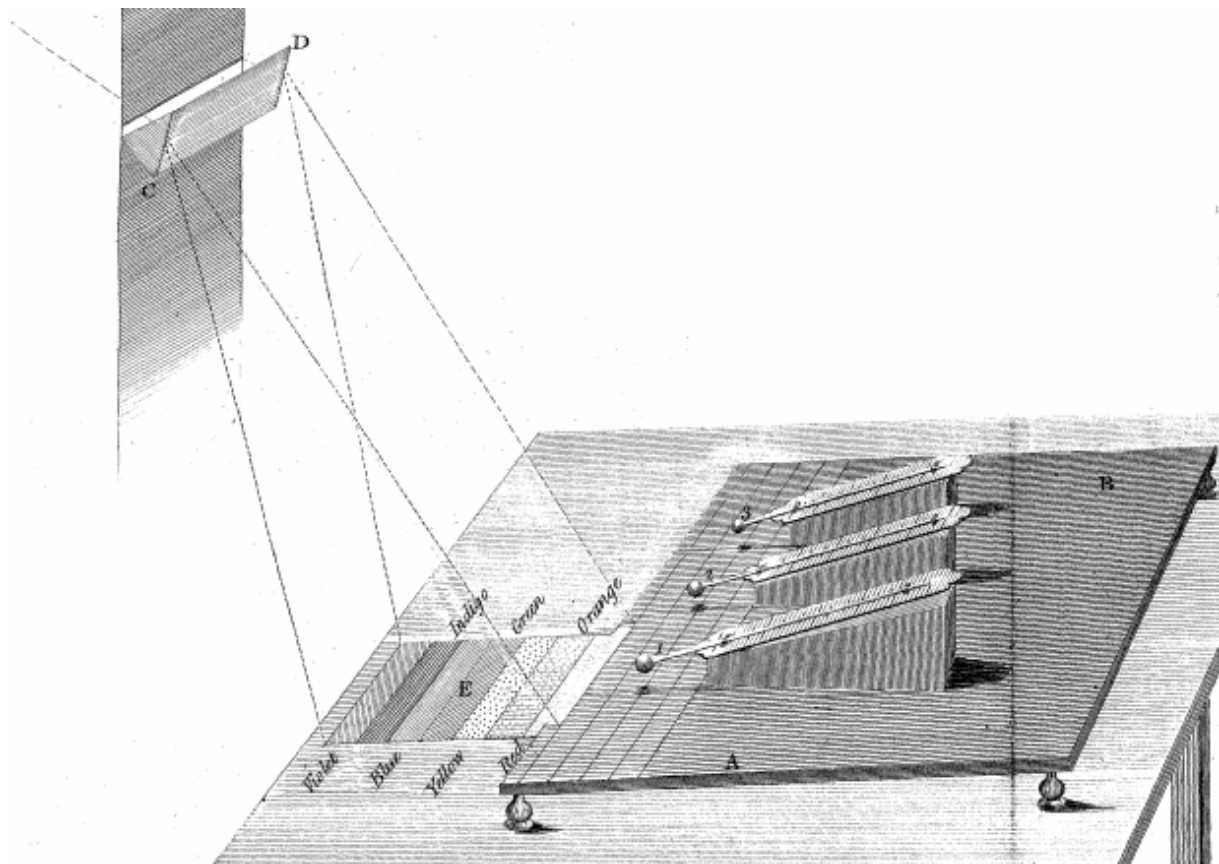


Abbildung 1: Versuchsaufbau von Herschel (Herschel, 1800)

Die Abbildung zeigt links ein Fenster, an dem ein Prisma montiert wurde. Das Licht der Sonne wird durch das Prisma, abhängig von der Wellenlänge, verschieden stark gebrochen und bildet sein kontinuierliches Spektrum auf der Tischplatte ab. Die Thermometer auf der rechten Seite befinden sich alle in dem Bereich, in dem kein sichtbares Licht mehr auftritt und sind in unterschiedlicher Entfernung zur letzten sichtbaren Kante des roten Lichtes positioniert (vgl. Herschel, 1800, S. 284–285). Die Thermometer zeigen unterschiedlich hohe Temperaturen an. Das wird von Herschel so interpretiert, dass es eine unsichtbare Strahlung gibt, die wärmer als das sichtbare Licht ist (vgl. Herschel, 1800, S. 284–285).

In Herschels Buch „Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the Sun“ beschreibt er die Durchführung vieler verschiedener Experimente mit Licht, die gezeigt haben, dass es neben der sichtbaren Strahlung auch unsichtbare Strahlung gibt. Da diese unsichtbare Strahlung, die er beobachtete, einen besonders starken Anstieg der Temperatur bewirkte nannte er ihr Spektrum „Thermometrisches Spektrum“. Lichtstrahlen, die durch das Prisma weniger stark gebrochen wurden, konnten seine Thermometer stärker aufheizen, deshalb schlussfolgerte er, dass diese mehr Energie besitzen würden. Auch fand er heraus, dass diese unsichtbare Strahlung nur jenseits des roten Lichtes, nicht aber jenseits des violetten zu finden war (vgl. Herschel, 1800, S. 290–292).

Heute weiß man, dass die Erwärmung von Körpern durch Strahlung von mehr Faktoren abhängt, als von der Energie der Strahlung. Herschel wusste auch noch nichts von der Energie eines einzelnen Photons, wonach der infrarote Bereich niedrigere Energien als der sichtbare besitzt und trotzdem ist es nur der infrarote Bereich der eine Wärmeentwicklung bei diesen Thermometern auslöste. Eine wichtige Einflussgröße in diesem Zusammenhang ist die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung und Materie auf die später noch genauer eingegangen wird.

6.2. Physikalische Grundlagen über Strahlung

Zunächst werden allgemeine Aspekte von elektromagnetischer Strahlung behandelt bevor näher auf die Infrarotstrahlung eingegangen wird.

6.2.1. Was ist Strahlung?

Strahlung ist ein Begriff, der besonders in der Physik, aber auch im Alltag, Anwendung findet und dort seinen vielfältigen Gebrauch unter Beweis stellt. Sei dies Sonnenstrahlung, Handystrahlung oder Röntgenstrahlung, nur um einige Beispiele zu nennen. So verschieden der Kontext eines jeden dieser Begriffe sein mag, so haben sie etwas gemein, es ist stets elektromagnetische Strahlung damit gemeint. Eine ebenso in der Physik anzutreffende Strahlung, wäre die Materiestrahlung. Hierzu zählen zum Beispiel Elektronen- Alpha- oder Neutronenstrahlung.

In der geschichtlichen Entwicklung der Physik wurden diese zwei qualitativ unterschiedlichen Arten von Strahlung zu einem Strahlungsbegriff zusammengefasst. Zur Verdeutlichung sollen Alpha- und Gammastrahlung dienen. Während es sich bei der Alphastrahlung um Teilchenstrahlung handelt, ist bei Gammastrahlung von hochenergetischen elektromagnetischen Wellen die Rede. In der Physik wird unter Strahlung also entweder Teilchenstrahlung oder elektromagnetische Strahlung verstanden.

Es bleibt allerdings nicht bei dieser schönen Einteilung, denn auch elektromagnetische Strahlung zeigt sich ambivalent. Grund dafür ist das Modell des Welle-Teilchen-Dualismus. Dieses Modell hat sich bewährt, da sich elektromagnetische Strahlung bei manchen Experimenten wie eine klassische Welle, bei anderen jedoch wie ein Teilchen verhielt.

Beim Doppelspaltversuch tritt das Licht als Welle auf, während es sich beim Photoeffekt wie ein Teilchen verhält. Die Versuche von Thomas Young im Jahre 1802 waren Höhepunkt der Wellentheorie des Lichtes. Er zeigte, dass Licht ein Interferenzmuster ausbilden kann und legte dem Licht so den Wellencharakter nahe (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 992). Die Wende kam mit Einstein, als er den Photoeffekt präzise mit einem Teilchenmodell von Licht erklärte. In seinen Bemühungen führte er die Gleichung über dessen Energie ein und begründete auf diese Weise den Welle-Teilchen Dualismus, der bis heute Anwendung findet (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 992).

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

E	Energie
h	planck'sches Wirkungsquantum
ν	Frequenz
c	Lichtgeschwindigkeit
λ	Wellenlänge

Die obenstehende Formel beschreibt die Energie eines Photons in Abhängigkeit von seiner Wellenlänge. Infrarotstrahlen besitzen weniger Energie als sichtbare Lichtstrahlen.

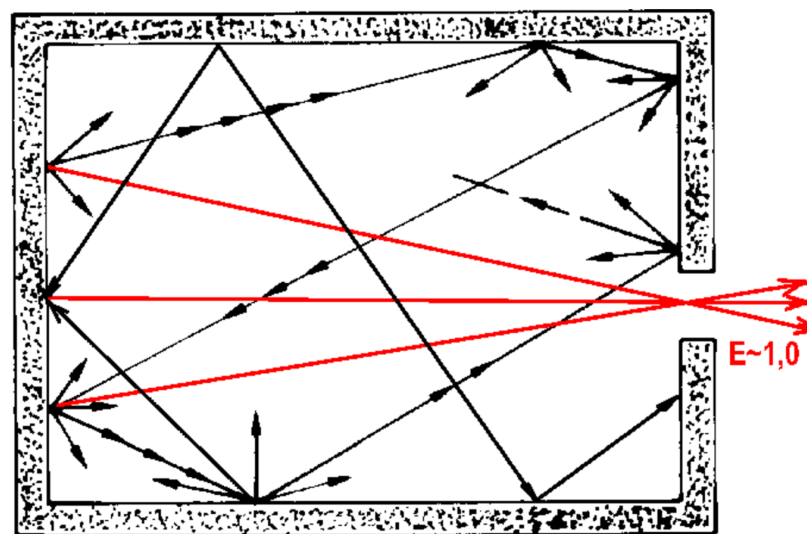
Für die folgende Arbeit wird es nur wichtig sein zu wissen, wovon man spricht, wenn sich auf Infrarotstrahlung bezieht, nämlich, auf elektromagnetische Strahlung, die man in ein sehr umfassendes Spektrum einordnen kann. Der Umstand, dass sie, wie jede elektromagnetische Strahlung, in manchen Situationen wie eine Welle auftritt und in anderen wie ein Teilchen ist für das Forschungsvorhaben zweitrangig, der Vollständigkeit halber aber angeführt.

6.2.2. Elektromagnetische Strahlung

Zunächst soll geklärt werden was eine elektromagnetische Welle, kurz EM-Welle, ist und wie sie entsteht. Die Maxwell-Gleichungen lassen hierfür eine formale Beschreibung dieses Phänomens zu. Ausgangssituation ist eine elektrische Ladung welche beschleunigt wird. Eine beschleunigte Ladung besitzt ein sich änderndes elektrisches Feld, welches ein Magnetfeld erzeugt. Dieses Magnetfeld ist abhängig von der Veränderung des elektrischen Feldes und erzeugt durch seine eigene Veränderung wiederum ein sich veränderndes elektrisches Feld. Eine EM-Welle wurde geboren. Diese EM-Welle, auch Photon genannt, breitet sich nun mit der von Maxwell vorausgesagten Geschwindigkeit des Lichtes im Raum aus (vgl. Montwill & Breslin, 2008, S. 341).

Die Frage ist nun, wo solche beschleunigten Ladungen vorkommen. Im Wesentlichen tritt dies überall auf. EM-Wellen entstehen dort, aber nicht ausschließlich, wo Materie eine Temperatur besitzt. Das heißt jeder Körper also auch wir selbst geben fortlaufend Energie in Form von Strahlung ab.

Im Allgemeinen hängt die Menge der Strahlungsenergie, die von einem Körper abgegeben wird von seiner Temperatur und seinem wellenlängenabhängigen Emissionsgrad ab, der einen maximalen Wert von 1 haben kann. Der Emissionsgrad 1 bezeichnet hierbei die maximal mögliche thermische Strahlungsleistung, die ein Körper einer gewissen Temperatur haben kann. Man spricht dabei von einem idealen Strahler (vgl. Raith, 2006, S.384). Ein idealer Strahler kann als Hohlraumstrahler realisiert werden. Er besteht aus einer Box mit einer kleinen Öffnung, aus der die Strahlung austreten kann. Der Emissionsgrad des Materials der Box ist unwesentlich, da der Hohlraumstrahler seine Eigenschaften durch Mehrfachreflexionen im Inneren erhält (vgl. Raith, 2006, S. 382).



Schematische Darstellung eines Hohlraumstrahlers zur Annäherung an das phys. Ideal "Schwarzer Strahler"

Abbildung 2: Hohlraumstrahler (Schweiger, 2013)

Die obige Abbildung zeigt auf der rechten Seite eine Öffnung, deren Querschnitt als idealer Strahler betrachtet werden kann.

Es gilt, dass Flächen, die sehr gut absorbieren, auch sehr gut strahlen. Befinden sich zwei Körper im thermischen Gleichgewicht, das heißt sie besitzen dieselbe Temperatur, dann müssen sie genau so viel Strahlungsenergie absorbieren wie emittieren, ansonsten würde Energie von einem Körper zum anderen fließen und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verletzen (vgl. Raith, 2006, S.385). Wenn man an eine schwarze Fläche aus Ruß denkt, welche sichtbares Licht der Sonne fast gänzlich absorbiert, jedoch kaum etwas

davon abstrahlt, muss man beachten, dass sich die Sonne und die Rußfläche nicht im thermischen Gleichgewicht befinden und hier sich die Rußfläche erwärmt.

Der Emissionsgrad und auch der Absorptionsgrad ist von der Wellenlänge der einfallenden bzw. der emittierten Strahlung abhängig. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz beschreibt, dass die Strahlung, die ein Körper aufgrund seiner Temperatur abgibt, einem festgelegten Frequenzgang für jede beliebige Temperatur gehorcht. Wichtig dabei ist, dass dieser Zusammenhang nur für ideale Strahler gilt (vgl. Raith, 2006, S. 385).

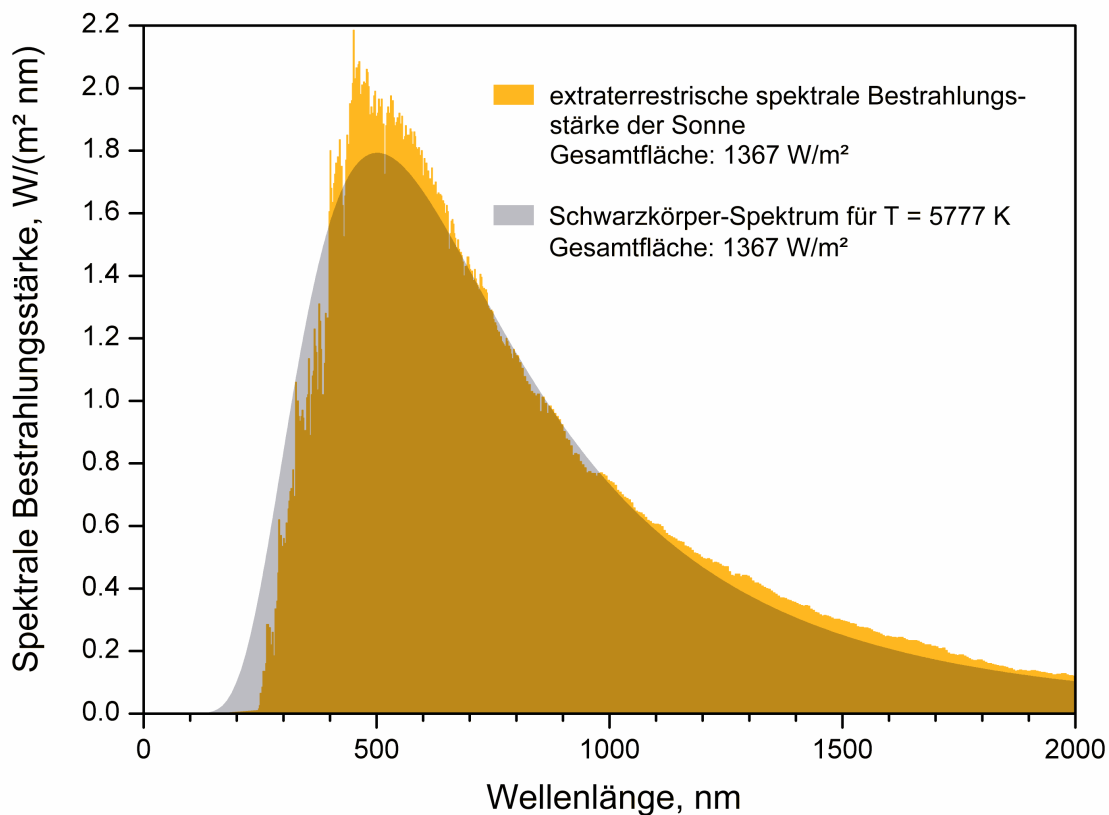


Abbildung 3: Schwarzkörperspektrum vs. Sonnenspektrum (erstellt nach Iqbal, 2012)

Die obige Abbildung zeigt die Frequenzkennlinie des Stefan-Boltzmann-Gesetzes für eine Temperatur von 5777K in grau, darüber liegt die Kennlinie der Sonne an der Atmosphärenobergrenze in gelb. Das heißt, dass auch das kontinuierliche Spektrum der Sonne fast einem idealen Strahler entspricht. Die meisten Körper des Alltags sind aber keine idealen Strahler. Hier hängt die Frequenzkennlinie stark von der Rauigkeit, der Farbe oder dem Material ab (Gerthsen & Meschede, 2006).

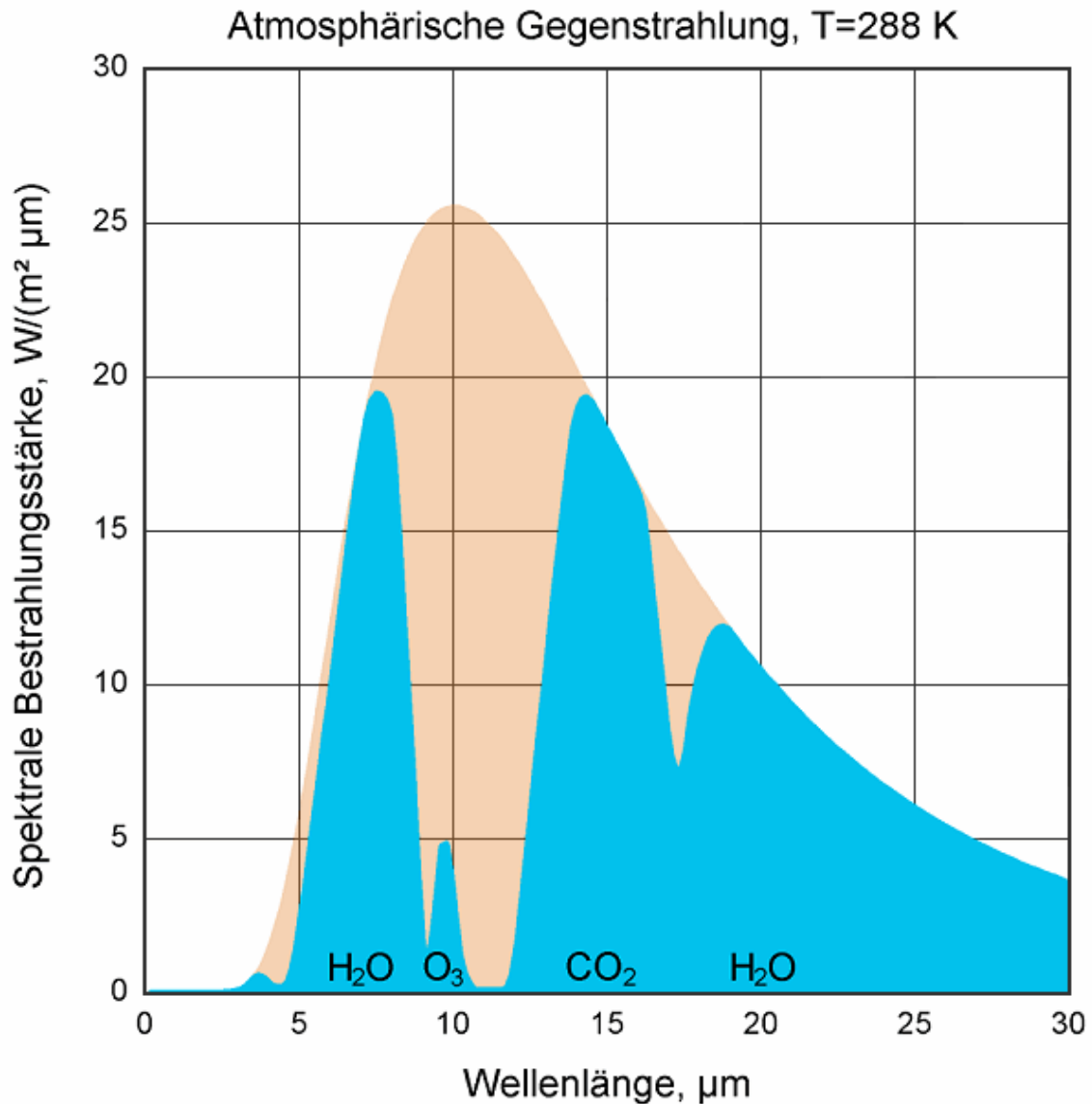


Abbildung 4: Schwarzkörperspektrum vs. Atmosphärenspektrum (erstellt nach Möller, 1973)

In obiger Abbildung sieht man das thermische Spektrum der Gase der Atmosphäre in blau und dahinter in gelb das Schwarzkörperspektrum bei einer Temperatur von 288 Kelvin, also ungefähr 15 Grad Celsius. Es handelt sich hierbei um kein kontinuierliches Spektrum, wie bei der Sonnenstrahlung, sondern um viele Spektrallinien, die große Lücken aufweisen. An der Skala erkennt man außerdem, dass bei dieser Temperatur kein Anteil im sichtbaren Spektrum liegt.

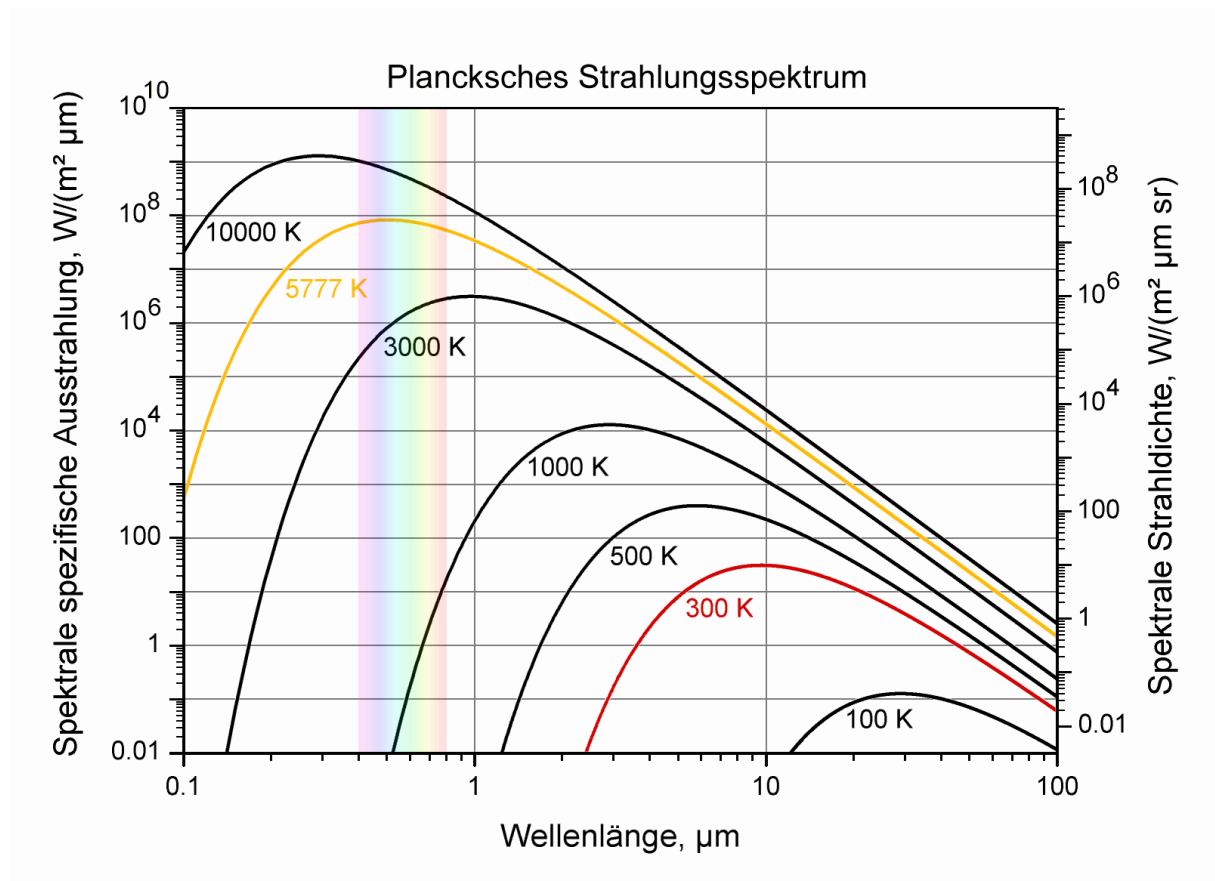


Abbildung 5: Plancksche Strahlungsspektren verschiedener Temperaturen (wikipedia, gemeinfrei)

Die rote Linie in Abb. 5 zeigt den Intensitätsverlauf über die Wellenlänge des Lichtes, mit der ein idealer Strahler der Temperatur 300K, also bei ungefähr 27°C , strahlt. Der regenbogenähnliche Bereich deutet Anfang und Ende des sichtbaren Spektrums an. Man erkennt, dass ein idealer Strahler erst ab ungefähr 1000K Licht im sichtbaren Spektrum abgibt. Um für das menschliche Auge sichtbar zu werden, müssen Körper also sehr heiß sein. Dass kühlere Körper aber dennoch Strahlung abgeben macht man sich insbesondere bei einer Infrarotkamera zu Nutze.

6.2.3. Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung

Eine elektromagnetische Welle interagiert auf unterschiedliche Weise mit Materie. An dieser Stelle soll geklärt werden, welche Möglichkeiten es hierfür gibt und welche Umstände welchen Ausgang bedingen. Grundsätzlich hat ein Photon stets drei Möglichkeiten mit einem

Körper in Wechselwirkung zu treten, nämlich die der Absorption, der Transmission und der Reflexion.

6.2.3.1. Absorption

Im ersten Fall trifft ein Photon auf Materie, dringt ein und wird absorbiert. Bei diesem Prozess wird die Energie des Photons auf unterschiedliche Weise umgewandelt, meist in Form von Wärme (vgl. Gerthsen & Meschede, 2006, S. 556). Die Absorption eines Photons kann aber auch ein Elektron in einen angeregten Zustand versetzen. Da diese Zustände für gewöhnlich nicht stabil sind, fallen die Elektronen rasch in ihren Grundzustand zurück indem sie wiederum selbst ein Photon emittieren, es kommt zur Re-Emission. Die Energie muss allerdings nicht auf einmal abgegeben werden. Wir können beobachten, dass ein angeregtes Elektron seine Energie in mehreren Etappen abgibt und so mehrere Photonen niedrigerer Energie emittiert. Diese Situation tritt zum Beispiel bei fluoreszierenden Leuchtstoffröhren auf (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 994).

Die Wahrscheinlichkeit ob ein Material ein Photon absorbiert ist eine Materialeigenschaft und hängt stark von dem Arrangement der Atome und Elektronen ab. Beim Vergleich von purem Silizium und Glas wird klar, dass für Photonen gleicher Energie ersteres komplett undurchsichtig und Silizium mit Sauerstoff, also Glas, durchsichtig ist (vgl. Beeson & Mayer, 2008, S. 152).

Jeder Stoff besitzt neben einem Emissionsspektrum auch ein sogenanntes Absorptionsspektrum. Dieses gibt Auskunft über die absorbierende Wirkung bezüglich einer bestimmten Frequenz. Chlorophyll hat z.B. sein Absorptionsmaximum bei ca. 410nm, darüber und darunter wird im sichtbaren Bereich jedoch kaum etwas absorbiert (vgl. Gerthsen & Meschede, 2006, S. 556).

6.2.3.2. Streuung

Besitzt ein Photon keine Energie, bei der Absorption möglich ist, kann es elastisch gestreut werden. Die Streuungswahrscheinlichkeit und die Wellenlänge hängen dabei indirekt

proportional zusammen (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 994). Dieser Effekt ist auch der Grund, wieso uns der Himmel blau erscheint. Betrachtet man die Sonne direkt, sieht man ihre Farbe unabhängig der Streuung, da die Lichtstrahlen direkt ins Auge fallen. Betrachtet man den übrigen Himmel handelt es sich um Sonnenlicht, das an den Luftmolekülen der Atmosphäre gestreut wird. Da nun aber blaues Licht aufgrund der kleineren Wellenlänge viel eher dazu neigt gestreut zu werden als rotes, erscheint uns der Himmel an diesen Stellen blau.

6.2.3.3. Transmission

Wird ein Photon weder gestreut noch absorbiert, spricht man von Transmission. Bei einer Transmission handelt es sich lediglich um die Gegenwahrscheinlichkeit zur Absorption. Betrachtet man ein beliebiges Medium beliebiger Dicke, kann die Transmissionsrate als eine Materialeigenschaft angegeben werden (vgl. Gerthsen & Meschede, 2006, S. 556).

6.2.3.4. Reflexion

Reflexion und Brechung sind ebenso Effekte die bei der Wechselwirkung zwischen optischen Medien und Photonen auftreten können. Sie sollen der Vollständigkeit halber erwähnt werden, spielen aber in dieser Arbeit eine untergeordnete Rolle.

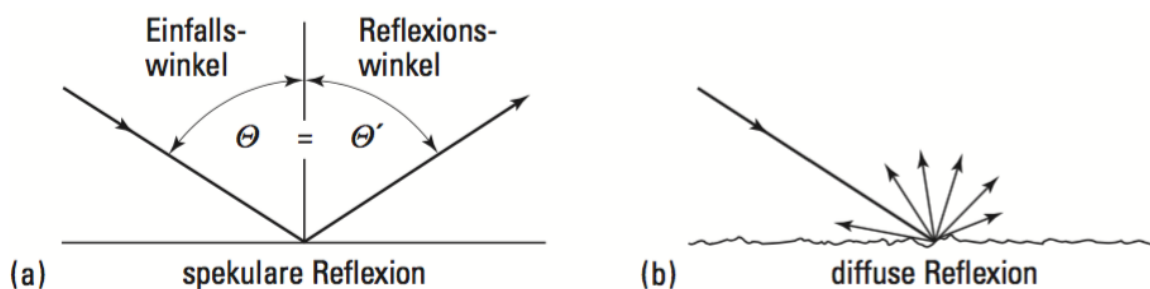


Abbildung 6: Reflexion von elektromagnetischer Strahlung (Raith, 2006, S.388)

Wenn der Absorptionsgrad eines Materials klein ist, dann können einfallende Photonen reflektiert werden. Hierbei kann man zwischen einer spekularen und einer diffusen Reflexion unterscheiden. Ersteres tritt bei glatten Oberflächen, letzteres bei rauen auf.

6.2.3.5. Brechung

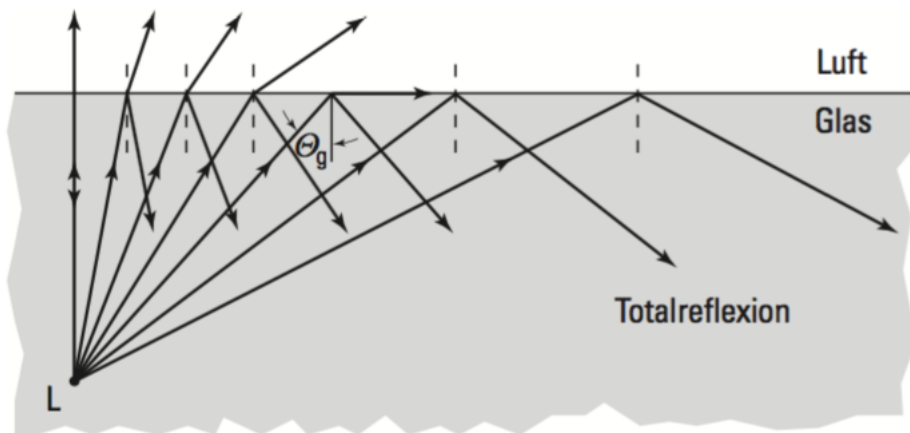


Abbildung 7: Brechung von elektromagnetischer Strahlung (Raith, 2006, S.389)

Trifft ein Photon auf einen Übergang von durchlässigen Medien, so kann es zur Brechung des Lichtstrahls kommen. Überschreitet der Einfallswinkel den Grenzwinkel für Totalreflexion, findet keine Brechung statt, der Strahl wird wie bei Abb. 6 reflektiert.

6.3. Klassifizierung von Infrarotstrahlung

Laut DIN 5031 wird der Wellenlängenbereich, den das helladaptierte menschliche Auge wahrnehmen kann, mit 380 bis 830nm festgelegt. Bei Bergmann et al. (2004, S.635) wird auf die gerundeten Zahlen 400-800nm verwiesen.

Die Einteilung des Infrarotspektrums wurde schon mehrmals durch verschiedene Autoren und Autorinnen vorgenommen und ist deshalb nicht einheitlich. Die Merkmale, die die Grundlage für eine Differenzierung bilden, sind bei Bergmann et al. (2004) die Wirkungen der Strahlung, welche physikalischer, biologischer oder chemischer Natur sein können. Es wird in drei Unterkategorien unterschieden. IR-A wird als nahes Infrarot bezeichnet, IR-B als mittleres und IR-C als fernes (vgl. Bergmann et al., 2004, S. 635).

IR-A besitzt die kleinste Wellenlänge und wird mit 780-1400 nm angegeben. Darauf folgt IR-B mit 1400-3000 nm und IR-C mit 3000nm-1mm.

Es dienten zur Einteilung hauptsächlich die Absorptionsvorgänge der jeweiligen Strahlung (vgl. Bergmann et al., 2004, S. 635). IR-A kann tiefer als einen Zentimeter unter die Haut des

Menschen vordringen. Dieser Effekt endet bei einer Wellenlänge von 1400nm, bei der das IR-B Spektrum beginnt. IR-C wird dann ab 3000nm angegeben, was an den mangelnden Möglichkeiten der Messtechnik liegt. Die verwendeten Quarzoptiken können IR-C, aufgrund der Absorptionseigenschaften des Kristalls, nicht mehr detektieren.

In der Literatur lässt sich allerdings auch eine reduzierte Einteilung finden (vgl. Hänsel, Neumann, Hudl, & Hänsel, 1993). Sie legen z.B. den IR-Bereich mit 780nm bis 0,1mm fest, und bezeichnen ihn als Ultrarotes Gebiet. Da der Begriff in keiner anderen der recherchierten Literatur vorkommt, wird er im Weiteren allerdings nicht verwendet. Hänsel et al. (1993) verzichten somit auf eine dreistufige Einteilung sprechen einfach von einer Strahlung, die energetisch niedriger, als die Farbe Rot liegt. Es wird in dieser Arbeit mit Infrarotstrahlung immer auf den gesamten Infrarotbereich verwiesen.

Abschließend sei noch angemerkt, dass laut der Klassifikation nach Bergmann et al. (2004) nur elektromagnetische Wellen im Bereich von 400-800 als Licht bezeichnet werden dürfen. Es gibt somit kein Infrarot-Licht und dergleichen. In der folgenden Arbeit wird mit Licht also stets sichtbares Licht gemeint.

6.4. Eigenschaften von Infrarotstrahlung

Elektromagnetische Strahlung, in Form von Wärmestrahlung, ein Synonym der Infrarotstrahlung, wird von jedem Gegenstand gleichzeitig absorbiert und auch emittiert. Wenn sich ein Objekt im thermischen Gleichgewicht befindet, vollzieht sich der Energieaustausch zu gleichen Teilen (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 632). Das bedeutet, dass es völlig egal ist, welche Temperatur ein Körper besitzt, er strahlt, zumindest ein wenig, im infraroten Bereich. Diesen Umstand macht man sich bei einer Infrarotkamera zu Nutze.

Das thermische Gleichgewicht ist definiert, als eine homogene Temperaturverteilung in einem System und nicht zu verwechseln mit stationären Zuständen, wie zum Beispiel das System Erde-Sonne (vgl. Gerthsen & Meschede, 2006, S. 573).

Laut dem Stefan-Boltzmann Gesetz ist die abgestrahlte Energie pro Zeit proportional zur Oberfläche und zur vierten Potenz der absoluten Temperatur (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 632). Bis ungefähr 600 °C Celsius emittiert ein schwarzer Körper beinahe vollständig im

infraroten Bereich. Eine rote Glut kann man ab ca. 650°C erkennen, da hier die Energie ausreicht um im sichtbaren Spektrum zu emittieren. (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 633)

6.5. Anwendungsmöglichkeiten

Es gibt viele technische Anwendungsbereiche, bei denen das Wissen um die Infrarotstrahlung eine besondere Rolle spielt. Zur besseren Übersicht möchte ich einige dieser Beispiele herausgreifen und näher beschreiben. Besonders wird dabei auf die Infrarotkamera eingegangen, da sie in der Untersuchung, die in dieser Arbeit durchgeführt wird, einen wichtigen Platz einnimmt.

Wenn wir Dunkelheit als die Abwesenheit von sichtbarem Licht verstehen, dann heißt das nicht, dass nicht andere elektromagnetische Strahlung den Raum erfüllt. Die Wahrnehmung von Objekten bei Dunkelheit, kann mit Infrarot-Kameras ermöglicht werden. Voraussetzung ist, dass die Umgebung und das beobachtete Objekt sich in ihrer Temperatur unterscheiden (vgl. Montwill & Breslin, 2008, S. 14–15). Es lassen sich somit besonders gut Personen und Tiere, oder andere warme Gegenstände bei Dunkelheit beobachten. Ein weiterer Vorteil von solchen Infrarot-Kameras ist, dass sie durch Wolken filmen können (vgl. Montwill & Breslin, 2008, S. 14–15). Dies wird durch die Eigenschaften von Wasserdampf möglich, da er Infrarotstrahlung nicht kontinuierlich absorbiert sondern nur gewisse spektrale Anteile, der Rest wird transmittiert.

Die Infrarotspektroskopie erweist sich aber nicht nur bei Dunkelheit als nützlich. Zum Beispiel können mit Infrarotkameras auch Untersuchungen an Gemälden durchgeführt werden. Die Pigmente, die bei den meisten Kunstwerken benutzt werden, sind für Infrarot durchlässig, Kohlepartikel allerdings nicht. Wenn ein Bild übermalt wurde, kann man mittels einer Infrarotkamera die Vorzeichnung darunter erkennen, da das weiße Papier den infraroten Teil reflektiert. (vgl. Beeson & Mayer, 2008, S. 154)



Abbildung 8: Thermogramm eines Hauses (Tipler & Mosca, 2004, S. 627)

Aus den oben geschilderten Gesetzmäßigkeiten, kann man sich in der Thermographie das Erstellen von Infrarotbildern zu Nutze machen (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 633). In obiger Abbildung sieht man ein Bild eines Hauses in Falschfarben dargestellt. Schwarz und Blau repräsentieren hier niedrigere Temperaturen, Gelb und Weiß höhere. Das Infrarotbild eines Hauses kann Aufschluss über eine unzureichende Wärmeisolierung geben (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 627).

Mithilfe von thermospektraler Untersuchungen können auch Krebsgeschwüre bei medizinischen Diagnosen entdeckt werden, da sie meist etwas wärmer sind als das umliegende Gewebe (vgl. Tipler & Mosca, 2004, S. 633).

6.6. Funktionsweise einer Infrarotkamera

Eine Infrarotkamera funktioniert vom Grundprinzip her ähnlich wie andere bildgebende Sensoren. Es gibt eine Optik, die das Bild auf einen Sensor abbildet, dieser besteht aus vielen kleinen Sensoren, die jeder für sich einen Bildpunkt repräsentieren. Bei einer Infrarotkamera mit 80x80 Bildpunkten gibt es 1600 kleine Sensoren, die jeweils für sich die Intensität der Strahlung an dieser Stelle messen. Der Zusammenhang zwischen Intensität der Strahlung und Temperatur eines Körpers wird durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz (siehe oben) beschrieben, wodurch jedem Punkt im Bild eine Temperatur zugeordnet werden kann. Durch einen

Algorithmus wird dann jedem Messwert eine Farbe oder eine Graustufe zugeordnet, was dann ein sichtbares Bild ergibt.

Ein großer Nachteil dieser Messmethode ist, dass eigentlich nur zuverlässige Aussagen über die Temperatur gemacht werden können, wenn die Emissionsgrade bekannt sind. Liegen zwei Materialien gleicher Temperatur vor, die sich in ihren Emissionsgraden stark unterscheiden, kann es sein, dass die Kamera jenes mit dem höheren, als heißer identifiziert.

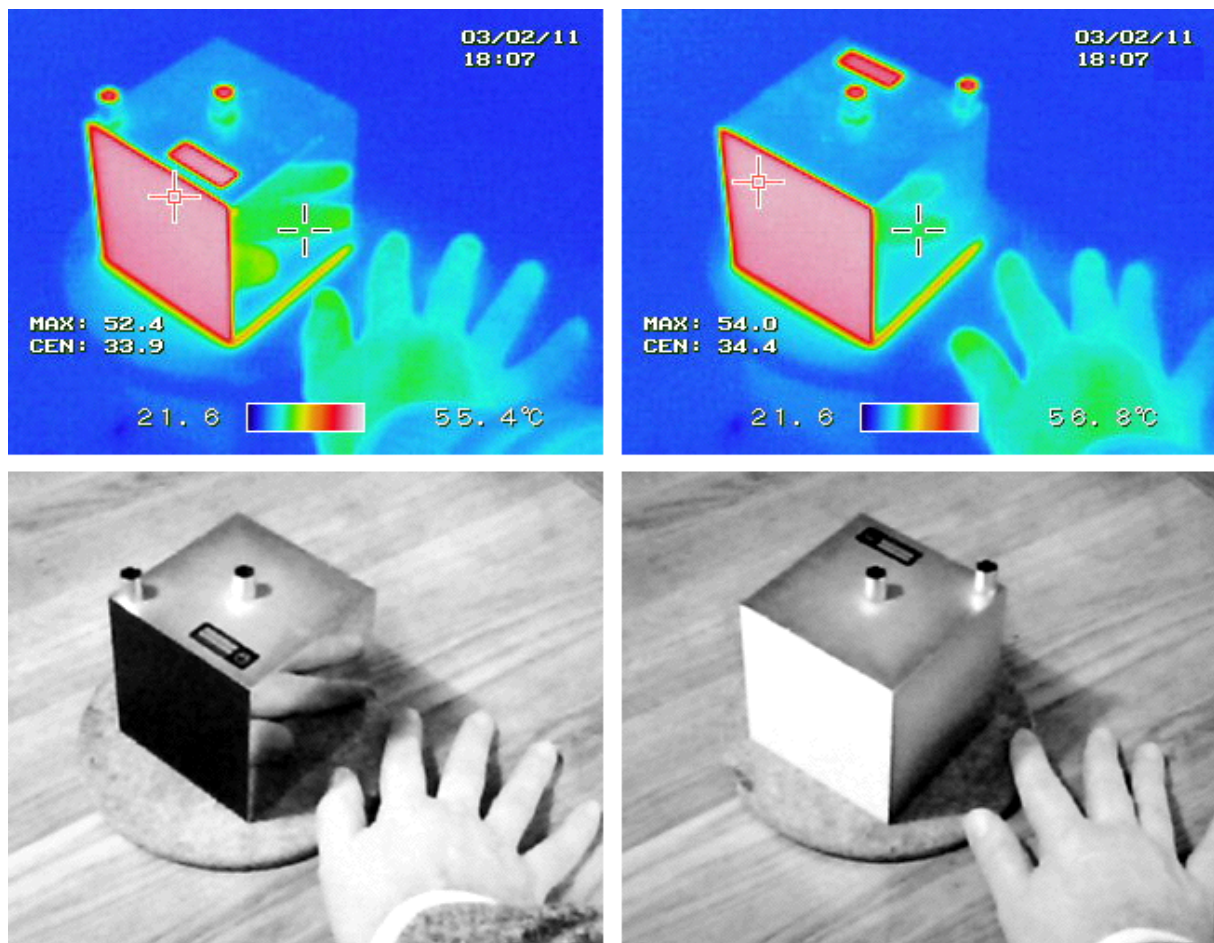


Abbildung 9: Leslie-Würfel im infraroten und sichtbaren Spektrum (gemeinfrei)

Beim bekannten Leslie-Würfel wird dieses Problem von IR-Kameras überdeutlich. Der Würfel besteht aus Metall und wird mit heißem Wasser befüllt. Obwohl der Würfel an jeder Seite dieselbe Temperatur hat, detektiert die Kamera völlig verschiedene Werte, die als unterschiedliche Farben dargestellt sind.

6.7. Auswirkungen auf den Menschen

Infrarotstrahlung kann sich auf den Menschen in unterschiedlicher Weise auswirken. In erster Linie wird sie mit einer Erwärmung der Haut verbunden, da der größte Anteil der Infrarotstrahlung in den ersten Hautschichten absorbiert und in Wärme umgewandelt wird. Die Wärmeentwicklung ist aber nicht das einzige, weshalb hier kurz auf verschiedene Effekte eingegangen wird.

Infrarotstrahlung bewirkt außer der Wärmeentwicklung auf der Haut noch eine ganze Reihe anderer Effekte. Sie wird bei Wundheilungsprozessen, Entzündungen, Autoimmunerkrankung und sogar in der Krebstherapie eingesetzt (vgl. Schieke, 2003).

Neben den zahlreichen Behandlungsmethoden, gibt es aber auch gesundheitlich bedenkliche Wirkungsweisen der Infrarotstrahlung. Ein ausgiebiges Sonnenbad zieht die bekannten Zeichen von verfrühter Hautalterung mit sich, dies wird meistens anhand der im Sonnenlicht vorhandenen ultravioletten Strahlung erklärt (vgl. Fisher, 1997). Denselben Effekt konnte jedoch auch Kligmann (1982) bei andauernder IR-Bestrahlung zeigen. Die Haut alterte ähnlich beschleunigt wie bei UV-Bestrahlung. Der Grund hierfür liegt in einem IR-induzierten Abbau von Elastin in der Haut, ein Zeichen von gewöhnlicher Hautalterung (vgl. Schieke, 2003). Ausgeschlossen werden konnte, dass dieser Effekt von gewöhnlicher Hitze stammt. IR-Strahlung aktiviert auf molekularer Ebene dieselben Prozesse wie UV-Strahlung, allerdings über andere Signalwege (vgl. Schroeder, 2007, Calles, 2010).

Ein weiteres unangenehmes Gesundheitsbedenken ist die Entstehung von Hautkrebs durch IR-Strahlung. Hitze und IR-Strahlung hemmen auf verschiedenste Arten den programmierten Zelltod (vgl. Trautinger 1995). Dieser Umstand führt zu der Hypothese, dass Zellen mit schädlicher DNA nicht sterben und zu wuchern beginnen. In zwei Studien (Jantschitsch 2009; Jantschitsch 2010) konnte aber gezeigt werden, dass bei Mäusen durch IR-Strahlung kein Hautkrebs entsteht und, dass der Vergleich der Wirkung von IR+UV zu UV keinen signifikanten Unterschied zeigt. Die Autoren legen aber selbst nahe, dass die Aussagekraft der Studien, durch die geringe Stichprobe beschränkt ist.

Zusammenfassend beschränkt sich die negative Wirkung übermäßiger IR-Bestrahlung auf allgemeine beschleunigte Hautalterung.

6.8. Legitimation im Unterricht

Wenn man von physikalischen Inhalten im Kontext Schule spricht, darf die Begründung, diesen Inhalt in den Pflichtschulunterricht einzuführen nicht fehlen. Ich gehe unter Beachtung unterschiedlicher Ebenen darauf ein, wieso es sinnvoll ist, nach einem Schulabschluss, grundsätzliche Kompetenzen beim Thema Infrarotstrahlung erlangt zu haben.

6.8.1. Lehrplanbezogene Legitimation:

Zieht man den österreichischen Lehrplan zu Rate stößt man auf folgende Formulierungen.

„-im Rahmen der Wärmelehre Zustände und Zustandsänderungen der Materie mit Hilfe des Teilchenkonzepts erklären können, den nachhaltigen Umgang mit Energie beherrschen und bei angestrebter größerer Erklärungstiefe die Bedeutung der thermodynamischen Hauptsätze verstehen“ (BMBF, 2015)

„Licht als Überträger von Energie begreifen und über den Mechanismus der Absorption und Emission (...)“ (BMBF, 2015)

Ein aufmerksames Lesen des Lehrplans lässt uns an diesen beiden Stellen einen Zusammenhang zum geplanten Unterrichtsprogramm vermuten. Zum einen gehört Infrarotstrahlung in den Bereich der Wärmelehre und kommt dabei als eine von drei Möglichkeiten der Wärmeübertragung, neben Wärmeleitung und Konvektion, vor. Zum anderen ist Infrarotstrahlung eine elektromagnetische Welle und überträgt Energie. Sie kann absorbiert werden und somit das Gefühl Wärme beim Menschen auslösen.

Dezidiert wird sie aber nicht erwähnt. Das ist aber auch bei anderen Inhalten so, da der Lehrplan sehr spartanisch gehalten ist. Ebenso stoßen wir auf ein gewisses Jahrgangsproblem, da die Wärmelehre und damit das Konzept von Wärmestrahlung in der 5-6 Klasse unterrichtet werden soll, Licht als Überträger von Energie aber erst in der 7-8 Klasse. Das Unterrichten des ganzen Bedeutungsausmaßes von Infrarotstrahlung wird laut Lehrplan also erst ab der 11. bzw. 12. Schulstufe möglich.

In diesem Zusammenhang ist ein Blick auf die Schulbücher zu diesem Thema durchaus interessant. Bei Sexl (2007) heißt dieses Kapitel „Temperaturstrahlung“ und beschreibt das Vorkommen von temperaturabhängiger Strahlung bei allen Körpern und die Einordnung in das elektromagnetische Spektrum. Auch bei Apolin (2008) wird auf Infrarotstrahlung eingegangen. Dort findet sie sich unter dem Begriff Wärmestrahlung und wird ebenfalls in das elektromagnetische Spektrum eingeordnet.

Man ist sich also auch unter den Schulbuchautoren einig darüber, dass Infrarotstrahlung, sei es unter den Namen Temperaturstrahlung oder Wärmestrahlung, in der Schule behandelt werden sollte.

6.8.2. Alltagslegitimation

Die Hauptquelle für Infrarotstrahlung ist die Sonne. Etwa 50% der Strahlungsenergie, die den Erdboden trifft, ist Infrarotstrahlung. Somit kann niemand behaupten, er hätte nicht mit Infrarotstrahlung zu tun. Bedeutend wird sie, wenn sie bei technischer Anwendung benötigt wird oder aber mit hoher Intensität therapeutische oder schädigende Effekte hervorruft. Aber auch der Wärmehaushalt von Mensch und Tier kann durch die thermische Strahlung gut erklärt werden. Man denke hierbei an das Tragen von Kleidung und an die silbrig-goldenen Rettungsdecken, die von Sanitätern eingesetzt werden, um den menschlichen Körper vor dem Auskühlen zu bewahren.

Es gibt zahlreiche technische Geräte, die als Schlüsseltechnologie IR-Strahlung benutzen. Hierzu zählen IR-Strahler, wie sie zum Beispiel zum Heizen im Freien verwendet werden. Mit ihnen kann gezielt die Oberflächentemperatur von Menschen erhöht werden, wenn kein beheizbarer Raum zur Verfügung steht. Einen ähnlichen Effekt hat das archaische Lagerfeuer. Ein Gerät welches keine Infrarotstrahlung aussendet, sondern aufnimmt wären Solarkollektoren. Sie nutzen bestimmte Oberflächen mit hohen Absorptionsgraden, die die einfallende Sonnenstrahlung direkt in Wärme umwandeln und so z.B. ein Wasserreservoir erhitzen. Als wichtiges Beispiel für sensorische Geräte können alle Arten von Kameras, die in diesem spektralen Bereich arbeiten, genannt werden. Sogar eine gewöhnliche Digitalkamera kann aufgrund ihres verbauten CCD-Chips im nahen Infrarot Bilder erzeugen. Da eine

Fotografie aber nur den sichtbaren Teil des Lichtes auf Papier bringen soll, werden Infrarotfilter verbaut um unerwünschte Bildartefakte zu reduzieren.

Über Infrarotstrahlung Bescheid zu wissen, macht aber nicht nur aus technischer, sondern auch aus gesundheitlicher Sicht Sinn. Es spielt bei der Vermeidung von Sonnenstichen eine erhebliche Rolle. Die plötzlichen Symptome treten auf wenn sich die Gehirntemperatur vor der Körperkerntemperatur erhöht, was durch ein Auftreffen von IR-Strahlung auf den ungeschützten Kopf verursacht wird. Hiergegen wirkt ein klassisches UV-Sonnenschutzmittel nicht und es muss als richtige Gegenmaßnahme eine vor Infrarotstrahlung schützende Kopfbedeckung gewählt werden. Eine High-Tech Lösung ist der Strohhut zwar nicht, eignet sich hierfür aber sehr gut.

6.8.3. Legitimation für die Zukunft

Laut Yeo und Zadnick (2001) ist die Entwicklung von Wissen in diesem Gebiet eine wichtige Grundvoraussetzung, um die Herausforderungen der heutigen Zeit zu meistern. Es ist unumgänglich, dass Lernende Konzepte von thermischen Phänomenen entwickeln, um Lösungen im Bereich der globalen Erwärmung und von Umweltproblemen zu finden (vgl. Yeo & Zadnick, 2001). Aus diesem Grund benötigen die Schulen effektive Interventionen, die diese Konzepte vorantreiben können (vgl. Haglund et al., 2015).

7. Methode des Forschungsvorhabens

In diesem Kapitel wird die Studie dieser Arbeit beschrieben. Die Struktur dieses Kapitels folgt einem klassischen Aufbau. Es werden die Ausgangssituation, die Durchführung und die Kodierung der erhobenen Daten beschrieben. Ebenso findet die Beschreibung der Zielgruppe, des Forschungsumfeldes sowie der organisatorischen Gegebenheiten hier Platz.

7.1. Forschungsdesign

In diesem Unterkapitel wird ein Überblick über die Teilnehmer und Teilnehmerinnen sowie die Durchführenden der Studie gegeben.

7.1.1. Beschreibung des Forscherteams

Um die Studie in die Tat umzusetzen, wurden auf die Fähigkeiten und Kompetenzen von insgesamt 17 Studierenden und eines Projektleiters zurückgegriffen. Von den 17 Studierenden waren vier mit der Durchführung der hier vorliegenden Studie betraut. Die übrigen bildeten insgesamt noch drei weitere Gruppen, in denen ähnliche Studien zu anderen Unterrichtsinhalten durchgeführt wurden. Die drei Gruppen führten ebenfalls Untersuchungen an der Methode CAPT durch. Die Untersuchung zum Thema ultravioletter Strahlung wurde bereits abgeschlossen und konnte den positiven Lerneffekt dieser Unterrichtsmethode im Inhaltsbereich UV bereits bestätigen (vgl. Schwarz, 2015).

Alle vier Gruppen planten und leiteten ihre Studie für sich, jedoch wurde bei der Planung des Unterrichtsmaterials massiv auf die Rückmeldung der Kollegen und Kolleginnen vertraut und aufgebaut. Das vorliegende Unterrichtsmaterial wurde somit von 4 Personen entwickelt und von insgesamt 18 Personen mit einschlägiger Vorbildung durchgesehen und kommentiert.

Die entwickelnden Studenten und Studentinnen waren Daniel Stifter, Fanny Hollenthoner, Felix Schöfl und Viktoria Haas.

7.1.2. Beschreibung der Zielgruppe

Um die Forschungsfrage zu untersuchen wurden 120 Schüler und Schülerinnen aus insgesamt vier verschiedenen Schulen in Wien besucht, das BRG 1 in der Schottenbastei 7 - 9 im ersten Bezirk, das BRG 14 in der Linzerstraße 146 im 14. Bezirk, die AHS in der Friesgasse 4 im 15. Bezirk und das GRG 17 am Parhamerplatz 18 im 17. Bezirk. An den ersten beiden Schulen wurde jeweils eine Klasse untersucht, an den letzten beiden jeweils 2 Klassen.

Die Schüler und Schülerinnen befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt in der 12. Schulstufe und bereiteten sich auf die bevorstehende Matura vor. Faktoren wie Migrationshintergrund oder Schulnoten wurden nicht berücksichtigt. Auch Daten zur Lehrperson wurden nicht aufgenommen. Insgesamt nahmen an der Studie 75 Schülerinnen und 45 Schüler teil.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 4 Themengebiete erfasst, die in weiterer Folge eine eigene Forschungsgruppe bildeten. Dazu zählen Infrarot-, Ultraviolett-, Mikrowellen- und Röntgenstrahlung. Jene 120 Schüler und Schülerinnen wurden gleichmäßig auf die 4 Forschungsgruppen aufgeteilt und bezüglich des Themenschwerpunktes untersucht. Die Aufteilung erfolgte durch eine Kodierung auf dem Prätestbogen. Die Testhefte wurden in der Klasse so verteilt, dass keine zwei Schülerinnen oder Schüler nebeneinander saßen, die dasselbe Testheft hatten. Diese Kodierung wurde ebenso verwendet, um eine Untersuchungsgruppe und eine Kontrollgruppe zu erhalten. Die Interventionsgruppe bestand aus jenen Schülerinnen und Schülern, die zufällig für die Intervention dieser Arbeit ausgewählt wurden. Die Kontrollgruppe bestand aus der gleichen Anzahl an Schülerinnen und Schülern, die zufällig aus anderen Gruppen ausgewählt wurden.

In der hier behandelten Untersuchung wird auf 26 Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe und auf 26 Schülerinnen und Schüler in der Kontrollgruppe eingegangen.

7.1.3. Untersuchungszeitraum

Die Untersuchungen liefen von Anfang Oktober bis Ende November 2014. Die Datenauswertung erfolgte in den Monaten Dezember und Jänner. Im Folgesemester wurde

von März bis Juni mit demselben Forscherteam ein Artikel über die jeweiligen Untersuchungen verfasst und veröffentlicht. Nachzulesen in „Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule“ Heft 02/65.

7.2. Beschreibung der Unterrichtsintervention

In diesem Kapitel soll ein Überblick darüber gegeben werden, wie die Intervention in ihrer Struktur aufgebaut ist und durchgeführt wurde. Hier finden sich die Reihenfolge und der Sinn und Zweck der einzelnen Schritte.

Die Intervention an den Schulen gliedert sich immer in zwei Besuche, die jeweils eine Doppeleinheit der Unterrichtszeit einnahmen. In der ersten Doppeleinheit wurde zuerst ein Prätest durchgeführt, dann ein 20-minütiger Einführungsvortrag gehalten und abschließend ein CAPT zwischen Studierenden als Tutoren und Tutorinnen und den Schülerinnen und Schülern der 8.Klasse als Tutees durchgeführt. In der zweiten Doppeleinheit fand die Mentoringphase und das CAPT zwischen 8.Klasse und 4.Klasse statt. Der Abstand zwischen den beiden Doppeleinheiten betrug ein bis zwei Wochen. Im Abstand von ungefähr 3 Wochen zur zweiten Doppeleinheit wurde in der jeweiligen 8.Klasse dann der Posttest durchgeführt.

7.2.1. Beschreibung des Prätests

Der Prä-Test besteht aus neun Multiple-Choice- und drei offenen Fragen und dient der Evaluierung des Wissensstandes vor dem Kontakt mit den Studierenden. Jede Frage soll einen anderen Teilbereich über Infrarotstrahlung prüfen und so das Wissen möglichst breit abbilden. Der Fragebogen wurde nach den Kriterien von Porst (2014) geplant. Das wohl wichtigste Kriterium ist das Verstehen der Frage. Hierfür müssen zunächst alle Begriffe bekannt sein. Fragen aber auch Begriffe, welche mehrdeutig sind und von verschiedenen Personen oder Gruppen unterschiedlich interpretiert werden können sollten vermieden werden. Die Frage ist so einfach und klar wie möglich zu halten (vgl. Porst, 2014). Die Fragen wurden mit einem intensiven Alltagsbezug versehen. Es wurde gehofft, zum einen die Verständlichkeit der

Fragen zu erhöhen, zum anderen sollten die Schülerinnen und Schüler nicht vom Abstrakten abgeschreckt werden.

Frage 1: Welche Farbe hat Infrarotstrahlung?

- ☐ *Gelb*
- ☐ *Grün*
- ☐ *Rot*
- ☐ *Violett*
- ☐ *Keine*
- ☐

In der ersten Frage wird überprüft wie der Begriff Farbe im Zusammenhang mit unsichtbarer Strahlung verstanden wird. Wird eine Farbe angekreuzt, hat der Schüler oder die Schülerin ein Konzept verinnerlicht, das es ihnen unmöglich macht, Infrarotstrahlung als Teil des unsichtbaren Spektrums zu verstehen, oder aber sie glauben, dass etwas eine Farbe haben kann, obwohl es für den Menschen nicht sichtbar ist. Der Hintergedanke bei dieser Frage soll im Wesentlichen sein, zu überprüfen, ob die Schüler und Schülerinnen wissen, dass Infrarotstrahlung nicht rot, sondern unsichtbar ist.

Frage 2: Was vermutest du? Welche von den angeführten Körpern strahlen Infrarotstrahlung ab? Kreuze an!

- ☐ *Heizkörper*
- ☐ *Hund*
- ☐ *Tisch*
- ☐ *Schlange*
- ☐ *Infrarotlampe*
- ☐ *Eiswürfel*
- ☐

Hier wird darauf eingegangen, ob Infrarotstrahlung als jene Strahlung verstanden wird, die von nahezu allen Objekten ausgeht. Hier wurden absichtlich verschiedene Kategorien zur Auswahl angegeben. Der Heizkörper, die Infrarotlampe und der Eiswürfel sind Dinge, die man in erster Linie mit Kälte oder Wärme verbindet. Der Hund, die Schlange und der Tisch hingegen besitzen diesbezüglich eine neutrale Stellung. Ebenso gibt es aktive Objekte, passive Objekte und Lebewesen. Der Heizkörper und die Infrarotlampe sind aktiv, der Tisch

und der Eiswürfel passiv und die Lebewesen bilden nochmals eine Unterkategorie in Warmblut und Kaltblut. Die Testintention ist nicht, Schülerinnen und Schüler zu verwirren, sondern zu prüfen, ob sie wissen, dass alles Strahlung abgibt. Der Satz „Alles gibt Strahlung ab.“ wurde im Einführungsvortrag mehrmals erwähnt und stand auch auf dem Handout, siehe Anhang.

Frage 3: Wie kann man Infrarotstrahlung wahrnehmen?

- ☐ *Du kannst sie schmecken.*
- ☐ *Du kannst sie sehen.*
- ☐ *Du kannst sie spüren.*
- ☐ *Du kannst sie hören.*
- ☐

Mit unseren Sinnen können wir vieles wahrnehmen, und dennoch bleibt ein viel größerer Teil ohne geeignete Messinstrumente verborgen. Das sichtbare Spektrum ist nur ein sehr kleiner Ausschnitt aus dem elektromagnetischen Spektrum, das uns tagtäglich umgibt. Diese Frage ist mit der ersten Frage stark verknüpft, da Schüler und Schülerinnen, die Infrarot eine Farbe zuordnen, bei *Frage 3* natürlich „Du kannst sie sehen“ ankreuzen müssten. Das grundlegende Konzept, das hier evaluiert werden soll, ist das Wärmeempfinden von Infrarotstrahlung.

Frage 4: Versuche den Satz zu vervollständigen: „Eine Infrarotkamera macht ...

- ☐ *Körperwärme*
- ☐ *Venen und Adern im Körper*
- ☐ *Säugetiere in der Dunkelheit*
- ☐ *Bäume in der Dunkelheit*
- ☐

... sichtbar“

Da in der Intervention mit einer IR-Kamera gearbeitet wird, wird auch auf diesen Punkt eingegangen, um zu sehen, wie sich etwaige Vorstellungen nach den Versuchen verändern.

Während ein menschlicher Körper und Säugetiere sehr gut sichtbar sind, kann man Venen, Adern und Bäume aufgrund des unzureichenden Temperaturunterschieds nicht erkennen.

Frage 5: Stell dir vor, du bist einer hohen Intensität von Infrarotstrahlung ausgesetzt, wie glaubst du könntest du dich davor schützen?

- ☐ *Mit Sonnencreme*
- ☐ *Mit einer Decke*
- ☐ *Mit Einem Blatt Papier*
- ☐ *Im Wasser untertauchen*
- ☐

Diese Frage suggeriert bei Schülern und Schülerinnen absichtlich eine Bedrohung durch Infrarotstrahlung. Es wird davon abgesehen einen direkten Vergleich mit einer Quelle von Infrarotstrahlung, wie zum Beispiel der Sonne, herzustellen, um die Frage nicht zu trivial zu gestalten. Es wird lediglich auf eine „hohe“ Intensität verwiesen, um dem Schüler oder der Schülerin zu verdeutlichen, dass man sich tatsächlich dafür schützen sollte.

Frage 6: Dein Arzt empfiehlt dir für deinen schmerzenden Rücken eine Infrarotstrahlungstherapie. Was wäre deine Einstellung dazu?

- ☐ *Ich würde das nicht machen, da es schädlich ist.*
- ☐ *Ja ich würde es machen, meinen restlichen Körper jedoch mit einer Bleischürze schützen.*
- ☐ *Ja ich würde es ohne jegliche Bedenken machen.*

In jedem Bereich des Lebens gilt es, Gefahren und Vorteile gegeneinander abzuschätzen, das ist auch im Kontext Strahlung der Fall. Die Assoziationen mit dem Begriff Strahlung können sowohl positiv als auch negativ sein, man vergleiche radioaktive Strahlung mit Sonnenstrahlung. Das konkrete Beispiel einer Bestrahlungstherapie soll helfen, sich in dem Kontext zurecht zu finden und eine klare Antwort geben zu können. Im Wesentlichen hat man die Wahl, ob Infrarotstrahlung für eine heilende Anwendung am Menschen geeignet ist oder nicht. Die zweite Antwort soll prüfen, ob sich der Schüler oder die Schülerin zu einer Kompromisslösung hinreißen lässt. Die Bleischürze soll eine Irreführung in Richtung Röntgendiagnostik darstellen.

Frage 7: Welche Strahlung sendet eine Infrarotlampe deiner Meinung nach aus?

- ☐ *UV-Strahlung und Mikrowellen*
- ☐ *Röntgenstrahlung und UV-Strahlung*
- ☐ *Mikrowellen und Infrarotstrahlung*
- ☐ *Infrarotstrahlung und sichtbares Licht*

Frage 7 bezieht sich auf die IR-Lampe, die in der Intervention verwendet wird. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde detailliert auf vier verschiedene Strahlungen eingegangen. Eigentlich sollte klar sein, dass nur die Antwort mit sichtbarem Licht richtig sein kann, denn die Infrarotlampe ist ja rot, wenn sie eingeschaltet ist, vorausgesetzt die Schülerinnen und Schüler haben so ein Gerät schon einmal gesehen.

Frage 8: Wo vermutest du kommen Infrarotstrahlen zur Anwendung?

- ☐ *Radar*
- ☐ *Ferkelzucht*
- ☐ *Radio*
- ☐ *Mikrowellen*
- ☐ *Nachtsichtgerät*
- ☐ *Fernbedienung*
- ☐ *.....*

Frage 8 versucht Items, die gar nicht in der Intervention vorkommen, in Beziehung zu Infrarotstrahlung zu setzen. Es geht um technische Geräte oder Anwendungen. Von den Schülerinnen und Schülern wird nicht verlangt, dass diese innerhalb der Intervention gelernt werden. Diese Frage dient dazu, ob sich auch in anderen Bereichen, auf die die Intervention nicht abzielt, etwas tut.

Frage 9: Was passiert deiner Meinung nach mit der Infrarotstrahlung, wenn sie auf einen Körper trifft?

- ☐ *Sie kann durch den Körper gehen.*
- ☐ *Der Körper kann sie aufnehmen.*
- ☐ *Der Körper kann sie reflektieren.*

Frage 9 repräsentiert die physikalischen Möglichkeiten, wenn eine elektromagnetische Welle auf Materie trifft. Die Antwortmöglichkeiten 1 und 2 kommen im Rahmen der Intervention intensiv vor, der Fall der Reflexion könnte von den Schülerinnen und Schüler ergänzt werden.

Frage 10: Wenn du in der Sonne stehst wird dir warm. Woran könnte das liegen?

Diese offene Frage soll der Schülerin oder dem Schüler eine Begründung entlocken. Der Schüler soll ein Phänomen, das er seit Beginn seines Lebens kennt, physikalisch beschreiben und erklären.

Frage 11: Welche Quellen würdest du mit Infrarotstrahlung verbinden?

Eine Frage nach den Quellen von Infrarotstrahlung kam in einer ähnlichen Form schon in der MC-Frage 2 vor. Hier soll dem Schüler oder der Schülerin noch einmal Zeit und Raum gegeben werden, um sich intensiver damit auseinanderzusetzen.

Frage 12: Wo kommt Infrarotstrahlung in deinem Alltag vor? Zähle auf was dir einfällt!

Eine Ähnlichkeit zu Frage 11 kann nicht geleugnet werden und trotzdem unterscheiden sie sich in einem wichtigen Punkt. In voriger Frage wird der Fokus auf Dinge gelenkt, die Infrarotstrahlung abgeben, unabhängig davon, ob sie im Alltag vorkommen oder einen Nutzen für den Menschen haben. Es ist sozusagen der theoretische Teil, der als ultimative Antwort: „Alles mit einer Temperatur.“ verlangen würde. Die Assoziationen von Infrarotstrahlung im Alltag führt aber zu ganz anderen Schlüssen. Frage 8 soll dazu eine Hilfestellung sein.

Der Fragebogen, so wie ihn die Schülerinnen und Schüler erhalten haben findet sich im Anhang.

7.2.2. Beschreibung des Einführungsvortrages

Der Einführungsvortrag dauerte ungefähr 20 Minuten und wurde nach dem Prätest von 4 Studierenden gehalten. Das Handout hierzu findet sich im Anhang.

Die Inhalte dieser Sequenz waren relativ überschaubar. Es wurde in erster Linie versucht, das elektromagnetische Spektrum zu erklären. Zu diesem Zweck wurde ein Plakat gestaltet, das die Strahlungsarten graphisch miteinander in Beziehung setzte. Zu den vorgestellten

Strahlungsarten zählen Mikrowellenstrahlung, Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, UV-Strahlung und Röntgenstrahlung. Auf dem Handout finden sich zusätzlich allgemeine Fakten über elektromagnetische Strahlung wie zum Beispiel: „Je kleiner die Wellenlänge einer Strahlung ist, desto größer ist ihre Energie.“ Dieses Handout nahmen die Schülerinnen und Schüler danach zu ihrem CAPT mit.

7.2.3. Beschreibung des Tutoring an der 12.Schulstufe

Jedes Forscherteam bekam durch das oben beschriebene Auswahlverfahren der Testbögen eine Gruppe von Schülerinnen und Schüler zugeteilt, die in weiterer Folge dieser Forschergruppe zugeordnet blieben. Je nachdem wie viele Schülerinnen und Schüler es zu betreuen galt, kamen Betreuungsverhältnisse von 1:2 bis 1:4 zustande.

Das CAPT gliedert sich in fünf kleinere Experimente, wobei EXP1-4 im eingangs beschriebenen POE-Schema aufgebaut sind. Zwischen jeder Zeile findet der Schüler bzw. die Schülerin genügend Platz seine bzw. ihre Gedanken zu notieren, siehe Anhang. Von den Studierenden wird dieses Aufschreiben stets eingefordert. Am Ende des CAPT wird mit den Schülerinnen und Schülern Memory gespielt, wobei ein Paar immer aus einem Bild einer normalen Kamera und einer IR-Kamera besteht. Im folgenden sollen die einzelnen Schritte genau erklärt werden. Die Angabe der Experimente ist in kursiv gehalten.

In der Praxis wurden die Paare lediglich mit Stift und Papier auf einzelne Tische verteilt. Forderte die Angabe dazu auf, mit der IR-Kamera zu hantieren, gingen Studierende und Schülerinnen bzw. Schüler gemeinsam zum Tisch nach vorne, wo die Arbeitsmaterialien bereitgestellt waren.

EXP 0

Betrachte das Gesicht eines/r deiner Mitschüler/innen. Anschließend sieh es dir mit der Infrarotkamera an. Schreibe auf, was der Unterschied zwischen dem realen Bild und dem Bild der Kamera ist.

Dieses Experiment soll sicherstellen, dass die Schülerinnen und Schüler dieselbe Anfangsinformation über die IR-Kamera haben. Die Studierenden erklären jedem Schüler und

jeder Schüler, dass diese Kamera Infrarotstrahlung sichtbar macht und sie in unterschiedlichen Farben darstellt.

EXP 1

Predict: Betrachte deine/n Mitschüler/in, wenn er/sie sich einen Ballon vors Gesicht hält. Wie glaubst du, würde das Bild, das die Infrarotkamera anzeigt, aussehen? Erkläre deine Vermutung!

Observe: Überprüfe deine Vorhersage, indem du die Infrarotkamera verwendest. Was beobachtest du? Notiere!

Explain: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber!

Hierbei geht es um den Effekt, dass Infrarotstrahlung Objekte unseres Alltags, die uns undurchsichtig erscheinen, durchdringen kann. Es wird erwartet, dass Schülerinnen und Schüler annehmen, mit der IR-Kamera die Oberfläche des Luftballons zu sehen, so wie mit dem normalen Auge auch. Anhand folgender Abbildung sieht man, welchen Blick die Schülerinnen und Schüler auf dieses paradox erscheinende Phänomen werfen können.

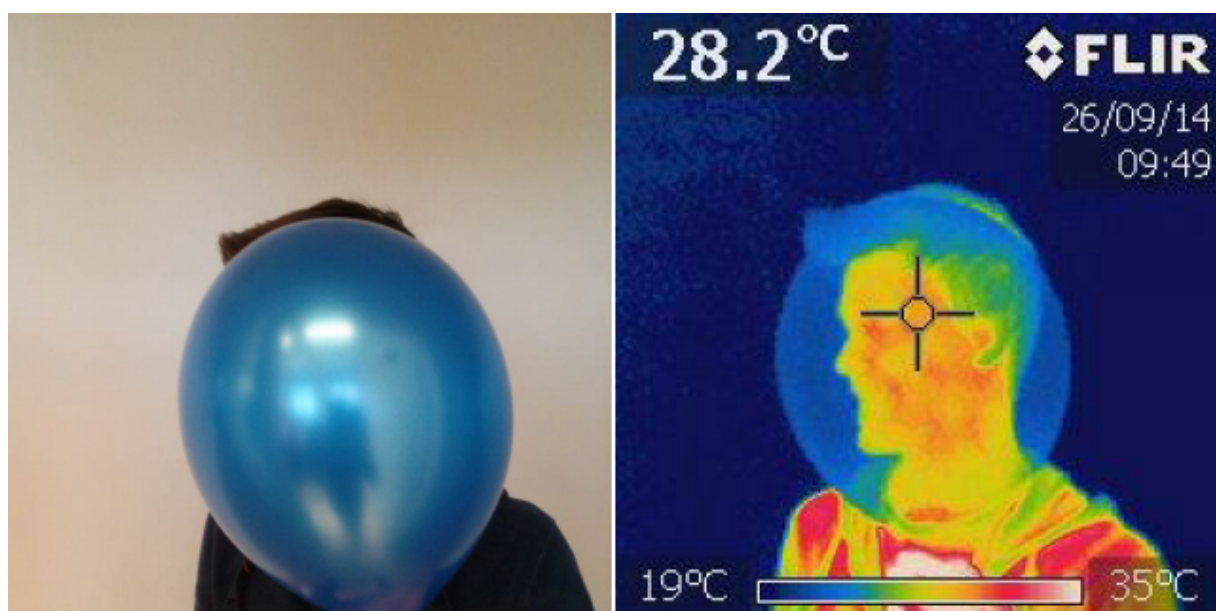


Abbildung 10: Mit der IR-Kamera durch einen Luftballon sehen

In der Theorie wissen die Schülerinnen und Schüler nun, dass es etwas gibt, was Menschen nicht sehen können und dieses etwas kann den Luftballon durchdringen. Wir nennen es Infrarotstrahlung.

EXP 2

Predict: Stelle dir vor, dein Gegenüber hält sich einen mit Wasser befüllten Luftballon vors Gesicht. Ändert sich das Bild der Infrarotkamera? Begründe deine Vermutung!

Observe: Überprüfe deine Vorhersage, indem du die Infrarotkamera verwendest. Was beobachtest du? Notiere!

Explain: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber!

Das Folgeexperiment bedient sich ebenso dem Betrachten von einem Gesicht mit der IR-Kamera, diesmal kommt als Hindernis aber ein Luftballon mit Wasser zur Anwendung. Folgende Abbildung zeigt was passiert.

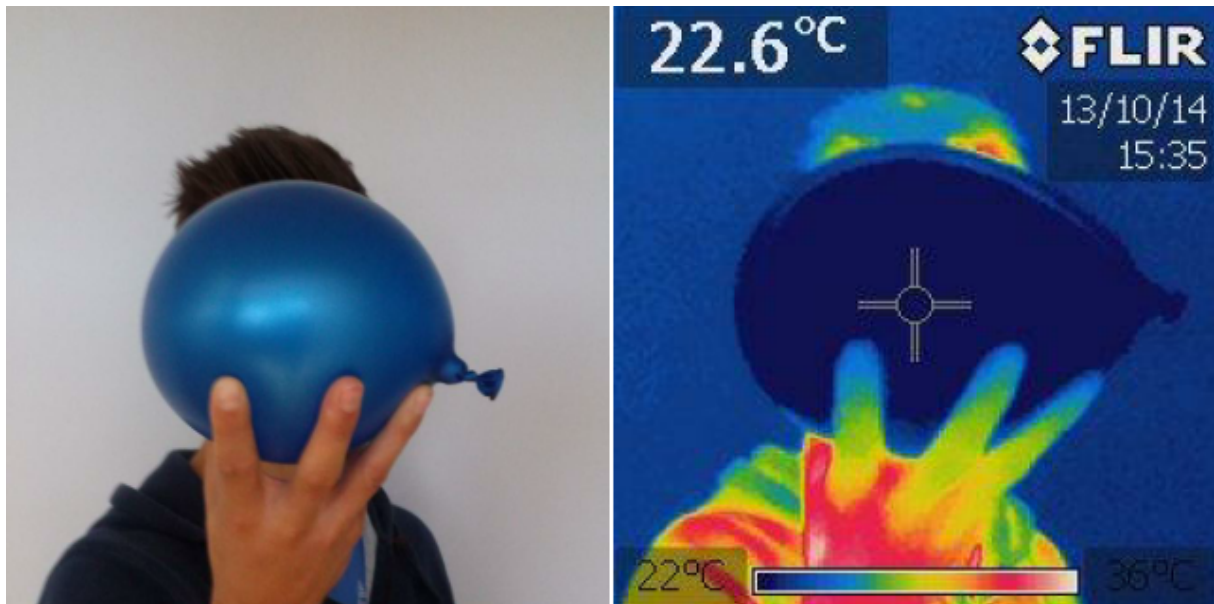


Abbildung 11: Die IR-Kamera und ein Wasserballon

Alle Variablen wurden festgehalten bis auf den Inhalt des Luftballons. Der logische Schluss bei diesem Experiment ist, dass das Wasser dafür verantwortlich ist, dass die

Infrarotstrahlung, die die Kamera detektiert, nicht mehr durchkommt. Wasser tritt hier als undurchsichtiges Objekt im IR-Spektrum auf.

EXP 3

Du hast vor dir eine eingeschaltete Infrarotlampe stehen! Versuch das Licht von der Infrarotlampe in den Auszug des Strahlenspektrums einzuordnen, indem du den richtigen Bereich einkreist!

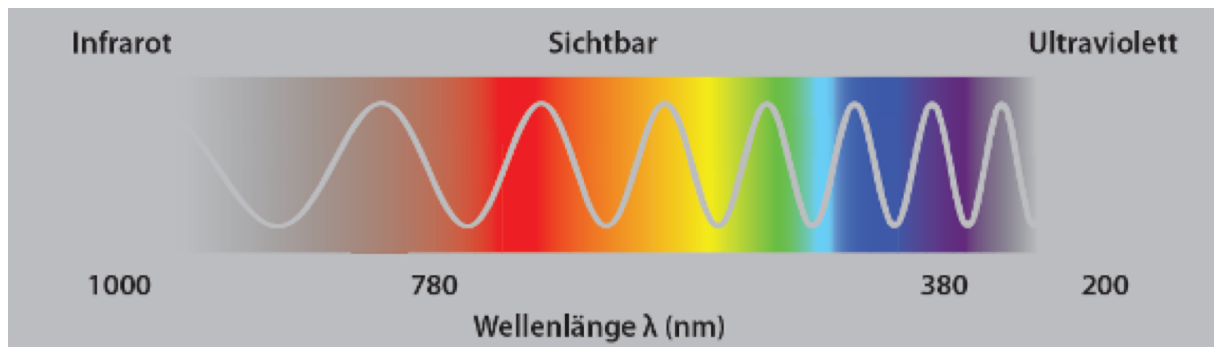


Abbildung 12: Spektrum zur Einteilung der Strahlung der IR-Lampe

Halte deine Hand in einigem Abstand vor die Lampe und notiere was du wahrnimmst! Was könnte der Grund für deine Wahrnehmung sein?

Nach Experiment 0, 1 und 2 kommt nun die Verwendung einer IR-Lampe ins Spiel. Das Einkreisen auf dem Spektrum soll die Schülerinnen und Schüler noch einmal daran erinnern, dass es bei diesem Experiment darauf ankommt, die Arten von Strahlung zu unterscheiden. Im Folgenden halten sie einfach ihre Hand vor die Lampe, spüren Wärme und sehen rotes Licht auf ihrer Hand.



Abbildung 13: IR-Lampe beleuchtet die bloße Hand ohne Hindernis

EXP 4

Predict: Was wird passieren, wenn du nun zwischen deiner Hand und der Lampe das Plastiksackerl voll Wasser hältst? Überlege dazu, ob das Licht der Lampe durchgeht oder nicht.

Observe: Stelle nun das Sackerl mit Wasser zwischen Hand und Lampe. Was hat sich nun verändert und wieso? Vergleiche dies mit deiner Vermutung von Phase 1.

Explain: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber! Schau dir die Grafik von dem Spektrum oben noch einmal an. Würdest du jetzt anders einkreisen?



Abbildung 14: IR-Lampe beleuchtet die bloße Hand mit Hindernis

Diese Abbildung dient exemplarisch als Vergleich zu einem wasserbefüllten durchsichtigen Gefäß. In der Intervention wurden mit Wasser gefüllte Gefrierbeutel verwendet. Die Schülerinnen und Schüler haben nun am eigenen Körper erfahren, dass das Licht der IR-Lampe Wärmeempfinden auslöst und dieses Wärmeempfinden verschwindet, wenn Wasser dazwischen gehalten wird. Aus Experiment 2 wurde ersichtlich, dass Wasser Infrarotstrahlung blockiert, in Experiment 4 konnte festgestellt werden, dass Wasser genau das blockiert, was bei uns Wärmeempfinden auslöst. Aber das ist nicht alles, denn die Hand bleibt unverändert rot. Diese Strahlung muss also unsichtbar sein. Nach einem abschließenden Gespräch mit dem Tutor oder der Tutorin sollte jeder Schülerin und jedem Schüler diese grundlegenden Ideen klar sein.

- Infrarotstrahlung ist kein rotes Licht
- Infrarotstrahlung ist unsichtbar
- Infrarotstrahlung nehmen wir als Wärme wahr

7.2.4. Beschreibung des Mentoring

Die Phase des Mentoring hat gleich zu Beginn des zweiten Schulbesuchs stattgefunden. Da das CAPT mit diesen Schülerinnen und Schülern schon eine Woche her war, wurde in kleinen Gruppen zum einen der Stoff noch einmal wiederholt, zum anderen methodische Tipps für den Umgang mit den jüngeren Schülerinnen und Schülern gegeben. Den Schülerinnen und Schülern der achten Klasse wurde zu diesem Zweck der „Leitfaden für TutorInnen“ ausgeteilt, siehe Anhang.

7.2.5. Beschreibung des Tutoring von der 12.Schulstufe

Von der Grundstruktur war das CAPT der 8.Klasse gleich aufgebaut, wie das CAPT, das die Studierenden mit ihnen durchführten. Es wurden dieselben Materialien verwendet und dieselben Experimente durchgeführt. Der große Unterschied hierbei war allerdings, dass das Betreuungsverhältnis nun, da zwei Klassen miteinander arbeiteten tatsächlich fast immer 1:1 war.

Die Studierenden nahmen die Rolle der Organisatoren ein und verteilten die Schüler und Schülerinnen der 4.Klasse auf die der 8.Klasse und stellten sicher, dass alle Arbeitsmaterialien dort waren, wo sie gebraucht wurden. Die IR-Kamera wurde stets von einer Studentin oder einem Studenten betreut, um den richtigen Gebrauch sicherzustellen.

7.2.6. Beschreibung des Posttests

Der Posttest war ident mit dem Prätest und fand in jeder Schule ca. drei Wochen nach dem zweiten CAPT statt.

7.3. Datenauswertung

Die Kreuze des Fragebogens wurden zunächst in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics eingegeben.

Schülercode	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q1.5	Q2.1
AS562/W	,00	,00	1,00	1,00	,00	1,00
Ag928/W	,00	,00	,00	,00	1,00	,00
CB782/W	,00	,00	,00	1,00	,00	1,00

Abbildung 15: Dateneingabe in SPSS

In obiger Abbildung sieht man einen Ausschnitt des Programms. Jeder Schüler und jede Schülerin entspricht einem Datensatz, der nach dem jeweiligen Schülercode benannt wurde. AS562/W entspricht einer speziellen Schülerin. Das W steht hierbei für „weiblich“. Jedes Kästchen, in das der Schüler oder die Schülerin ein Kreuz machen kann, entspricht einer Variable. Die erste Box des Fragebogens mit dem Wort „Gelb“ neben der Box entspricht der Variable Q1.1. Die Variablen sind durchnummeriert wobei „QX.Y“ auf die Frage X bei Antwortmöglichkeit Y verweist. Beim Posttest wurde die Kodierung „PX.Y“ verwendet. Die Kodierung ist „1“ für „Ein Kreuz wurde gemacht“ und „0“ für „Kein Kreuz wurde gemacht“. Aus diesen Daten wurden anschließend Diagramme erstellt.

Falls ein Schüler oder eine Schülerin bei einem der beiden Tests nicht anwesend war, wurde er oder sie gelöscht. Das betraf 3 Schülerinnen und Schüler der IR-Gruppe und 3 Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

Den Schülern und Schülerinnen wurden durch ein Punktesystem Punkte in Abhängigkeit von ihren Antworten zugeordnet. Bei der Auswertung wird zwischen zwei Fragetypen unterschieden. „Single-Choice“ Fragen und „Multiple-Choice“ Fragen. Bei ersteren werden nur Punkte erteilt, wenn das eine richtige Kreuz gemacht wurde, werden allerdings mehrere Kreuze gemacht, gibt es keine Punkte. Anders bei den MC-Fragen, hier bekommt man für jedes richtige Kreuz Punkte, egal ob man auch ein falsches dabei hat. Zur Erläuterung soll folgendes Beispiel dienlich sein.

Frage1: Welche Farbe hat Infrarotstrahlung?

- ☐ *Gelb*
- ☐ *Grün*
- ☒ *Rot*
- ☐ *Violett*
- ☒ *Keine*
- ☐

Der Schüler oder die Schülerin hat „Rot“ und „Keine“ angekreuzt. Diese beiden Antworten schließen sich aus und es werden, obwohl die richtige Antwortmöglichkeit „Keine“ angekreuzt wurde, keine Punkte erteilt. Dies war bei Frage 1, 3, 6 und 7 der Fall. Für eine richtige Antwort gab es 12 Punkte.

Bei Frage 2, 4, 5, 8 und 9 wurde für jedes richtige Kreuz 12 Punkte dividiert durch die Anzahl der möglichen Antworten gegeben. Für jedes falsche Kreuz genau dieser Wert abgezogen. Es konnten allerdings nie weniger wie 0 Punkte sein. Abschließend wurde mit einem T-Test für abhängige Stichproben untersucht, ob die Punkte vor und nach der Intervention sich signifikant voneinander unterscheiden.

Die Anzahl der Kreuze bei jeder Antwortmöglichkeit wurde in Diagrammen dargestellt. Hierbei ist es irrelevant, ob es sich um eine SC-Frage oder eine MC-Frage handelt, das heißt die Zahl in den Diagrammen, kann unter Umständen von einer korrekten Beschreibung bei den SC-Fragen abweichen. Um zu verhindern, dass hierbei Schülerinnen und Schüler, die beim Prä- bzw. Posttest, „Keine“ und eine Farbe ankreuzten, unberücksichtigt bleiben, wurden die Werte für die SC-Fragen noch einmal händisch durchgesehen. Es wurde kontrolliert wie viele Schülerinnen und Schüler beim Prä- bzw. Posttest ausschließlich die richtige Antwort ankreuzten, um das Diagramm zu ergänzen. Diese Vorgehensweise ist bei den MC-Fragen nicht notwendig, da hier die Antwortmöglichkeiten keinen ausschließenden Zusammenhang aufweisen.

Die Auswertung der Ergebnisse der offenen Fragen wurde aufgrund ihrer Unvollständigkeit unterlassen. Die Fragen wurden von den Schülerinnen und Schülern leider vor und nach der Intervention nur sehr unvollständig beantwortet, sodass sich eine zu kleine Stichprobe ergab, von der zu beiden Testzeitpunkten verwertbare Antworten verfügbar waren.

8. Ergebnisse und Interpretation

In diesem Kapitel werden die erhobenen Daten vorgestellt und interpretiert. Nach jedem Diagramm folgt eine kurze Beschreibung der Ergebnisse und eine anschließende Interpretation.

8.1. Multiple und Single Choice Fragen

Die folgenden Diagramme zeigen die Verteilung der Antworten der Schülerinnen und Schüler beim Prä- und beim Posttest. Die Diagramme wurden bzgl. der IR-Gruppe und Kontrollgruppe getrennt. Die schwarzen Balken stehen jeweils für die Anzahl der Kreuze beim Prätest, während die grauen Balken die Anzahl der Kreuze beim Posttest symbolisieren. Falls eine Schülerin oder ein Schüler mehrere Kreuze macht, obwohl nur eine Antwort richtig ist, scheint sie oder er mehrfach auf. Dieser Umstand ist bei 4 von 9 Fragen relevant und wird bei den jeweiligen Fragen berücksichtigt. Sowohl bei der IR-Gruppe, als auch bei der Kontrollgruppe wurden 26 Schülerinnen und Schüler verglichen.

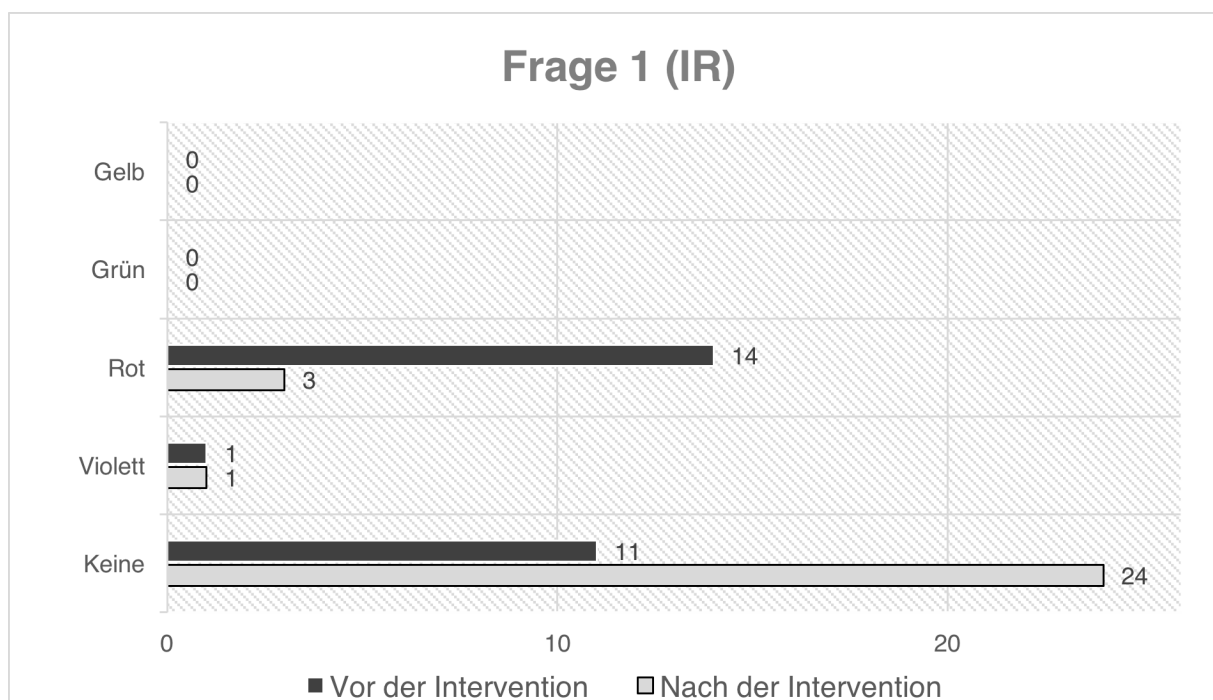


Abbildung 16: Welche Farbe hat Infrarot?

Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Kreuze bei der Frage, welche Farbe Infrarotstrahlung hat. Man kann man ablesen, dass die Farben Gelb und Grün nie angekreuzt wurden. Rot wurde am Anfang sogar von 14 Schülerinnen und Schüler gewählt, nach der Intervention nur mehr 3 mal. Bei der Farbe Violett gab es vorher und nachher ein Kreuz, wobei dieses Kreuz nicht von derselben Schülerin bzw. demselben Schüler stammt. Die Entwicklung bei der Antwortmöglichkeit „Keine“ geht von 11 auf 24 Kreuze, das entspricht fast allen Schülerinnen und Schülern.

Aus der Ergebnistabelle (siehe Anhang) lässt sich weiters ablesen, dass diese Frage vorher 11 und nachher 22 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten konnten. Schülerin JS125 gab in der zweiten Runde „Keine“ und „Rot“ an, Schülerin TG811 „Keine“ und „Violett“. Die Schülerinnen HN33E und LN171 blieben beim Posttest bei ihrer Antwort Rot. Es gaben also nach der Intervention lediglich 4 von 26 Schülerinnen und Schülern hierauf eine falsche Antwort.

Interpretation:

Es wurde erwartet, dass viele Schülerinnen und Schüler glauben, Infrarotstrahlung sei rot, diese Annahme hat sich mit etwa 50% der Schülerinnen und Schüler bestätigt. Andere Farben wie Violett, Gelb und Grün hingegen spielen eine kaum erwähnenswerte Rolle. Der starke Anstieg bei „Keine“ und der gleichzeitige Abfall bei „Rot“, lässt vermuten, dass die Intervention bei der Beurteilung der Farbe einer unsichtbaren Strahlung erfolgreich war.

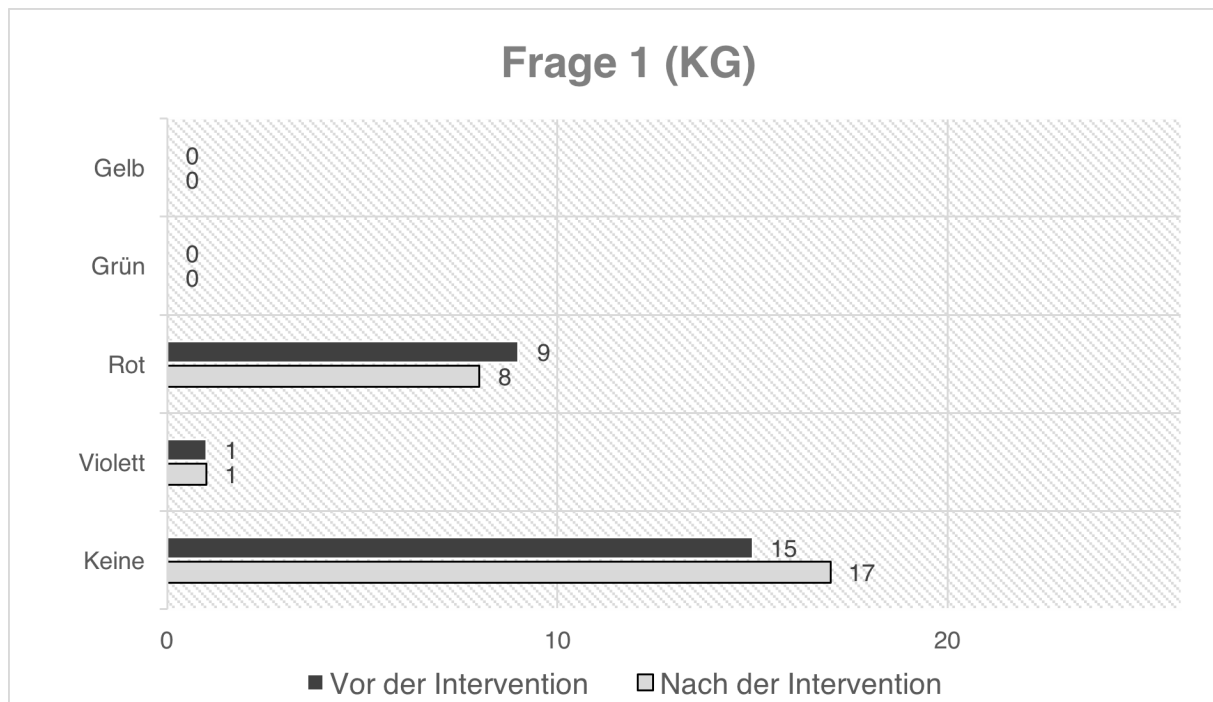


Abbildung 17: Welche Farbe hat Infrarot? (Kontrollgruppe)

Das Diagramm für die Kontrollgruppe zeigt eine sehr schwache Änderung in der Antwortstatistik. Dieses Ergebnis wurde erwartet und dient zur Kontrolle, ob der Effekt bei Frage 1 aus der IR-Gruppe auch an der Intervention liegt. Da nur 2 Schülerinnen und Schüler im Posttest mehr bei „Keine“ zu finden waren, kann davon ausgegangen werden, dass der Effekt an der Intervention gelegen hat.

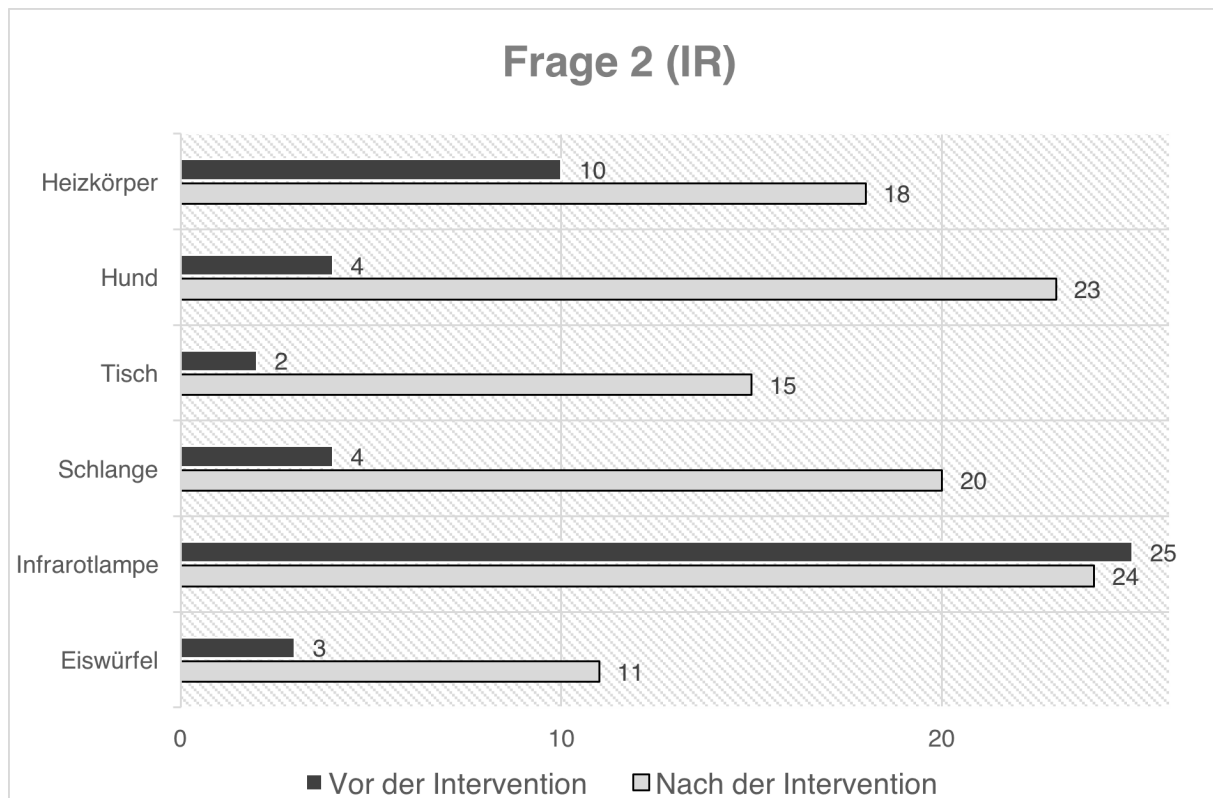


Abbildung 18: Welche Gegenstände senden Infrarotstrahlung aus?

Der Heizkörper wird vor der Intervention von 10 Schülerinnen und Schülern angekreuzt, danach von 18, auch der Hund stieg von 4 Kreuzen auf 23. Der Tisch als passives unbelebtes Objekt wurde anfangs nur 2 mal angekreuzt, beim Posttest hingegen 15 mal. Die Schlange kam ähnlich wie der Tisch von 4 auf 20 Kreuze. Trivial hingegen scheint die IR-Lampe als Sender von Infrarotstrahlung, da schon zu Beginn bereits fast alle Schülerinnen und Schüler hier ein Kreuz machten. Sogar der Eiswürfel stieg von 3 auf 11 Kreuze.

Interpretation:

Interessant an diesem Ergebnis ist der Vergleich von den in der Intervention verwendeten Objekten. Während der gesamten Zeit wurde weder der Heizkörper noch der Eiswürfel thematisiert und trotzdem konnten beide Objekte einen Zuwachs von 8 Stimmen verzeichnen. Das bedeutet, dass diese 8 Schülerinnen und Schüler einen Fortschritt bei dem Konzept „Alles gibt Strahlung ab“ vollzogen haben. Die Schlange, der Tisch und der Hund kamen im „IR-Memory“ vor (siehe Anhang), womit der starke Anstieg bei diesen Objekten erklärt werden kann. Der Schüler CH272 fiel dadurch auf, dass er anfangs nur den Eiswürfel ankreuzte, im Posttest dagegen kreuzte er alles außer den Heizkörper an. Schüler JM219 und Schülerin KR466 kreuzten hingegen im Posttest die Infrarotlampe nicht mehr an.

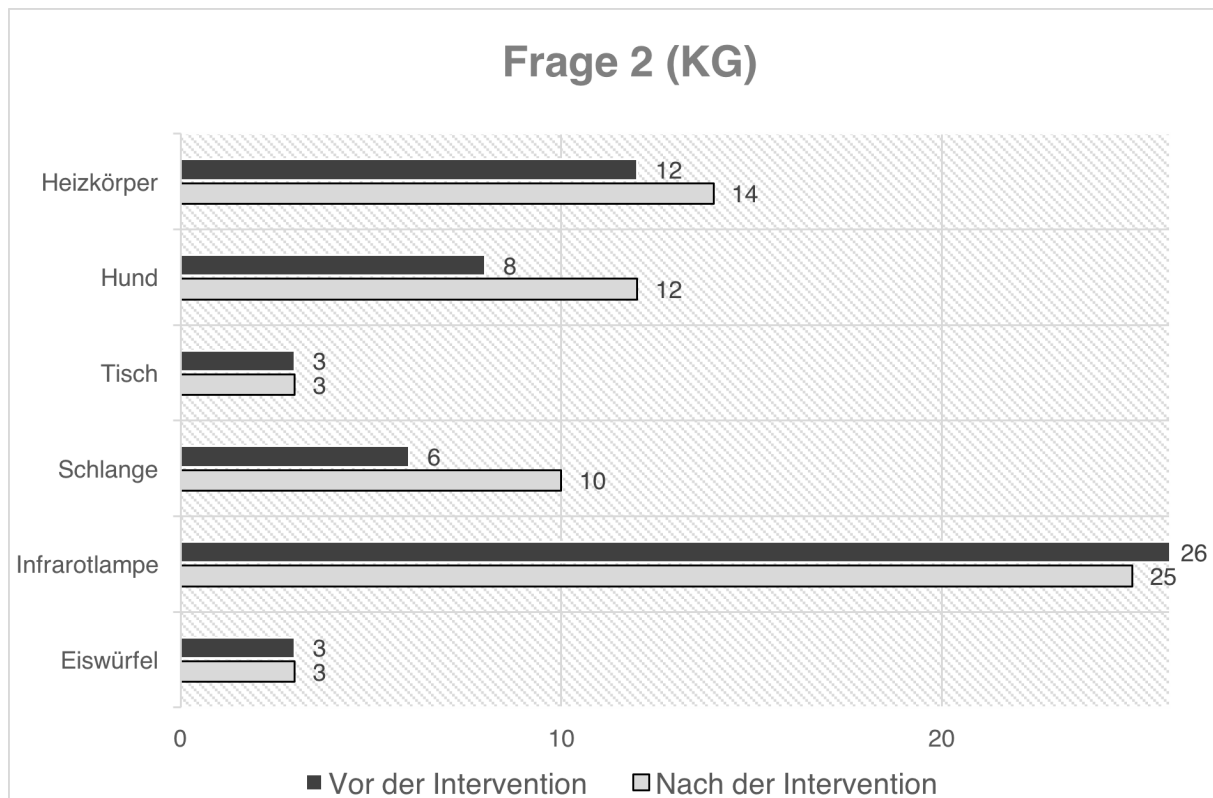


Abbildung 19: Welche Gegenstände senden Infrarotstrahlung aus? (Kontrollgruppe)

Im Vergleich mit der Kontrollgruppe kann man ebenso feststellen, dass die IR-Lampe für alle Schülerinnen und Schüler eine triviale Antwort gewesen sein muss. Eine Erklärung für den leichten aber erkennbaren Anstieg bei den Objekten Schlange und Hund kann nur vermutet werden. Es ist nicht auszuschließen, dass die Schülerinnen und Schüler aufgrund der Bilder, die sie von der Schlange und dem Hund gesehen haben, mit ihren Mitschülerinnen und Mitschülern darüber geredet haben.

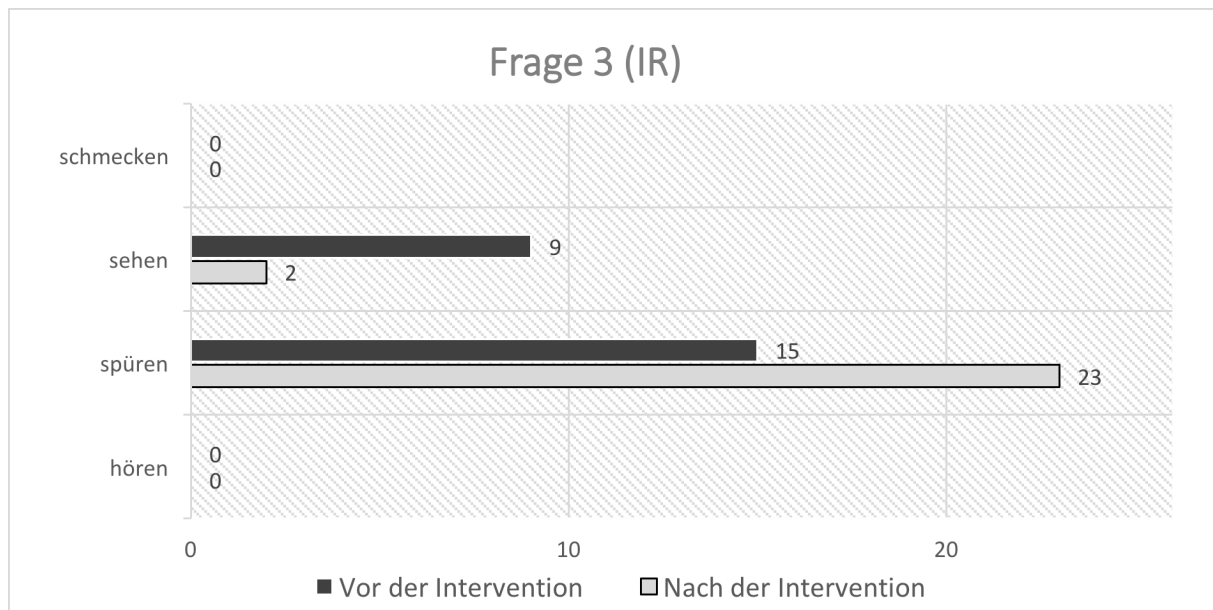


Abbildung 20: Wie nehmen wir Infrarotstrahlung wahr?

Die Frage 3 beschäftigte sich mit der menschlichen Sensorik. Beim Schmecken und Hören ließ sich keine Schülerin und kein Schüler hinreißen ein Kreuz zu machen, beim Sehen und Spüren sah die Sache anders aus. Vor der Intervention gaben 9 Schülerinnen und Schüler an sie sehen und 15 sie spüren zu können, 4 davon kreuzten aber zusätzlich an, dass man sie sehen könne und lagen damit falsch. Das ergibt 11 Schülerinnen und Schüler, die zu Beginn richtig lagen. Nach der Intervention glaubten nur mehr 2 Infrarotstrahlung sehen zu können und 23 waren dafür, dass man sie spüren könne. Auch nach der Intervention lagen nicht alle 23 Schülerinnen und Schüler richtig. Schülerin LN171 und JS125 blieben bei beiden Testungen bei ihrer Aussage, dass man sie sehen und spüren könne. Schülerinnen und Schüler LA133, CP643 und AK813 haben bei dieser Frage im Posttest nichts angekreuzt. Insgesamt konnten im Posttest diese Frage also 22 von 26 richtig beantworten.

Interpretation:

Es lässt sich ein deutlicher Trend aus dem Diagramm ablesen. Dass man Infrarotstrahlung sehen könne geht eindeutig zurück und das Spüren tritt in den Vordergrund. Dieses Ergebnis kann durch das Experiment 3 in der Intervention erklärt werden, da es versucht genau diesen einen Unterschied zwischen Sehen und Spüren herauszuarbeiten.

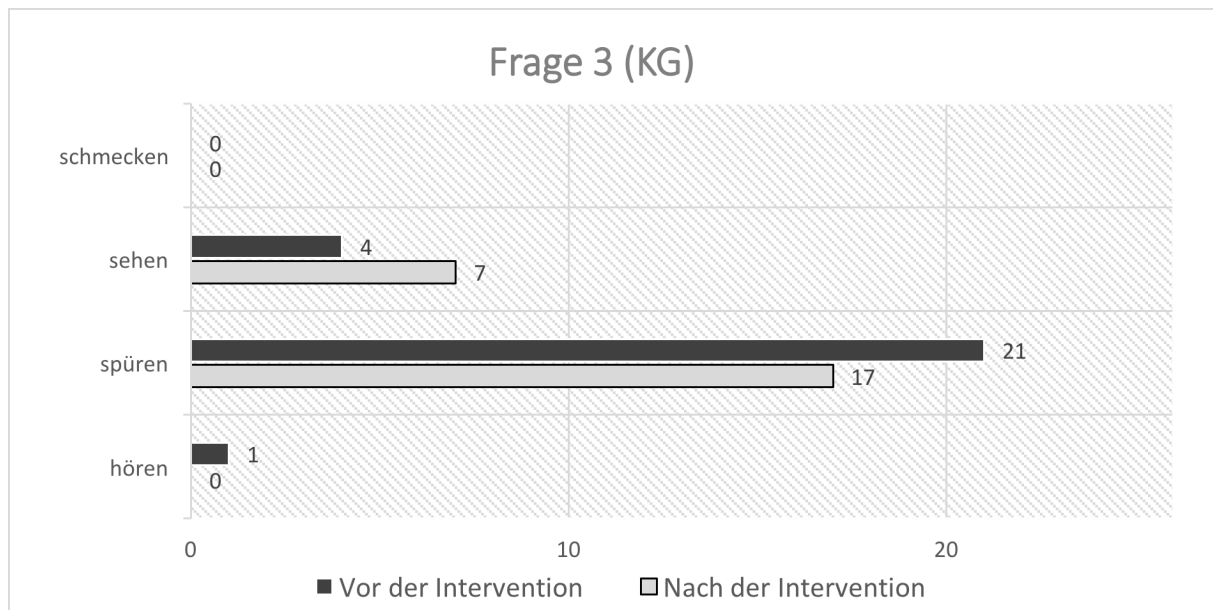


Abbildung 21: Wie nehmen wir Infrarotstrahlung war? (Kontrollgruppe)

In der Kontrollgruppe zeigt sich ein leicht gegenläufiges Bild. Es waren nach ihrer Röntgen-, UV- oder Mikrowellenintervention 3 Schülerinnen und Schüler mehr der Meinung man könne sie sehen, ebenso ging die Zahl der Nennungen beim Spüren um 4 zurück.

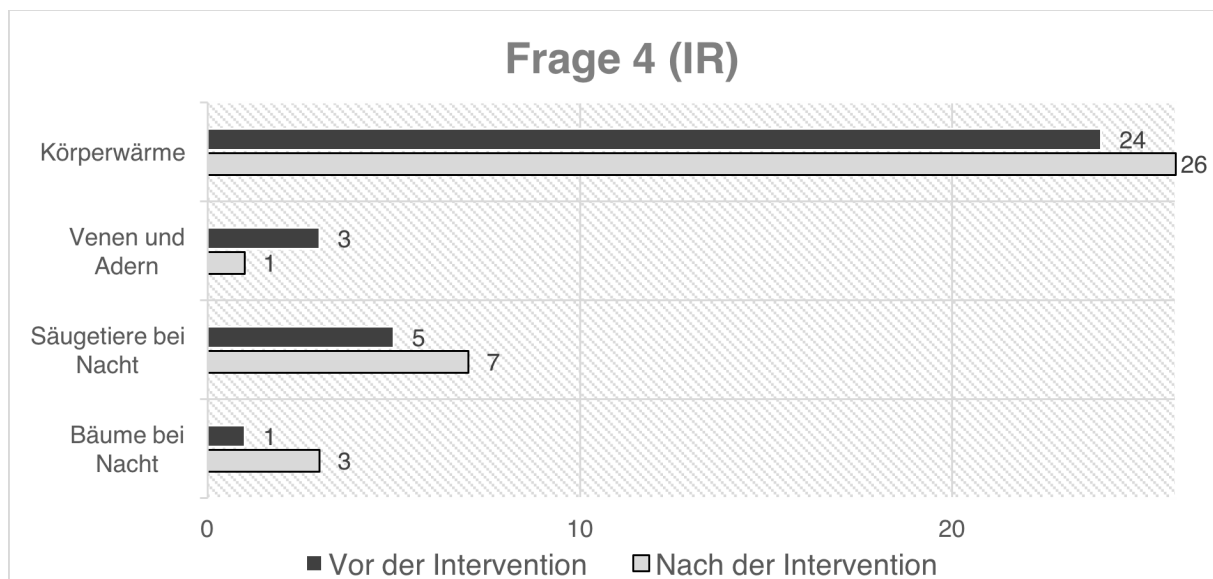


Abbildung 22: Was kann man mit einer IR-Kamera sehen?

Nahezu alle Schülerinnen und Schüler waren sich sicher, dass Körperwärme mit einer IR-Kamera gut sichtbar ist. Bei Venen und Adern wurden 3 Kreuze gemacht, die nach Intervention auf ein einziges sanken. Säugetiere in der Nacht zu sehen, stieg leicht von 5 auf 7 Kreuze und „Bäume in der Nacht“ stieg ebenso von 1 auf 3 Kreuze.

Interpretation:

Leider hat eine nachträgliche Recherche über IR-Kameras ergeben, dass die letzte Antwortmöglichkeit keine besondere Aussagekraft hat. Es gibt Geräte, die sehr genau sind, und somit auch das unterschiedliche Abstrahlverhalten von Rinde, Luft und Wiese sichtbar machen können. Somit ist die Antwort nicht eindeutig und wird in weitere Betrachtungen nicht mehr miteinbezogen.

Dass die IR-Kamera Körperwärme sichtbar machen kann, scheint vor und nach der Intervention klar zu sein. Es dürfte sich aber nicht um ein übergreifendes Verständnis handeln, da sonst mehr Schülerinnen und Schüler angekreuzt hätten, dass man Säugetiere bei Nacht sehen könne. Ein Anstieg dieses Items von 5 auf 7 deutet darauf hin, dass die Gruppe die Funktion einer IR-Kamera noch nicht zur Gänze richtig interpretieren kann.

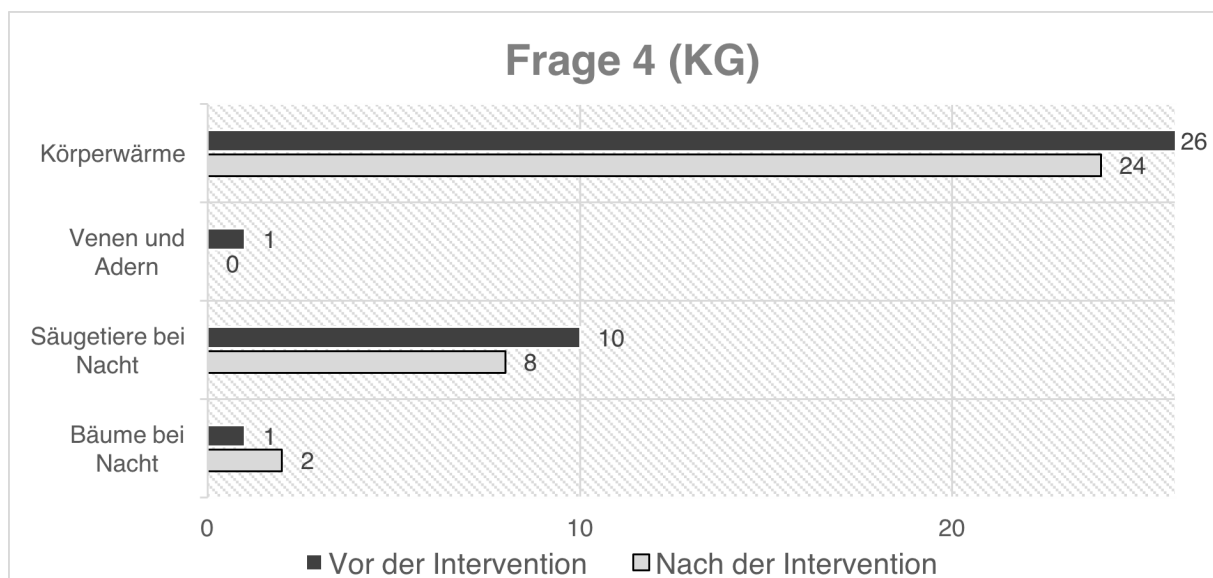


Abbildung 23: Was kann man mit einer IR-Kamera sehen? (Kontrollgruppe)

Bei der Kontrollgruppe zeigt sich im Punkt Körperwärme ein vergleichbares Bild zur IR-Gruppe. Alle Veränderungen sind mit maximal zwei Nennungen genau wie in der Interventionsgruppe unauffällig. Die Frage 4 dürfte also von der Intervention unbeeinflusst gewesen sein.

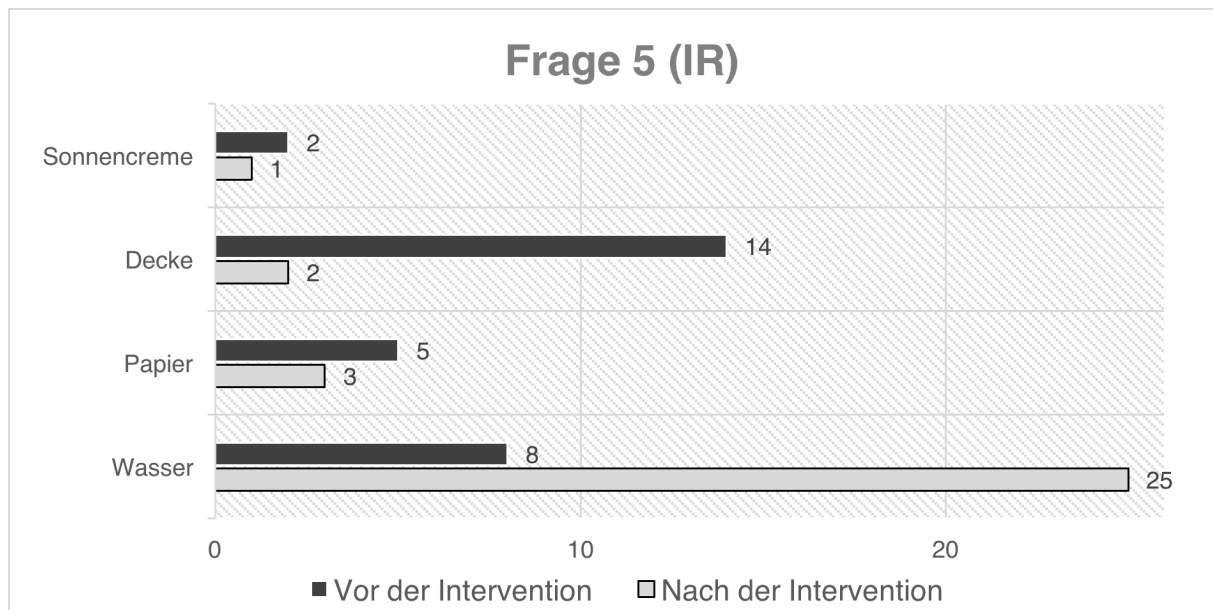


Abbildung 24: Was schützt vor Infrarotstrahlung?

Alle Schülerinnen und Schüler bis auf 2 waren sich bewusst, dass Sonnencreme nicht vor Infrarotstrahlung schützt, nach der Intervention war es nur mehr ein Schüler bzw. eine Schülerin. Bei der Decke hingegen kreuzten zuerst 14 an, dass man sich unter ihr davor schützen könne, danach nur mehr 2. Die Antwortmöglichkeit Papier sank von 5 Kreuze auf 3. Am auffälligsten war Wasser mit einer Steigerung von 8 auf 25 Stimmen.

Interpretation:

Eine starke Veränderung ist bei den Items Decke und Wasser zu beobachten. Da das Experiment 3 der Intervention mit einem Wasserbeutel arbeitet, kann sich dieser Effekt leicht erklärt werden. Bei der Decke hingegen ist der Ausgang etwas rätselhaft, da ebenso eine Memorykarte hierzu existiert, diese aber eigentlich genau das Gegenteil zeigt (siehe Anhang). Es ist wohl hier zu einer anderen Interpretation seitens der Schülerinnen und Schüler gekommen als erwartet, obwohl davon ausgegangen werden kann, dass alle das Bild zumindest einmal gesehen haben. Auf jeden Fall ist das ein Hinweis, dass bei dieser Intervention dieses Item separat aufgegriffen werden muss, da sonst genau das Gegenteil gelernt wird.

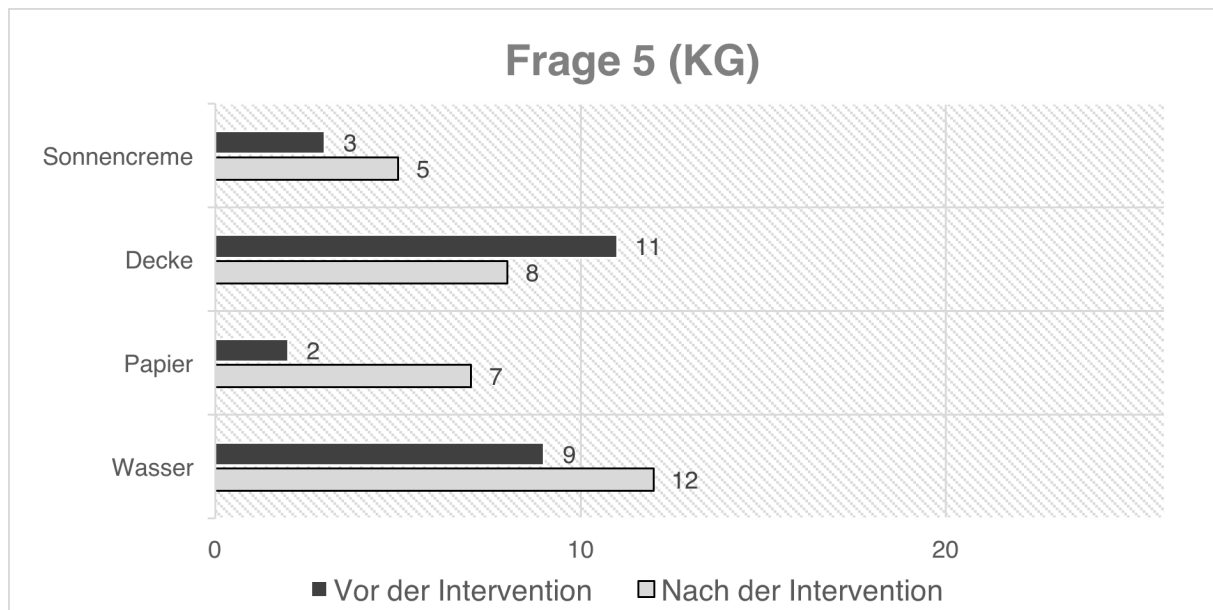


Abbildung 25: Was schützt vor Infrarotstrahlung? (Kontrollgruppe)

Bei der Kontrollgruppe ist das Bild überraschenderweise sehr durchwachsen. Es wurden bewusst Items verwendet, die bei anderen Strahlungsarten eine Rolle spielen, das Papier bei der Alpha-Strahlung und die Sonnencreme bei der UV-Strahlung. Anzunehmen ist, dass hierbei die übrigen Interventionen des Projektes durchaus einen Einfluss auf diese Frage hatten und die Schülerinnen und Schüler verwirrten. Grund für diese Annahme sind die im Vergleich stabilen Antwortmuster bei den Fragen 1-4 der Kontrollgruppe.

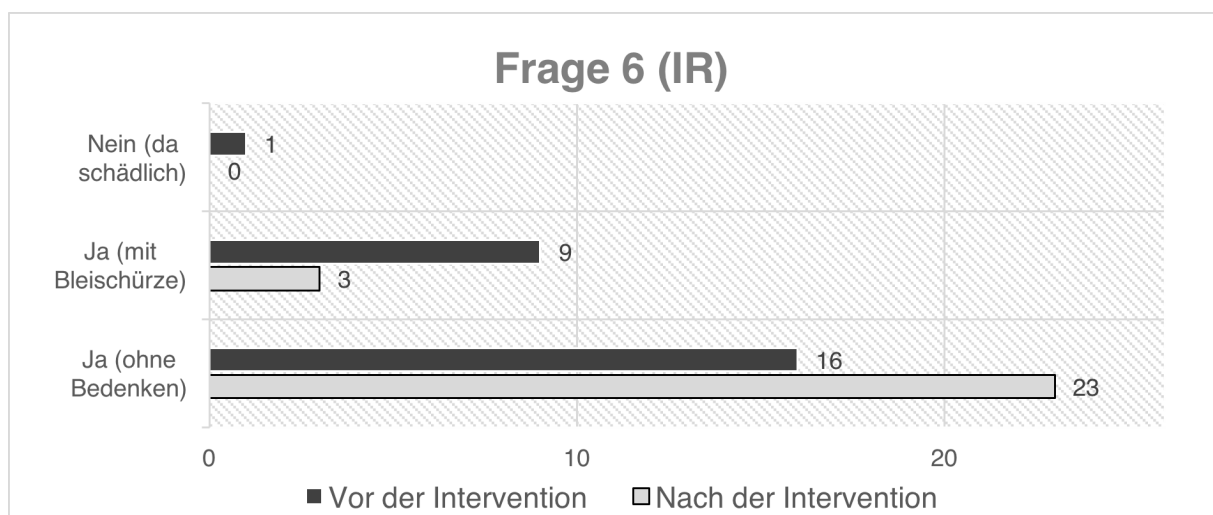


Abbildung 26: Ja oder nein zur Infrarotstrahlentherapie

Im Durchschnitt wurde die richtige Antwort 3 anfangs 16 mal und nach der Intervention 23 mal angekreuzt. Die falschen Antworten 1 und 2 sanken von 1 auf 0 und von 9 auf 3 Nennungen.

Interpretation:

Bei Frage 6 hat sich ein Trend in die erwünschte Richtung ergeben. Anzumerken sei hier, dass die Schädlichkeit von Infrarotstrahlung nie thematisiert wurde, es sich hierbei also um eine Neuinterpretation der Schülerinnen und Schüler handelt. Schüler CH272 wollte sich anfangs nicht behandeln lassen, wechselte seine Meinung allerdings und würde es jetzt mit Bleischürze machen. Schüler JM219 und Schülerin AS326 blieben bei ihrer Meinung, dass man eine Bleischürze benötigen würde. Der Rest der Schülerinnen und Schüler konnte Infrarotstrahlung als ungefährlich einschätzen. Alles in allem konnten somit 7 von 26 Schülerinnen und Schüler die Gefährlichkeit von Infrarotstrahlung neu bewerten und richtig einschätzen.

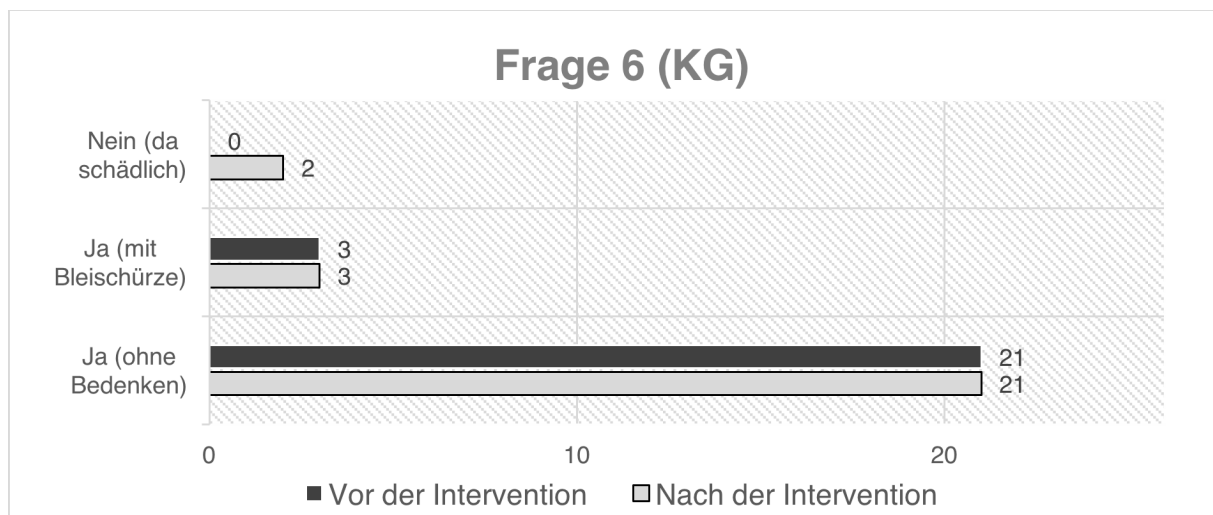


Abbildung 27: Ja oder nein zur Infrarotstrahlentherapie (Kontrollgruppe)

Die Kontrollgruppe macht den Anschein als ob sich fast nichts verändert hat. Ein Blick auf die Tabelle zeigt jedoch, dass insgesamt 6 Schülerinnen und Schüler ihre Meinung änderten. Zwei wechselten von Antwort 2 auf Antwort 3, eine von 3 auf 2, eine von 3 auf 1, eine von keiner Antwort auf 2 und eine Schülerin wechselte sogar von 3 auf 1 und 3. Das Wechselverhalten dieser Schülerinnen und Schüler kann nicht erklärt werden, hält sich aber im Rahmen.

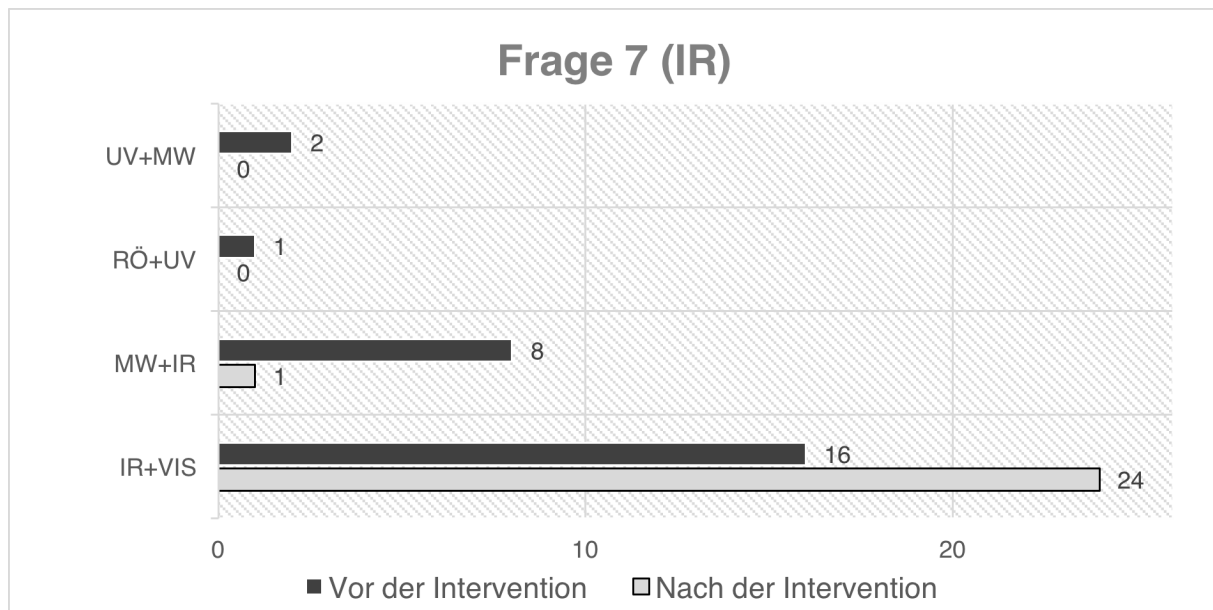


Abbildung 28: Was sendet eine IR-Lampe aus?

Das Bild bei Frage 7 zeigt, dass die richtige Antwort anfangs 16 mal dabei war und nach der Intervention 24 mal. Eine genauere Analyse der Tabelle zeigt, dass es sich anfangs um 14 richtige Antworten handelte und danach um 24, was einem Plus von 10 entspricht. Schülerin LS876 wechselte von keiner Antwort auf Antwort 3 und Schülerin AS562 wechselte von Antwort 3 auf keine Antwort.

Interpretation:

Bei den ersten drei Antworten gab es keine Doppelnennungen, das bedeutet, dass insgesamt 11 Schülerinnen und Schüler zu Beginn nicht wussten, was eine IR-Lampe aussendet. Offenbar glaubt ein nicht geringer Anteil der Schülerinnen und Schüler, dass diese Lampe Mikrowellen aussendet, dieser Irrglaube konnte durch die Intervention aber auf eine Nennung vermindert werden. Ebenso konnten alle anderen Nennungen auf null reduziert werden. Das zeigt einen positiven Lerneffekt bei der Einschätzung eines alltäglichen technischen Gerätes.

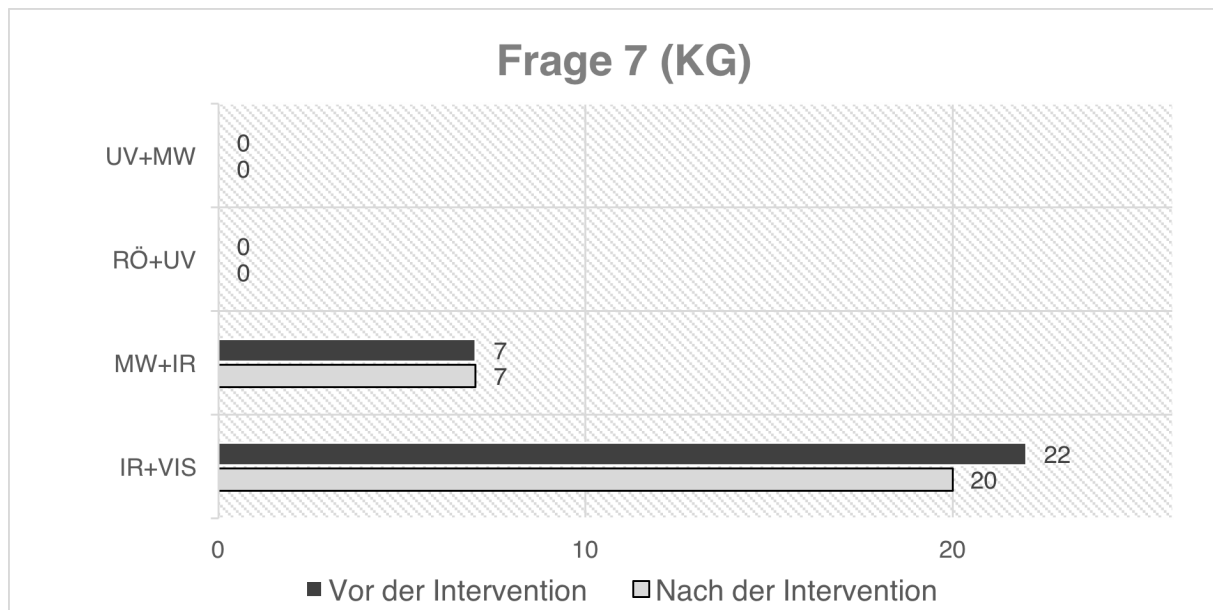


Abbildung 29: Was sendet eine IR-Lampe aus? (Kontrollgruppe)

Die Frage über das Abstrahlverhalten der IR-Lampe blieb in der Kontrollgruppe ziemlich gleich. Es wechselten 2 Schülerinnen und Schüler von 3 auf 4 und 2 von 4 auf 3. Wenn man Doppelnennungen abzieht lagen in Summe zu Beginn 19 Schülerinnen und Schüler richtig und danach ebenso.

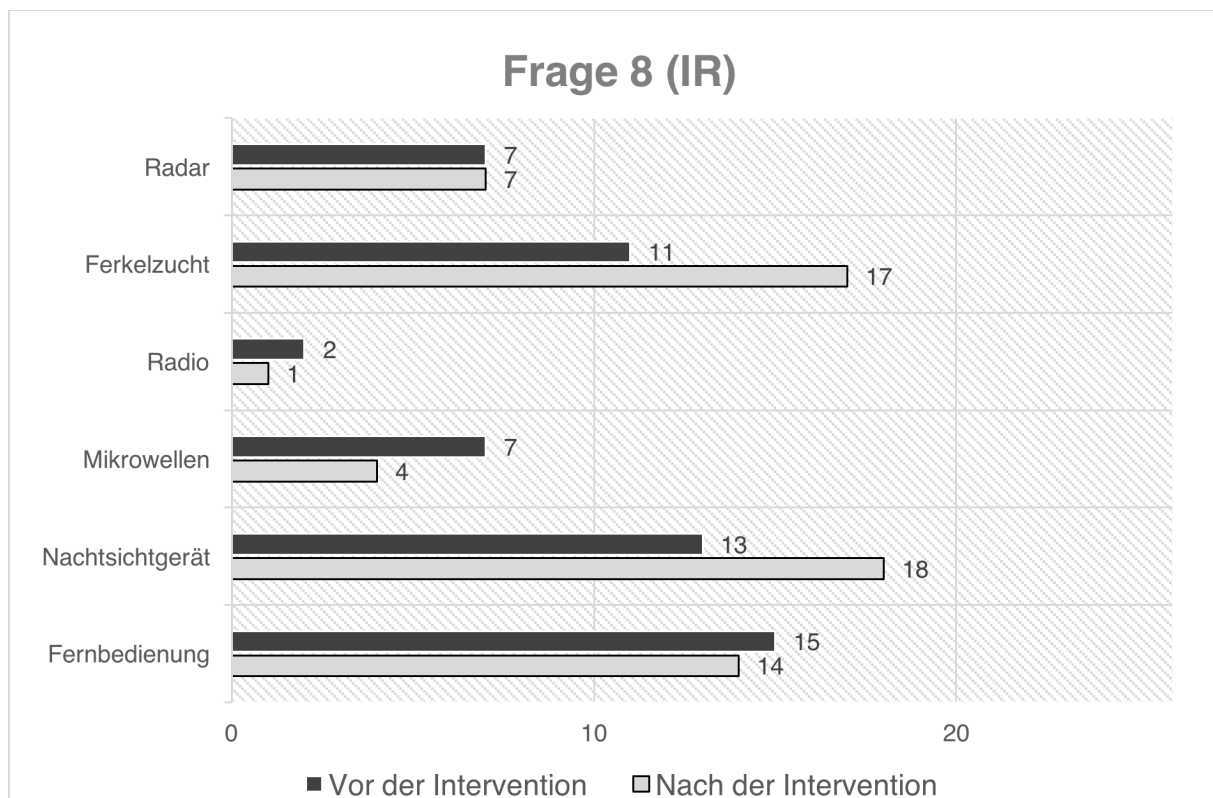


Abbildung 30: Anwendungsbeispiele zur Infrarotstrahlung

Frage 8 beschäftigte sich mit dem technischen Transfer des Themas. Keines der genannten Items wurde in der Intervention thematisiert und so fiel auch das Ergebnis aus. Es ergab sich eine schwache Steigerung bei der Ferkelzucht und dem Nachtsichtgerät von 11 auf 17 und von 13 auf 18 Nennungen.

Interpretation:

Im Nachhinein betrachtet, liefert die Auswahl der Antwortmöglichkeiten zu viel Spielraum bezüglich einer korrekten Interpretation. Das Radar zum Beispiel, kann leicht mit der Radarpistole verwechselt werden, von denen einige mit roter Glasabdeckung den Eindruck von Infrarot erwecken könnten. Ebenso hat eine nachträgliche Recherche ergeben, dass es Mikrowellenherde gibt, die eine Infrarotfunktion besitzen. Der leichte Anstieg bei Antwort 5 kann damit erklärt werden, dass in Frage 4 Bezug auf das Sehen bei Dunkelheit genommen wurde. Die Ferkelzucht wird nicht erwähnt, noch kommt sie auf einer Memorykarte vor.

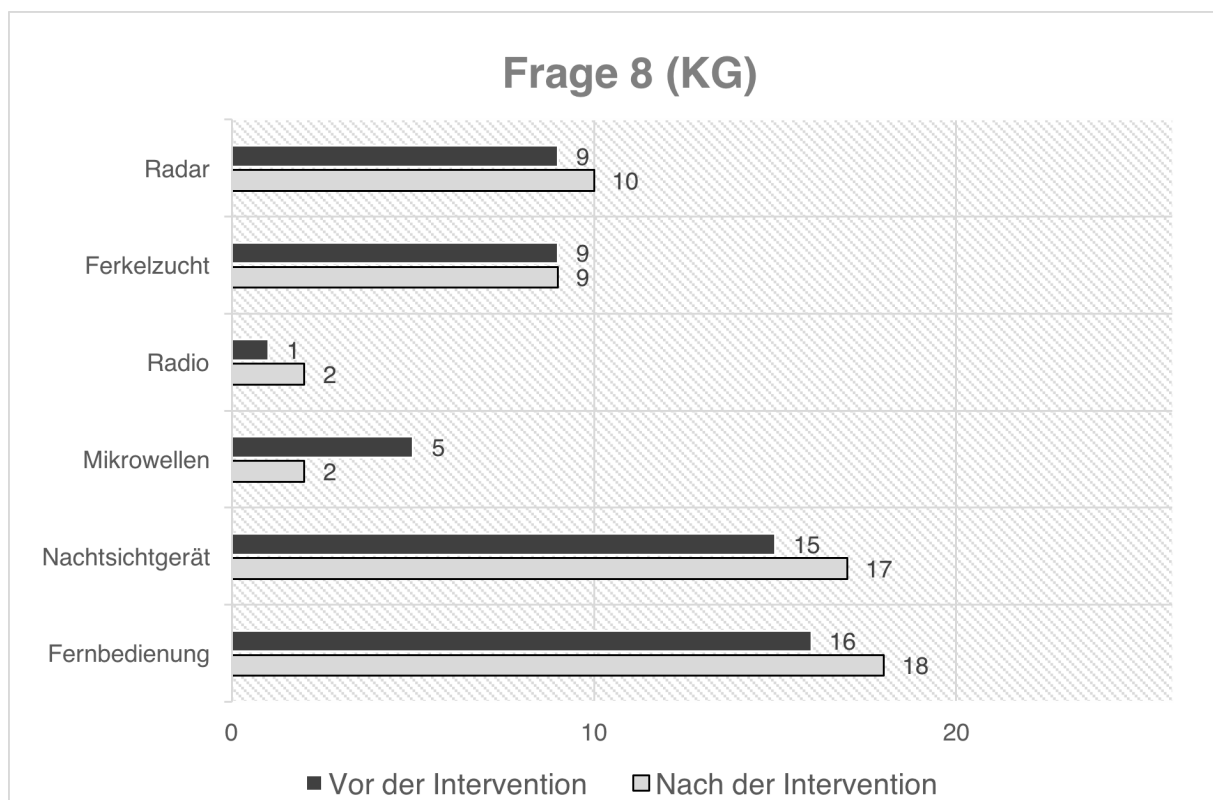


Abbildung 31: Anwendungsbeispiele zur Infrarotstrahlung (Kontrollgruppe)

Wie in der IR-Gruppe so zeigt sich auch in der Kontrollgruppe bei Frage 8 kein stark verändertes Bild.

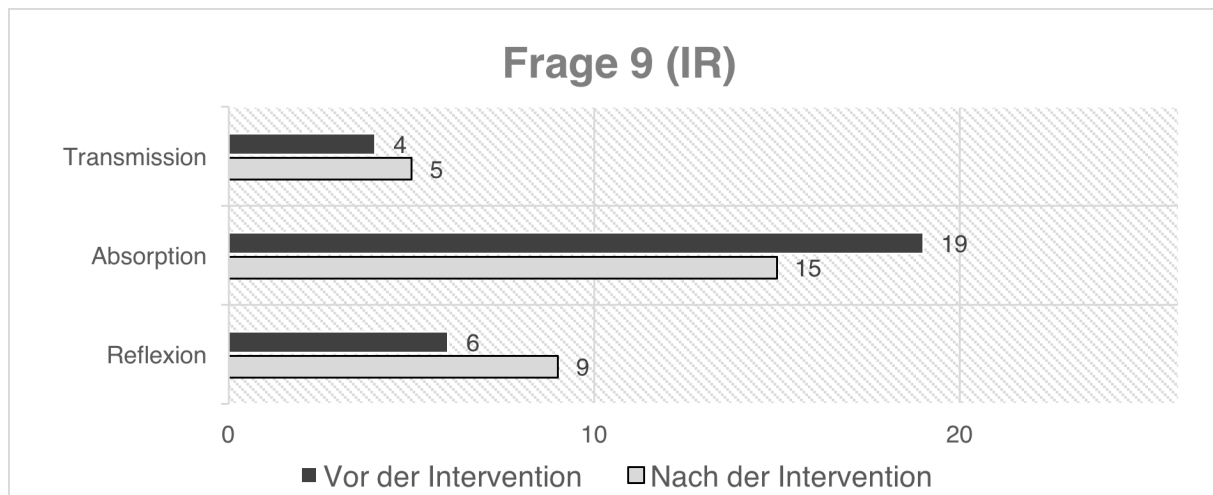


Abbildung 32: Infrarotstrahlung und ihre Wechselwirkungen

Frage 9 zeigt vor und nach der Intervention im Schnitt nur leichte Veränderungen. Dass Infrarotstrahlung durch Objekte durchgehen kann stieg von 4 auf 5 Nennungen, dass sie geblockt werden kann sank von 19 auf 15 Nennungen und, dass sie reflektiert werden kann stieg von 6 auf 9 Stimmen.

Interpretation:

Unmissverständlich an dieser Abbildung ist, dass die Intervention im Bezug auf das Strahlungskonzept im Allgemeinen so gut wie nichts bewirken konnte. Die Änderungen sind nicht sehr groß und teilweise sogar gegenläufig. Die Experimente hatten einen starken Fokus auf Absorption und Transmission und dennoch konnte bei keinem Item ein gewollter Effekt erzielt werden, nämlich eine Steigerung der Nennungen. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Schüler IK820 und AG072, die als einzige im Posttest alle drei Antworten ankreuzten. Diese Schüler hatten allerdings auch bei allen anderen Fragen fast nur richtige Antworten.

Die Frage kann ebenso aufgrund des Begriffes „Körper“ missverstanden werden, da der Terminus mehrere Bedeutungen hat. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass jeder Schüler und jede Schülerin sich der Bedeutung des Begriffes „Körper“ im physikalischen Kontext bewusst war. Die naheliegende Alternative für jemanden, der nicht so viel Kontakt zum Fach hat, wäre der menschliche Körper. Es kann zumindest angenommen werden, dass hier Assoziationsprozesse stattfanden, die nicht im Sinne der wissenschaftlich gestellten Frage waren. Verstünde nun ein Schüler oder eine Schülerin den „Körper“ als menschlichen, dann wäre nur mehr Antwort 2 richtig, aber auch hier sank der Wert anstatt zu steigen. Als Indiz für

diese Annahme kann die Antwort der Schülerin CB782 auf Frage 10 betrachtet werden: „Der Körper nimmt das Licht auf.“

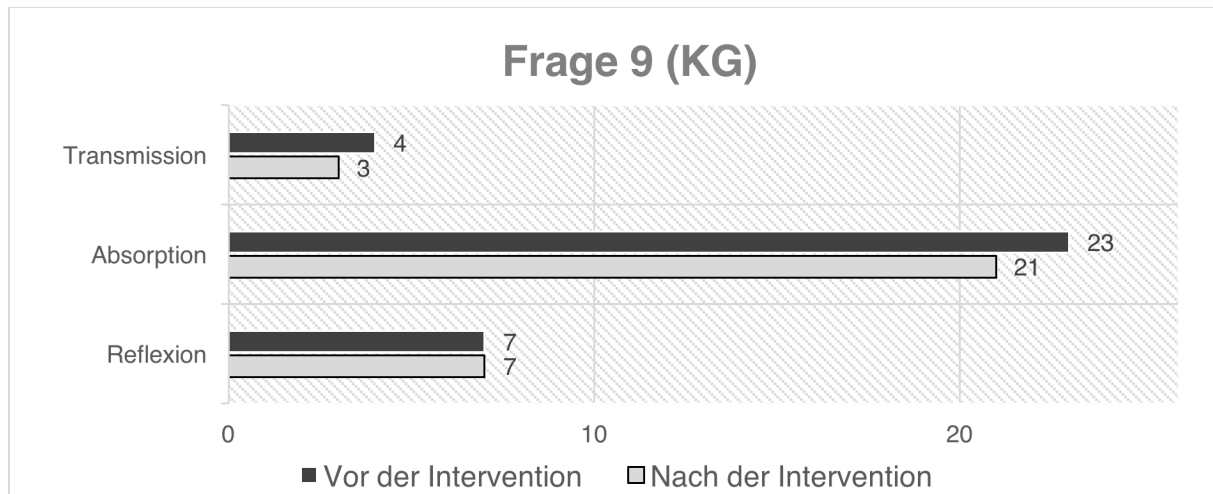


Abbildung 33: Infrarotstrahlung und ihre Wechselwirkungen (Kontrollgruppe)

Ein Blick auf die Kontrollgruppe zeigt, dass auch die anderen Intervention hier nicht viel ausrichten konnten.

Interpretation:

Diese Ergebnisse lassen vieles offen, denn auch in den anderen Interventionen wurde die Thematik Transmission, Absorption und Reflexion behandelt. Es zeigt sich aber, dass die Unterschiede der Meinungen der Schülerinnen und Schüler wirklich marginal im Vergleich der beiden Testzeitpunkte ist. Dies lässt im Groben zwei Schlüsse zu, zum einen war keine Intervention in der Lage dieses Konzept bei den Schülerinnen und Schüler ankommen zu lassen zum anderen kann es sich um eine gefestigte Schülervorstellung handeln.

8.2. Statistische Auswertung der Punkte

Der Fragebogen wurde im vorigen Kapitel numerisch ausgewertet, indem die Zahl der Antworten, bei jedem Item gezählt wurden. In diesem Kapitel soll der Prätest und der Posttest anhand von einem Punktesystem verglichen werden, dass in der Schule als Test zum Einsatz kommen kann. Die Schülerinnen und Schüler haben bei beiden Tests eine gewisse Punktezahl erreicht. Jede Frage konnte maximal 12 Punkte bringen, die maximale Punktezahl bei 9 Fragen war demnach 108.

Statistik bei intervenierten Gruppe

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Punkte – Prä-Test	55,4231	26	17,30473	3,39374
Punkte – Post-Test	80,6538	26	11,42958	2,24153

Statistik bei nichtintervenierten Gruppe

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Punkte – Prä-Test	68,6154	26	17,63196	3,45791
Punkte – Post-Test	65,6538	26	20,57755	4,03559

Abbildung 34: Punkteausswertung nach Punkten

In obiger Tabelle kann man die Mittelwerte von beiden Gruppen vor und nach der Intervention ablesen. Man sieht bei der IR-Gruppe eindeutig einen starken Zuwachs des Mittelwerts von 55 auf 80 Punkte. Bei der Kontrollgruppe hingegen fällt der Wert sogar von 68 auf 65 Punkte. Bei allen vier Testungen wurden 26 Schülerinnen und Schüler berücksichtigt.

Ebenso ist die Standardabweichung der Schülerinnen und Schüler zu Beginn mit einem Wert von 17 ungefähr gleich. Nach der Intervention differieren die Gruppen diesbezüglich mit ungefähr 9 Punkten Unterschied. Die IR-Gruppe erreichte eine kleinere Standardabweichung von ungefähr 11 Punkten, während die Kontrollgruppe auf 20 Punkte stieg. Dies macht sich auch im Standardfehler des Mittelwerts bemerkbar, der zu Beginn bei beiden Gruppen etwa gleich ist, sich im Nachhinein für die IR-Gruppe senkte und für die Kontrollgruppe stieg.

Interpretation:

Im Schnitt zeigt sich durch die statistischen Werte ein Bild, welches die Intervention als lernwirksam darstellt. Die Ergebnisse, der Intervention lagen dichter beieinander, was darauf schließen lässt, dass viele Schülerinnen und Schüler von ihrem aktuellen Lernstatus tendenziell ein gemeinsames Unterrichtsziel erreichten.

Bei der Kontrollgruppe gab es einen Zerstreuungseffekt, der durch die anderen Interventionen der UV-, Röntgen- und Mikrowellengruppe erklärt werden kann. Schülerinnen und Schüler

haben offenbar ihre Erkenntnisse von dort auf das Thema Infrarotstrahlung angewendet, was bei manchen gut funktioniert hat, bei anderen aber genau das Gegenteil bewirkte

9. Diskussion

Abschließend soll in diesem Kapitel ein Überblick über die Wirkungen der Intervention gegeben werden. Im Weiteren werden mögliche weiterführende Forschungsvorhaben skizziert und die Umsetzung dieser Untersuchung kritisch beleuchtet.

9.1. Wirkungen

Zu Beginn sei gesagt, dass die Studierenden angaben, dass ihnen die Einzelarbeit mit den Schülerinnen und Schülern Spaß gemacht hätte. Das selbe Bild zeigte sich bei den Schülerinnen und Schülern, als sie mit ihren jüngeren Kollegen und Kolleginnen zusammenarbeiteten. Dies scheint eine gute Grundvoraussetzung für gelingendes Lernen zu sein.

Neumann (2014) hat in ihren Ergebnissen festgehalten, dass Schülerinnen und Schüler dazu tendieren, Strahlung als unsichtbar zu benennen. Bei den Befragungen hat sich aber ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler dazu bekannt, dass Infrarotstrahlung rot sei. Erst durch die Intervention war Infrarotstrahlung für die Schülerinnen und Schüler ohne Farbe zu verstehen. Man kann auch nicht genau sagen, ob die Schülerinnen und Schüler Infrarotstrahlung nun als unsichtbar oder als farblos vorstellen, da hierzu keine Definition bereitgestellt wurde. Es kann aber durchaus sein, dass die Strahlungen UV und IR hier eine Sonderstellung einnehmen, da eine Farbe in ihrem Namen vorkommt.

Eine ebenso verbreitete Schülervorstellung ist die Ansicht, dass Strahlung schädlich sei (vgl. Neumann, 2014). Immerhin hat sich gezeigt, dass zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler schon vor der Intervention keine Angst vor Infrarotstrahlung hatten. Die Ergebnisse lassen aber wenig Zweifel daran, dass die Arbeit mit der Strahlung und der bloßen Hand die Ängste noch weiter reduzieren konnte.

Strahlung ist künstlich (vgl. Neumann, 2014). Diese Vorstellung wurde in der Untersuchung bei Infrarotstrahlung nicht genau untersucht. Es wurden in den Experimenten zwar technische Geräte verwendet, die diese Schülervorstellung stärken könnten, jedoch hatten die Schülerinnen und Schüler noch weitaus mehr Zeit, sich an die Infrarotbilder zu gewöhnen, die

Infrarotstrahlung zweifelsfrei einen natürlichen Ursprung zuordnen. Die Verwendung einer IR-Kamera wird auch von Neumann (2014) hierbei als vielversprechend bezeichnet. Es ist auch zu beobachten, dass die Items Heizkörper, Hund, Tisch, Schlange und Eiswürfel danach öfter genannt wurden. Bei den Items Hund Tisch und Schlange kann dies durch die eingesetzten Bilder im Memory erklärt werden, bei Heizkörper und Eiswürfel jedoch haben die Schülerinnen und Schüler jedoch selbst kombiniert. Dies könnte einen Hinweis darauf liefern, dass einige zu dem Schluss kamen, dass wenn „alles strahlt“ auch der Eiswürfel strahlen muss. Diese Schülervorstellung konnte ein wenig reduziert werden.

Zu guter letzt sollten nach der Intervention die meisten Schülerinnen und Schüler etwas mit dem Begriff Infrarotstrahlung anfangen können, da dies offenbar ein großes Problem darstellt (vgl. Libarkin et al., 2011; Meiringer, 2013). Die Ergebnisse aus Frage 1 und 4 lassen den Schluss zu, dass sich Schülerinnen und Schüler einer farblosen Strahlung bewusst sind, die Wärmeempfinden auslösen kann. Ebenso die Ergebnisse von Frage 2 lassen ein besseres Verständnis von Infrarotstrahlung vermuten. Es ist stark davon auszugehen, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler eine nachhaltige Vorstellung davon haben, was Infrarotstrahlung ist.

9.2. Kritik

Es hat sich gezeigt, dass das Testinstrument des Fragebogens zwar einige wichtige Parameter erfassen kann, sich jedoch manchmal unerklärliche Entwicklungen ergeben haben, die am Testdesign zweifeln lassen. Diese Entwicklungen, wie in Frage 4, 5 und 9 zu beobachten, können unter Umständen mit anderen Testverfahren geklärt oder umgangen werden.

Es wird vermutet, dass dies an den Formulierungen mancher Antwortmöglichkeiten der Fragen liegt. Bei Frage 9 lautet die zweite Antwort „Der Körper kann sie aufnehmen.“ Wird dieser „Körper“ nun als physikalische Materie verstanden oder als menschlicher Körper? Diese Unterscheidung ändert das Antwortverhalten schlagartig, da ein menschlicher Körper Infrarotstrahlung nicht reflektieren kann und sie auch nicht durchlässt. Ebenso ist nicht zwangsläufig sichergestellt, dass die Möglichkeitsform „kann“ auch als solche verstanden wird. Eventuell gehen Schülerinnen und Schüler davon aus, dass dies bei jedem Körper der

Fall sein, was sich wiederum auf die Antworten auswirkt. Und zu guter Letzt ist das Wort „aufnehmen“ mindestens mit einer zweiten Bedeutungen versehen, nämlich dem „Essen“. Diese Bedeutungsvielfalt führt noch einmal vor Augen, wie wichtig ein gut durchdachter Fragebogen ist, und wie leicht dennoch grobe Fehler passieren können.

Ebenso hat sich bei Frage 4 ein technischer Irrtum eingeschlichen. Wenn man nach Infrarotbildern von Bäumen im Internet sucht, wird man feststellen, dass man Bäume sehr gut von der Umgebung unterscheiden kann. Mit der verwendeten IR-Kamera war dies jedoch nicht möglich.

Andere Effekte können sowohl an den Formulierungen der Frage als auch am Material liegen. Man betrachte hierzu bei Frage 5 das Item Decke. Es wäre hier interessant, warum sich ein negatives Antwortmuster nach der Intervention ergeben hat und, ob das etwas mit der Memorykarte zu tun hat oder nicht.

Noch ein Punkt, der die Auswertung betrifft, war die unterlassene Auswertung der offenen Fragen. Leider war die Antwortfreudigkeit der Schülerinnen und Schüler hierbei nicht so groß, wie bei den Fragen 1-9. Die offenen Fragen waren somit unvollständig und es hat nur sehr wenige Datensätze von Schülerinnen und Schülern gegeben, die sowohl vorher als auch nachher eine Antwort gaben. Von der Möglichkeit diese Antworten mit kurzen Interviews einzufordern wurde aus organisatorischen und zeitlichen Gründen abgesehen.

Es ist auch fraglich, ob diese Unterrichtsintervention in dieser Form Eingang in den Regelunterricht finden, so sind doch materieller und organisatorischer Aufwand damit verbunden. Leider ist der Besitz von IR-Kameras an Schulen alles andere als üblich. Ebenso müssen sich immer zwei Lehrer und Lehrerinnen finden, die bereit sind dieses Projekt umzusetzen. Um die Chancen für eine Umsetzung von CAPT mit dem Inhaltsbereich Infrarotstrahlung in einer Schule zu vergrößern, müsste womöglich das Material modifiziert werden.

Abschließend sei noch angemerkt, dass das Ergebnis dieser Untersuchung nicht auf einen Baustein begrenzt sein kann. Es war ein Zusammenspiel aus CAPT, POE und dem sorgfältig ausgewählten Material, das in Summe zu einem messbaren Lernerfolg geführt hat. Weitere Studien zur Variablentrennung sind also unbedingt erforderlich.

9.3. Ausblick

Das Ziel dieser Studie war es, einen ersten Schritt in der Entwicklung von Unterrichtsmaterial im Kontext Infrarotstrahlung zu machen und zu sehen, wie CAPT mit dem Inhalt Strahlung umgesetzt werden kann. Es wurden keine Schülervorstellungen erhoben und auch kein Vergleich zu anderen Unterrichtsformen hergestellt, da dies den Rahmen dieser Diplomarbeit gesprengt hätte. Es kann nun der nächste Schritt sein, ähnliche Studie zu Infrarotstrahlung in der Schule zu veranlassen, um die Datenlage zu verbessern.

Ein weiteres großes Anliegen, welches im Rahmen der Planung entstanden ist, ist eine fachlich fundierte Definition von Verständnis über Infrarotstrahlung. Hier wurde versucht durch verschiedene Bezüge und Eigenschaften der Strahlung einen Teil eines solchen umfassenden Konzeptes abzubilden, dennoch wird stark empfohlen, sich hier noch einmal Gedanken zu machen.

Es ist nun klar, dass die Methode CAPT kombiniert mit den POE-Experimenten einen Beitrag zum fachlichen Verständnis leisten kann. Es wurde zwar versucht, dieses fachliche Verständnis mit einem Fragebogen abzubilden, es muss aber festgehalten werden, dass weitere Studien vermehrt auf qualitative Methoden setzen sollten, um die Wirkungsweise detaillierter betrachten zu können. Der Fragebogen in dieser Arbeit diene einem groben Umriss.

Ebenso kann die Weiterentwicklung des Materials als wichtig und sinnvoll erachtet werden. Dies wird gerade (2016) von einer an diesem Projekt beteiligten Studentin im Rahmen ihrer eigenen Diplomarbeit durchgeführt. Frau Viktoria Haas entwickelt eine ähnliche Intervention ohne die CAPT-Methode und konzentriert sich auf das hier verwendete Material.

9.4. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Planung, Durchführung und Evaluation einer Unterrichtsintervention nach dem Modell des Cross-Age Peer Tutoring. Der Inhalt den diese Intervention vermitteln sollte war die Infrarotstrahlung, wobei hier auf gewisse Bereiche

eingeschränkt wurde. Die grundlegenden Unterrichtsziele waren festgelegt durch folgende Konzepte:

- Infrarotstrahlung ist unsichtbar
- Infrarotstrahlung ist nicht rot
- Infrarotstrahlung kann man spüren
- Infrarotstrahlung ist Teil des EM-Spektrums

Das Material wurde innerhalb einer Woche intensiver Arbeit gemeinsam im Rahmen eines Projektpraktikums entworfen und mit den Studierenden getestet. Die Intervention wurde als Folge von Experimenten geplant, die die Schülerinnen und Schüler selbst mit ihren jüngeren Kollegen und Kolleginnen durchführen konnten. Nach der Planungsphase wurde sie anschließend an insgesamt 4 Schulen mit je einer bzw. zwei Klassen durchgeführt. Im Fokus der Forschung stand jeweils die 12.Schulstufe. Es sollte herausgefunden werden, wie sich die doppelte Rolle einmal als Schülerin bzw. Schüler und einmal als Lehrer bzw. Lehrerin auf das fachliche Wissen über diese Strahlungsart auswirkt. Zu diesem Zweck wurde folgende Forschungsfrage formuliert.

„Führt ein Cross-Age Peer Tutoring Programm in einer 12.Schulstufe AHS, am Beispiel der Infrarotstrahlung, zu einer Verbesserung des fachlichen Verständnisses bei den Tutoren und Tutorinnen?“

Die Evaluation fand mithilfe von Fragebögen statt und beinhaltete Single-Choice- und Multiple-Choice-Fragen. Der Fragebogen wurde einmal vor der Intervention und einmal drei Wochen danach ausgefüllt. Die Fragen wurden zum größten Teil statistisch ausgewertet.

Mit der durchgeführten Untersuchung an den Schulen konnte gezeigt werden, dass einige der geplanten Ziele mit dieser Unterrichtsintervention gut erfüllt werden konnten. Im Bezug auf das Ziel Infrarotstrahlung als „nicht rot“ zu vermitteln zeigte sich ein positiver Trend. Vor der Intervention waren es nur 11 von 26 Schülerinnen und Schüler, die Infrarotstrahlung keine Farbe zuordneten, mit dem betriebenen Aufwand konnte der Wert auf 24 gehoben werden (siehe Abb. 16).

Ebenso bei dem Konzept der Wärmeempfindung konnten positive Ergebnisse verzeichnet werden. Zu Beginn konnten 11 Schülerinnen und Schüler Infrarotstrahlung ausschließlich

diese Wirkung zuordnen, nach der Intervention waren es 22 von 26 Schülerinnen und Schüler (siehe Abb. 20).

Wasser nahm bei den Experimenten eine entscheidende Rolle ein und wurde als blockierender Körper für Infrarotstrahlung verwendet. Die Schülerinnen und Schüler konnten dieses Phänomen zweimal miterleben. Diese Beobachtung zeigte sich als lernwirksam (siehe Abb. 24).

Beim Thema Strahlung geht es für viele auch immer um Gesundheit, deshalb wurde geprüft, ob Schülerinnen und Schüler Infrarotstrahlung als gefährlich wahrnehmen oder nicht. Zu Beginn schätzten 16 Schülerinnen und Schüler Infrarotstrahlung als bedenkenlos ein, nach der Intervention waren es 23 von 26. Es konnten somit 7 Schülerinnen und Schüler überzeugt werden (siehe Abb. 26). Ebenso war vor der Intervention ungefähr ein Drittel der Schülerinnen und Schüler der Meinung, dass eine IR-Lampe Mikrowellen aussendet (siehe Abb. 28). Dieser Fehlglaube konnte fast vollständig durch die Handhabe mit dem Gerät reduziert werden.

Die Antworten zeigten einen moderaten allgemeinen Zuwachs bei Begriffen wie Heizkörper, Hund, Tisch, Schlange und Eiswürfel als Infrarotstrahler (siehe Abb. 18). Dieser Anstieg kann möglicherweise in Zusammenhang mit dem Strahlungskonzept „Jeder Körper strahlt“ gebracht werden. Für genauere Aussagen ist die Datenlage jedoch zu ungenau.

Auf der anderen Seite gab es einige Punkte, die mit dem vorliegenden Design der Intervention nicht bewerkstelligt werden konnte. Es zeigte sich durch die Intervention keine Verbesserung über die Funktionsweise der IR-Kamera. Abb. 22 zeigt, dass Schülerinnen und Schüler, trotz dem sie alle Menschen durch die Kamera gesehen haben, glauben, dass bei Dunkelheit Säugetiere unsichtbar sind. Ebenso können technische Geräte oder Anwendungen, die während der Intervention nicht erwähnt wurden, von den Schülerinnen und Schüler vorher und nachher in geringem Maß genannt werden, eine Steigerung aufgrund der Intervention ist aber nicht zu erkennen (siehe Abb. 30).

Auch hat sich ein Formulierungsfehler bei Frage 9 ergeben. Es war dadurch nicht eindeutig feststellbar, ob ein übergreifendes Konzept von elektromagnetischer Strahlung erlernt werden konnte oder nicht (siehe Abb. 32). Ob die Intervention den Schülerinnen und Schülern

dennoch ein Konzept vermittelte, in dem elektromagnetische Strahlung absorbiert, transmittiert und reflektiert werden kann, bleibt ungewiss.

Betrachtet man die Auswertung des gesamten Tests nach einem Punktesystem zeigt sich bei der Kontrollgruppe bei allen Fragen ein eher gleichbleibendes Bild vor und nach der Intervention. Bei der Interventionsgruppe zeigt sich allgemein ein stark positives Bild. Die Steigerung von 55 auf 80 Punkte von maximal 108 erreichbaren Punkten war laut T-Test signifikant. Die Änderung der Punkte der Kontrollgruppe von 68 auf 65 Punkte war hingegen nicht signifikant.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau von Herschel (Herschel, 1800)	36
Abbildung 2: Hohlraumstrahler (Schweiger, 2013)	40
Abbildung 3: Schwarzkörperspektrum vs. Sonnenspektrum (erstellt nach Iqbal, 2012)	41
Abbildung 4: Schwarzkörperspektrum vs. Atmosphärenspektrum (erstellt nach Möller, 1973)	42
Abbildung 5: Plancksche Strahlungsspektren verschiedener Temperaturen (wikipedia, gemeinfrei)	43
Abbildung 6: Reflexion von elektromagnetischer Strahlung (Raith, 2006, S.388)	45
Abbildung 7: Brechung von elektromagnetischer Strahlung (Raith, 2006, S.389)	46
Abbildung 8: Thermogramm eines Hauses (Tipler & Mosca, 2004, S. 627)	49
Abbildung 9: Leslie-Würfel im infraroten und sichtbaren Spektrum (gemeinfrei)	50
Abbildung 10: Mit der IR-Kamera durch einen Luftballon sehen	64
Abbildung 11: Die IR-Kamera und ein Wasserballon	65
Abbildung 12: Spektrum zur Einteilung der Strahlung der IR-Lampe	66
Abbildung 13: IR-Lampe beleuchtet die bloße Hand ohne Hindernis	67
Abbildung 14: IR-Lampe beleuchtet die bloße Hand mit Hindernis	68
Abbildung 15: Dateneingabe in SPSS	70
Abbildung 16: Welche Farbe hat Infrarot?	72
Abbildung 17: Welche Farbe hat Infrarot? (Kontrollgruppe)	74
Abbildung 18: Welche Gegenstände senden Infrarotstrahlung aus?	75
Abbildung 19: Welche Gegenstände senden Infrarotstrahlung aus? (Kontrollgruppe)	76
Abbildung 20: Wie nehmen wir Infrarotstrahlung wahr?	77
Abbildung 21: Wie nehmen wir Infrarotstrahlung wahr? (Kontrollgruppe)	78
Abbildung 22: Was kann man mit einer IR-Kamera sehen?	78
Abbildung 23: Was kann man mit einer IR-Kamera sehen? (Kontrollgruppe)	79
Abbildung 24: Was schützt vor Infrarotstrahlung?	80
Abbildung 25: Was schützt vor Infrarotstrahlung? (Kontrollgruppe)	81
Abbildung 26: Ja oder nein zur Infrarotstrahlentherapie	81
Abbildung 27: Ja oder nein zur Infrarotstrahlentherapie (Kontrollgruppe)	82
Abbildung 28: Was sendet eine IR-Lampe aus?	83
Abbildung 29: Was sendet eine IR-Lampe aus? (Kontrollgruppe)	84
Abbildung 30: Anwendungsbeispiele zur Infrarotstrahlung	84
Abbildung 31: Anwendungsbeispiele zur Infrarotstrahlung (Kontrollgruppe)	85
Abbildung 32: Infrarotstrahlung und ihre Wechselwirkungen	86
Abbildung 33: Infrarotstrahlung und ihre Wechselwirkungen (Kontrollgruppe)	87
Abbildung 34: Punkteaustwertung nach Punkten	88

Literaturverzeichnis

- Annis, L. F. (1983). The processes and effects of peer tutoring. *Human Learning: Journal of Practical Research & Applications*.
- Apolin, M. (2008). *Big Bang*. 6,[1], 6,[1],. Wien: öbv & hpt.
- Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2015). Conceptual Change in Learning. In R. Gunstone (Hrsg.), *Encyclopedia of Science Education* (S. 209–218). Springer Netherlands. Abgerufen von http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_99
- Beeson, S., & Mayer, J. W. (2008). *Patterns of light: Chasing the spectrum from Aristotle to LEDs*. New York: Springer.
- Bergmann, L., Schaefer, C., Raith, W., Eichler, H.-J., Gobrecht, H., & Dorfmueller, T. (2004). *Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. 3. Optik / Hrsg. Heinz Niedrig. Autoren Hans-Joachim Eichler ... Optik*. (H. Niedrig, Hrsg.) (10., Aufl). Berlin: de Gruyter.
- Calles, C., Schneider, M., Macaluso, F., Benesova, T., Krutmann, J., & Schroeder, P. (2010). Infrared A radiation influences the skin fibroblast transcriptome: mechanisms and consequences. *Journal of Investigative Dermatology*, 130(6), 1524–1536.
- Chapman, E. S. (1998). Key Considerations in the Design and Implementation of Effective Peer-Assisted. *Peer-assisted learning*, 67.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 327–343. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.327>
- Cinici, A., & Demir, Y. (2013). Teaching through Cooperative POE Tasks: A Path to Conceptual Change. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 86(1), 1–10. <http://doi.org/10.1080/00098655.2012.712557>
- Cohen, P. A., Kulik, J. A., & Kulik, C.-L. C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-Analysis of Findings. *American Educational Research Journal*, 19(2), 237–248. <http://doi.org/10.2307/1162567>
- diSessa, A. A. (2006). A History of Conceptual Change Research: Threads and Fault Lines. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 265–281). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Duit, R. (1993). Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *NiU-Physik* 4, (16).
- Duit, R. (2009). *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. (R. Duit, Hrsg.). Abgerufen von <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Fisher, G. J., Wang, Z., Datta, S. C., Varani, J., Kang, S., & Voorhees, J. J. (1997). Pathophysiology of premature skin aging induced by ultraviolet light. *New England Journal of Medicine*, 337(20), 1419–1429.

- Fogarty, J. L., & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *The Elementary School Journal*, 82(5), 451–469. <http://doi.org/10.2307/1001323>
- Gerthsen, C., & Meschede, D. (2006). *Gerthsen Physik: Mit 94 Tabellen, 105 durchgerechneten Beispielen und 1074 Aufgaben mit vollständigen Lösungen und Visualisierungen der Relativitätstheorie auf CD-ROM* (23., überarb. Aufl). Berlin [u.a.]: Springer.
- Greenwood, C. R., Dinwiddie, G., Terry, B., Wade, L., Stanley, S. O., Thibadeau, S., & Delquadri, J. C. (1984). Teacher-versus peer-mediated instruction: An ecobehavioral analysis of achievement outcomes. *Journal of applied behavior analysis*, 17(4), 521–538.
- Haglund, J., Jeppsson, F., Hedberg, D., & Schönborn, K. J. (2015). Students' framing of laboratory exercises using infrared cameras. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11(2), 020127.
- Hänsel, H., Neumann, W., Hudl, E., & Hänsel, H. (1993). *Elektrizität, Optik, Raum und Zeit: mit 26 Tabellen*. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Heran-Dörr, E. (2012). *Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht*. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Herschel, W. (1800). *Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun*. Slough, near Windsor.
- Hipkins, R., & Kenneally, N. (2003). *Using NEMP to Inform the Teaching of Science Skills: A Report to the NEMP Board*. New Zealand Council for Educational Research.
- Iqbal, M. (1983). *An introduction to solar radiation*. Toronto ; New York: Academic Press.
- Jantschitsch, C., Majewski, S., Maeda, A., Schwarz, T., & Schwarz, A. (2009). Infrared radiation confers resistance to UV-induced apoptosis via reduction of DNA damage and upregulation of antiapoptotic proteins. *Journal of Investigative Dermatology*, 129(5), 1271–1279.
- Jantschitsch, C., Schwarz, A., & Schwarz, T. (2010). Untersuchung des Zusammenwirkens von UV-und Infrarot-Strahlung bei der Hautalterung und Krebsentstehung.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 34. Jahrgang(13), 2–6.
- Keuth, H. (2005). *The philosophy of Karl Popper*. New York: Cambridge University Press.
- Kligman, L. H. (1982). Intensification of ultraviolet-induced dermal damage by infrared radiation. *Archives of Dermatological Research*, 272(3-4), 229–238.
- Korner, M. (2013). Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht: Eine ungewöhnliche Unterrichtsmethode stellt sich vor. *Plus Lucis*, (1-2), 11–15.

- Kuhn, T. S., & Simon, K. (1976). *Die struktur wissenschaftlicher revolutionen* (Bd. 2). Suhrkamp Frankfurt.
- Libarkin, J. C., Asghar, A., Crockett, C., & Sadler, P. (2011). Invisible Misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. *Astronomy Education Review*, 10(1).
- Meiringer, M. (2013). *Schülervorstellungen zur Infrarotkamera und deren Aufnahmen*. Universität Wien, Wien.
- Montwill, A., & Breslin, A. (2008). *Let there be light: The story of light from atoms to galaxies*. London; Singapore; Hackensack, NJ: Imperial College Press.
- Neumann, S. (2014). Three misconceptions about radiation—and what we teachers can do to confront them. *The Physics Teacher*, 52(6), 357–359.
- Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351–361.
- Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: An evaluation. *Research in Science Education*, 25(3), 323–332. <http://doi.org/10.1007/BF02357405>
- Porst, R. (2014). *Fragebogen: ein Arbeitsbuch* (4., erw. Aufl). Wiesbaden: Springer VS.
- Raith, W. (2006). *Elektromagnetismus* (9., Aufl). Berlin: de Gruyter.
- Robinson, D. R., Schofield, J. W., & Steers-Wentzell, K. L. (2005). Peer and Cross-Age Tutoring in Math: Outcomes and Their Design Implications. *Educational Psychology Review*, 17(4), 327–362. <http://doi.org/10.1007/s10648-005-8137-2>
- Rosen, S., Powell, E. R., & Schubot, D. B. (1977). Peer-tutoring outcomes as influenced by the equity and type of role assignment. *Journal of Educational Psychology*, 69(3), 244.
- Schieke, S. M., Schroeder, P., & Krutmann, J. (2003). Cutaneous effects of infrared radiation: from clinical observations to molecular response mechanisms. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 19(5), 228–234.
- Schroeder, P., Pohl, C., Calles, C., Marks, C., Wild, S., & Krutmann, J. (2007). Cellular response to infrared radiation involves retrograde mitochondrial signaling. *Free Radical Biology and Medicine*, 43(1), 128–135.
- Schwarz, K. (2015). *Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung*. Universität Wien, Wien.
- Sexl, R., & Wessenberg-Raab, B. (2007). *Physik. 8, 8.* Wien: öbv&hpt.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231–240.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2004). *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* (2. dt. Aufl.). München; Heidelberg: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.

- Topping, K. J. (1996). The Effectiveness of Peer Tutoring in Further and Higher Education: A Typology and Review of the Literature. *Higher Education*, 32(3), 321–345. <http://doi.org/10.2307/3448075>
- Topping, K. J. (2005). Trends in Peer Learning. *Educational Psychology*, 25(6), 631–645. <http://doi.org/10.1080/01443410500345172>
- Trautinger, F., Kindlaas-Mügge, I., Barlan, B., Neuner, P., & Knobler, R. M. (1995). 72-kD heat shock protein is a mediator of resistance to ultraviolet B light. *Journal of investigative dermatology*, 105(2), 160–162.
- Von Foerster, H., & Pörksen, B. (1998). Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners. *Gespräche für Skeptiker*, Carl Auer Systeme-Verlag, Heidelberg.
- Vosniadou, S. (Hrsg.). (2008). *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. London ; New York: Falmer.
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (Hrsg.). (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis-Verl.
- Wodzinski, R. (2006). *Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern: Beschreibung des Naturwissenschaftsmoduls G4. SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Xie, C., & Hazzard, E. (2011). Infrared imaging for inquiry-based learning. *The Physics Teacher*, 49(6), 368–372.
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, 39(8), 496–504.

Internetquellen

- Schweiger, H. (letzter Zugriff: 02.05.2016) http://www.thermografie-schweiger.de/theorie/grundlagen/gesetze_begriffe.htm
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Frauen (letzter Zugriff 10.10.2015) <https://www.bmbf.gv.at>

Anhang

Abstract

Die vorliegende Arbeit untersucht die Wirksamkeit der Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) in der Schule. Die Methode hat sich bereits mit anderen Inhalten als probates Mittel herausgestellt, um Physikunterricht effektiver zu gestalten. Durch das Schlüpfen in die Rolle des Lehrers werden bei Schülerinnen und Schülern Kompetenzen geschult und Rollenbilder aktiviert, die im normalen Frontalunterricht eine untergeordnete Rolle spielen. Es wird davon ausgegangen, dass die Methode einen größeren Beitrag zu dem im Lernen von Physik notwendigen „Conceptual Change“ leistet, als andere Unterrichtsmethoden. Um dies am Unterrichtsinhalt der Infrarotstrahlung zu prüfen wurde eine eigene Unterrichtssequenz als CAPT geplant, durchgeführt und evaluiert. Die Evaluation fand mittels eines Fragebogens statt und gibt Aufschluss über die physikalischen Sichtweisen der Schülerinnen und Schüler. Die Ergebnisse zeigen einen deutlich positiven Effekt dieser Unterrichtssequenz beim Wissen um die Infrarotstrahlung. Ein direkter Vergleich zu anderen Unterrichtsmethoden ist aufgrund der schwachen Forschungslage um das Thema Infrarotstrahlung im Unterricht noch nicht möglich.

The present study examines the effectiveness of the teaching method Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) in school. The method has proven already with other content to make physics lessons more effective. By slipping into a teacher-like role competencies are trained and role models are enabled which play a subordinate role in frontal teaching. It is assumed that the method makes a major contribution to the "conceptual change" in comparison to other teaching methods, which is important for physics learning. To check if this is true for the content of the infrared radiation a teaching sequence as CAPT was planned, implemented and evaluated. The evaluation took place by means of a questionnaire and provides information on the physical perspectives of the students. The results show a clear positive effect of this teaching sequence to the knowledge of the infrared radiation. A direct comparison with other teaching methods is not yet possible due to the missing research on the subject of infrared radiation in classroom in general.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Felix Schöfl
Anschrift	Burggasse 102/5 1070, Wien
Tel.	+436702061929
E-Mail	20felix09@gmail.com
geb.	15.12.1990 in Linz

Ausbildung

2001 – 2006

Bischöfliches Gymnasium Petrinum in Linz

2006 – 2009

Georg von Peuerbach Gymnasium Linz

2011 – 2016

Uni Wien, Lehramtsstudium Physik/Bewegung und Sport

Kenntnisse & Fähigkeiten

Sprachen

Deutsch als Muttersprache
Englisch sehr gut in Wort und Schrift

PC-Kenntnisse

Umfangreiche PC-Kenntnisse (Microsoft Office Palette, Webanwendungen, usw.)

Führerschein

Klasse A+B

Berufliche Laufbahn

2006

Praktikumsmonat in der Voest Alpine Linz

2009 – 2011

Zivildienst in St-Isidor

2013 – 2016

Trainer im Allgemeinen Turnverein Grinzing
(ehrenamtlich)

Prä/Posttest

Bei jeder Frage können mehrere Antworten richtig sein, müssen aber nicht! Es ist mindestens eine Antwort richtig.

- | | |
|--|---|
| <p>1. Welche Farbe hat Infrarotstrahlung?</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Gelb☐ Grün☐ Rot☐ Violett☐ Keine☐ <p>2. Was vermutest du? Welche von den angeführten Körpern strahlen Infrarotstrahlung ab? Kreuze an!</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Heizkörper☐ Hund☐ Tisch☐ Schlange☐ Infrarotlampe☐ Eiswürfel☐ <p>3. Wie kann man Infrarotstrahlung wahrnehmen?</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Du kannst sie schmecken.☐ Du kannst sie sehen.☐ Du kannst sie spüren.☐ Du kannst sie hören.☐ <p>4. Versuche den Satz zu vervollständigen:
„Eine Infrarotkamera macht“</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Körperwärme☐ Venen und Adern im Körper☐ Säugetiere in der Dunkelheit☐ Bäume in der Dunkelheit☐ <p>sichtbar.“</p> | <p>5. Stelle dir vor du bist einer großen Intensität von Infrarotstrahlung ausgesetzt, wie glaubst du könntest du dich davor schützen?</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Mit Sonnencreme☐ Mit einer Decke☐ Mit einem Blatt Papier☐ Im Wasser untertauchen☐ <p>6. Dein Arzt empfiehlt dir für deinen schmerzenden Rücken eine Infrarotstrahlungstherapie. Was würdest du ihm darauf antworten:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Ich würde das nicht machen, da es schädlich ist☐ Ja, ich würde es machen, meinen restlichen Körper jedoch mit einer Bleischürze schützen☐ Ja, ich würde es ohne jegliche Bedenken machen.☐ <p>7. Welche Strahlung sendet eine Infrarotlampe deiner Meinung nach aus?</p> <ul style="list-style-type: none">☐ UV-Strahlung und Mikrowellen☐ Röntgenstrahlung und UV-Strahlung☐ Mikrowellen und Infrarotstrahlen☐ Infrarotstrahlen und sichtbares Licht☐ |
|--|---|

8. Wo vermutest du kommen Infrarotstrahlen zur Anwendung?

- ☐ Radar
- ☐ Ferkelzucht
- ☐ Radio
- ☐ Mikrowellen
- ☐ Nachtsichtgerät
- ☐ Fernbedienung
- ☐

9. Was passiert deiner Meinung nach n der Infrarotstrahlung, wenn sie auf einen Körper trifft?

- ☐ Sie kann durch den Körper gehe
- ☐ Der Körper kann sie aufnehmen.
- ☐ Der Körper kann sie reflektieren.
- ☐

10. Wenn du in der Sonne stehst wird dir warm. Woran könnte das liegen?

11. Welche Quellen würdest du mit Infrarotstrahlung verbinden?

12. Wo kommt Infrarotstrahlung in deinem Alltag vor? Zähle auf was dir einfällt.

Leitfaden für TutorInnen

Leitfaden für TutorInnen

Bearbeite mit deinem Tutee die drei Versuche zum Thema „Infrarotstrahlung“, die dir schon bekannt sein sollten. Steh ihm mit Rat zur Seite und beachte folgende Tipps:

Tipps für erfolgreiches Peer-Tutoring:

-  Sei geduldig mit deinem Tutee!
-  Lasse deinem Tutee genügend Zeit zu überlegen!
-  Lass ihn ausreden!
-  Erkundige dich, ob er die Inhalte verstanden hat!
-  Achte auf die Sicherheitshinweise!



Die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt sind immer nach dem POE – Predict Observe Explain (vorhersagen, beobachten, erklären) - Konzept angeordnet. Das bedeutet: Phase 1: Dein Tutee muss immer eine Vorhersage machen und soll diese auch aufschreiben.

Phase 2: Dein Tutee darf den Versuch durchführen und Beobachtungen notieren.

Phase 3: Dein Tutee soll die Ergebnisse des Versuches erklären.

Wichtig ist, dass ihr alle Phasen der Reihe nach erledigt und keinen überspringt! Vergewissere dich nach jedem Versuch, ob dein Tutee verstanden hat, worum es geht!

Versuch 1: Mit Luft befüllter Luftballon

Bearbeite die Aufgaben mit deinem Tutee. Begleite deinen Tutee zur Station mit der Infrarotkamera bei den StudentInnen, wenn er in der Anleitung dazu aufgefordert wird durch die Infrarotkamera zu schauen. Falls mehrere Gruppen bei der Kamera sind, dann stellt euch bitte an. Dort bekommst du dann auch Fotos, die mit der Infrarotkamera gemacht wurden.



Dein Tutee soll verstanden haben:

Sichtbares Licht kann einen Luftballon nicht durchdringen. Es gibt jedoch Strahlung, die den Luftballon durchdringen kann. Die Infrarotkamera kann Infrarotstrahlung sichtbar machen, folglich handelt es sich bei dieser Strahlung (die den Luftballon durchdringt) um Infrarotstrahlung.

Versuch 2: Mit Wasser befüllter Luftballon

Bei diesem Versuch gehst du genauso vor wie bei Versuch 1.



Dein Tutee soll verstanden haben:

Infrarotstrahlung geht, genauso wie sichtbares Licht, nicht durch alle Materialien hindurch. Die Infrarotkamera zeigt nun das Gesicht nicht mehr, da die Infrarotstrahlung das Wasser nicht durchdringt.

Versuch 3: Versuch Infrarotlampe und Wasser

Bearbeite die Aufgaben mit deinem Tutee und hole dir dafür das Material von den StudentInnen. Dieser Versuch wird von euch selbständig am Platz durchgeführt.



Dein Tutee soll verstanden haben:

Die Infrarotlampe strahlt sichtbares rotes Licht, wie jede gewöhnliche Glühlampe ab, und unsichtbare Infrarotstrahlung, welche man durch Wärme auf der Hand wahrnehmen kann. Wenn man nun das Wasser dazwischen hält, spürt man keine Wärme mehr, da die Infrarotstrahlung abgeschirmt wird. Die Hand erscheint trotzdem rot, weil das sichtbare rote Licht nicht abgeschirmt wird.

Infrarot - Arbeitsblatt

INFRAROT - Arbeitsblatt

Führe die folgenden Versuche Schritt für Schritt durch und achte genau auf die Angaben!

***Berühre niemals die Glühbirne der Infrarotlampe!
(Verbrennungsgefahr) Schau nicht direkt in das Licht der Lampe!***

VERSUCH 0 – Die Infrarotkamera

Betrachte das Gesicht eines/r deiner Mitschüler/innen. Anschließend sieh es dir mit der **Infrarotkamera** an.

Schreibe auf, was der Unterschied zwischen dem realen Bild und dem Bild der Kamera ist.

VERSUCH 1 – Der Luftballon mit Luft

Du benötigst dazu:

- Luftballon
- Infrarotkamera

Phase 1: Betrachte deine/n Mitschüler/in, wenn er/sie sich einen Ballon vors Gesicht hält. Wie glaubst du, würde das Bild, das die Infrarotkamera anzeigt, aussehen? Erkläre deine Vermutung!

Phase 2: Überprüfe deine Vorhersage, indem du die Infrarotkamera verwendest. Was beobachtest du? Notiere!

Phase 3: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber!

VERSUCH 2 – Der Luftballon mit Wasser

Du benötigst dazu:

- Luftballon (gefüllt mit Wasser)
- Infrarotkamera

Phase 1: Stelle dir vor, dein Gegenüber hält sich einen mit Wasser befüllten Luftballon vors Gesicht. Ändert sich das Bild der Infrarotkamera? Begründe deine Vermutung!

Phase 2: Überprüfe deine Vorhersage, indem du die Infrarotkamera verwendest. Was beobachtest du? Notiere!

Phase 3: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

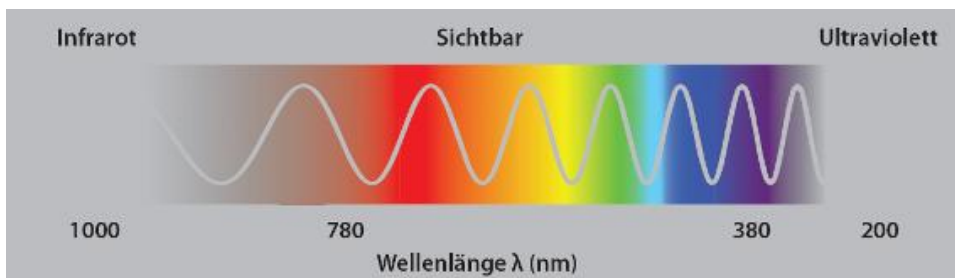
Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber!

VERSUCH 3 – Die Infrarotlampe und das Wasser

Dazu benötigst du:

- Infrarotlampe
- durchsichtiges Sackerl mit Wasser gefüllt

Du hast vor dir eine eingeschaltete Infrarotlampe stehen! Versuch das Licht von der Infrarotlampe in den Auszug des Strahlenspektrums einzuordnen, indem du den richtigen Bereich einkreist!



Halte deine Hand in einigem Abstand vor die Lampe und notiere was du wahrnimmst! Was könnte der Grund für deine Wahrnehmung sein?

Phase 1: Was wird passieren, wenn du nun zwischen deiner Hand und der Lampe das Plastiksackerl voll Wasser hältst? Überlege dazu, ob das Licht der Lampe durchgeht oder nicht.

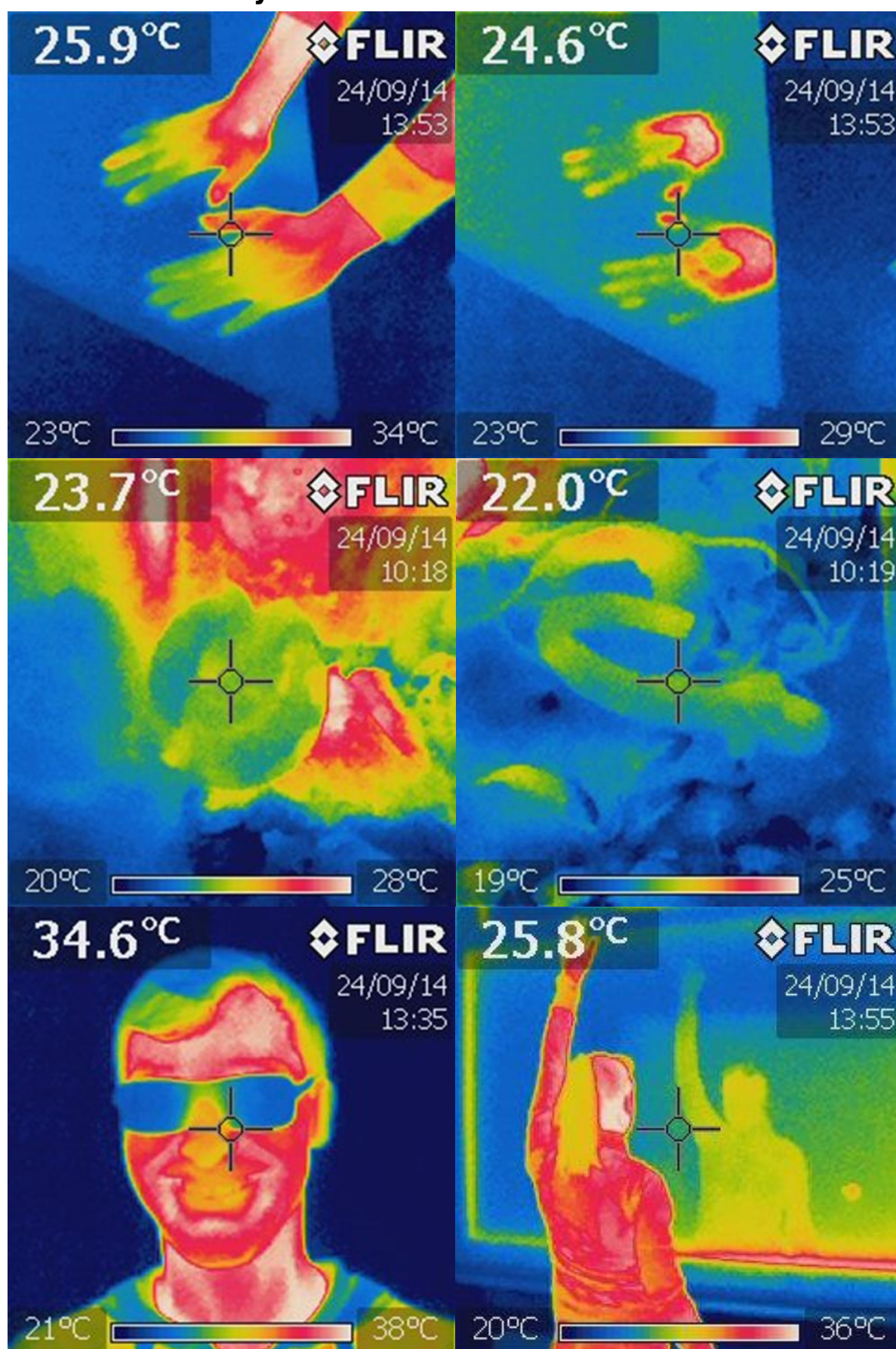
Phase 2: Stelle nun das Sackerl mit Wasser zwischen Hand und Lampe. Was hat sich nun verändert und wieso? Vergleiche dies mit deiner Vermutung von Phase 1.

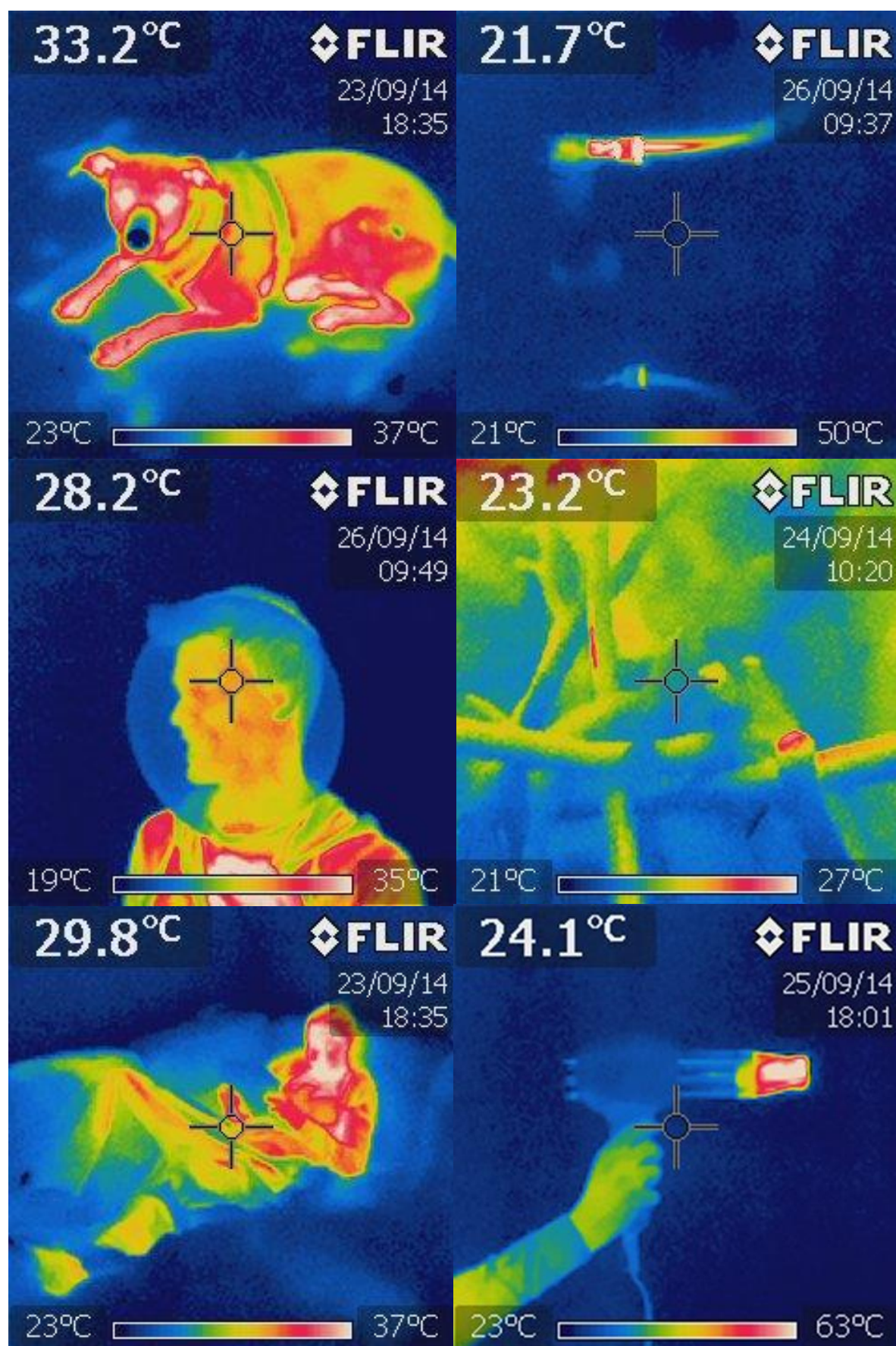
Phase 3: Versuche eine Erklärung für deine Beobachtungen zu finden und schreibe sie auf!

Nachbesprechung: Erkläre deinem Tutor was du in diesem Versuch über Infrarotstrahlung gelernt hast und diskutiere mit ihm darüber! Schau dir die Grafik von dem Spektrum oben noch einmal an. Würdest du jetzt anders einkreisen?



Infrarot - Memory









Ergebnisse des Prä/Posttests

Schüler/in	IR-Gruppe vor der Intervention																																			
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
AS562/W	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ag928/W	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FG622/M	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LS876/W	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CP261/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
LA113/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
JM219/M	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IK820/M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CP643/M	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG072/M	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AS326/M	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PB995/M	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
KR354/w	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TG811/W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CH272/M	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MH141/M	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HN33E/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
JS125/W	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MS257/M	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
KR466/W	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
LN171/W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AK813/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MC885/M	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AA821/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
KL912/W	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CR966/W	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

[illegible]

[illegible]

Kontrollgruppe nach der Intervention																																																					
Schüler/in	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
MS148/W	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	
AV720/W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
OE100/M	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
JN406/W	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
AL412/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0		
MP821/W	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
SS955/W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
NI521/W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
LP643/W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
JC077/M.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MH924/W	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
JR426/M	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
VW426/W	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
SS885/W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
LK245/W	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AP476/W	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
JS376/W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
KQ8710/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AH393/W	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
SB239/W	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
AB823/W.	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
EH278/W	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
EL522/M	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0		
XR337/W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																									