



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Fallstudien zum Thema Licht und Schatten

Eine qualitative Studie zum Cross-Age-Peer-Tutoring im Rahmen eines Sparkling Science Projekts

verfasst von

Renate Pauer

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 299 412

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramt UF Psychologie und Philosophie UF Physik

Betreut von: Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Zusammenfassung

Die Arbeit wurde im Rahmen des Sparkling-Science-Projekts Cross-Age-Peer-Tutoring in Physics erstellt. Schüler/innen einer dritten Klasse NMS erhielten von Schülern und Schülerinnen aus der vierten Klasse ein Tutoring, anschließend ein Mentoring von wissenschaftlichen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Universität Wien und nahmen danach selbst die Rolle von Tutoren und Tutorinnen für Kindergartenkinder ein. Es wurden Einzelfallstudien, im Sinne einer inhaltsanalytischen Auswertung von Interviews und Videos, mit einem Schüler und einer Schülerin der dritten Klasse durchgeführt. Den fachlichen Inhalt bildete das Thema Licht und Schatten, wobei in besonderem Maße auf den Sehvorgang und die Lichtausbreitung eingegangen wurde. In der Untersuchung wurde der Frage nachgegangen welche Faktoren die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses beeinflussen. Als mögliche Faktoren wurden Persönlichkeitsmerkmale, der Tutor/die Tutorin und sein/ihr Verhalten während des Tutorings, sowie die aktive Teilnahme der Schüler/innen am Mentoring identifiziert. Es wurde herausgefunden, dass Persönlichkeitsmerkmale eine große Rolle bei der Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses spielen. Erklärungen werden vom Tutor/von der Tutorin übernommen, wenn diese/r seine/ihre Rolle ernst nimmt. Die aktive Teilnahme während des Mentorings hatte keinen signifikanten Einfluss.

Abstract

This study was performed within a “Sparkling Science Project” dealing with cross age peer tutoring in physics, especially in the parts electricity and optics. The major goal was to understand which factors influence the development of conceptual knowledge. For this purpose, following setup was developed: Pupils from the 7th level were taught in propagation of light, visual perception and the formation of shadows by pupils from the 8th level. The pupils from the 7th level were motivated to teach children from a kindergarten. One week before such a teaching event started the pupils were mentored by scientists. Single-case studies on a female and a male pupil from the 7th level were performed and the content of interviews as well as videos, recorded during the mentoring and tutoring, were qualitatively evaluated. This study reveals that the development of the conceptual knowledge is highly influenced by personality traits of the tutees and the tutors. Whereas the active participation during the mentoring did not show any effect.

Danksagung

Ich bedanke mich bei der Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron für die interessante Fragestellung und ihre Hilfestellung während der Durchführung, sowie bei der Fertigstellung dieser Arbeit. Ich bedanke mich bei ihr außerdem für die Gespräche, die mir nicht nur in Bezug auf meine Diplomarbeit weiter geholfen haben, sondern auch für meine zukünftige Unterrichtstätigkeit. Außerdem war es mir durch ihre raschen Rückmeldungen möglich zügig an der Arbeit zu schreiben.

Ich bedanke mich bei meiner Oma für die immer wieder aufbauenden Worte.

Desweiteren bedanke ich mich bei der Familie Mayr für die Unterstützung.

Ein großer Dank geht auch an meine Tochter, die es trotz ihres jungen Alters geschafft hat mich des Öfteren in Ruhe arbeiten zu lassen.

Bei meinen Freunden möchte ich mich für ihr Verständnis in dieser arbeitsintensiven Phase bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Abstract	2
Danksagung	3
1. Theoretischer Hintergrund.....	6
1.1 Schülervorstellungen.....	6
1.1.1 Entstehung und Einteilung	6
1.1.2 Umgang mit Schülervorstellungen	9
1.1.3 Schülervorstellungen in der Optik.....	11
1.2 Cross Age Peer Tutoring	21
2. Ziele und Forschungsfragen	25
3. Forschungsdesign	26
3.1 Rahmenbedingungen	26
3.1.1 Das Projekt „Cross Age Peer Tutoring in Physics“	26
3.1.2 Themenbereich: Licht und Schatten	27
3.1.3 Auswahl der Schüler/innen	27
3.2 Datenerhebung.....	29
3.2.1 Video.....	34
3.2.2 Problemzentriertes Interview	36
3.3 Datenauswertung	40
4. Ergebnisse.....	42
4.1 Charakterisierung der Schülerin t_5 und des Schülers t_8	42
4.1.1 Schülerin t_5	43
4.1.2 Schüler t_8	50
4.2 Lernprozesse der Schüler/innen.....	56
4.2.1 Analyse der Schülerin t_5	57
4.2.2 Analyse des Schülers t_8	63
4.3 Interpretation der Ergebnisse	69
4.3.1 Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale auf die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses.....	69
4.3.2 Einfluss des Tutors/der Tutorin und des Mentorings.....	72
4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	74
Literatur.....	77
Zitierte Websites	79

Abbildungsverzeichnis.....	80
Tabellenverzeichnis	81
Anhang	82
Interviewleitfäden	82
Lösungen der Aufgaben aus dem fünften Interview	88
Curriculum vitae	92

1. Theoretischer Hintergrund

1.1 Schülervorstellungen

1.1.1 Entstehung und Einteilung

Zu dem Zeitpunkt an dem Kinder mit Physikunterricht konfrontiert werden, haben sie bereits eine große Menge an Wissen und Erfahrungen erworben. Das Kind hat für sich Erklärungen gefunden, warum und wie gewisse Dinge in der Welt funktionieren. Diese Erklärungen sind in sich nicht immer schlüssig, jedoch ist mit ihnen ein Zurechtfinden im Alltag meist gut möglich. Diese Alltagsvorstellungen können allerdings das Lernen der physikalisch korrekten Sichtweise behindern. Oft wird von den Schülerinnen und Schülern auch nach längerem Unterricht an Präkonzepten festgehalten. In Prüfungssituationen werden zwar die physikalisch korrekten Erklärungen wiedergegeben, was allerdings oft nur ein Auswendiglernen des Prüfungsstoffes widerspiegelt.

Bereits Wagenschein (1995) geht auf Schülervorstellungen ein, auch wenn er diese nicht explizit als solche bezeichnet. Er erläutert, dass bei Kindern bis zu einem Alter von 7 Jahren das magische Denken vorherrscht. Dinge werden hierbei als aktiv Handelnde gesehen, mit einem Willen und einer bestimmten Absicht. Mögliche Erklärungen des Auftriebs wären in diesem Fall, dass das Wasser das Schiff wegstößt, oder das Schiff ist mächtiger und befindet sich deshalb auf dem Wasser. Diese magische Sichtweise verschwindet nie ganz, auch nach jahrelangem Physikunterricht ist sie im Kern immer noch vorhanden. So ist es durchaus üblich, dass Erwachsene mit ihrem Auto und PC schimpfen, wenn diese nicht so funktionieren wie erwünscht. Doch nicht nur in den Handlungen bleibt das magische Denken erhalten. Einen viel größeren Bereich bildet die Sprache an sich. Beispiele hierfür wären typische Redewendungen wie; der Wind bläst oder der Fluss reißt etwas mit sich. Somit wird deutlich, dass das magische Denken weder übersprungen, noch durch eine physikalisch korrekte Sichtweise ersetzt werden kann. Vielmehr, meint Wagenschein (1995), soll auf dieser Erkenntnis aufgebaut und der magische Kern angeregt werden. In diesem Zusammenhang spricht er explizit von einem Kern, der immer dünner wird und um den herum sich das physikalische Wissen in immer dickeren Schichten anordnet; ähnlich der Jahresringe eines Baumes und nicht von einer Basis auf welche die Physik aufgesetzt wird. Dadurch wird noch einmal verdeutlicht, dass dieses magische Denken nie ganz verschwindet.

Im Alter zwischen 7 und 12 Jahren wird das magische immer mehr durch das realistische Denken abgelöst. Es werden Kausalitäten und Analogien hergestellt die erkennen lassen, dass

sich das Kind schon auf dem Weg zu einer physikalischen Sichtweise befindet. Allerdings findet man in diesem Alter auch die typischen Präkonzepte, auf die später noch genauer eingegangen wird. Das Kind ist nun an einem Punkt angelangt, an dem es von sich aus kaum noch zu neuen physikalischen Konzepten in seinem Denken gelangt. Die Aufgabe des Physikunterrichts ist es hier anzusetzen und die Alltagsvorstellungen aufzugreifen.

Was die Entstehung von Alltagsvorstellungen betrifft, so greift Jung (1986) drei Aspekte auf. Der erste geht von einem evolutionären Ursprung aus. Das bedeutet, gewisse Vorstellungen wurden weitergegeben. Da die Evolution im Vergleich mit der Entwicklung des modernen Menschen sehr langsam voranschreitet, können Konzepte die früher nützlich waren noch immer vorherrschen, aber im Widerspruch zu neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen stehen. Ein weiterer Aspekt ist die Sprache. Wie bereits bei Wagenschein (1995) erwähnt, finden sich in der Alltagssprache zahlreiche Beispiele für eine magische, oder in vielen Fällen eine alte, Sichtweise. So lässt der Ausdruck „die Sonne geht auf bzw. unter“ auf ein geozentrisches Weltbild schließen. Manche Wörter haben in der Physik eine etwas andere Bedeutung als in der Alltagssprache. In der Physik gibt es z.B. eine klare Definition für den Begriff der Kraft, während in der Alltagssprache Kraft oft einem Gegenstand oder Lebewesen als Eigenschaft zugeschrieben wird. Der dritte Aspekt für die Entstehung von Präkonzepten sind Alltagserfahrungen, die der physikalischen Sichtweise widersprechen bzw. anders wahrgenommen werden. Man spürt nicht, dass ein Lichtstrahl ins Auge fällt wenn man einen Gegenstand im Raum betrachtet. Wenn man eine Kurve durchfährt hat man das Gefühl nach außen gezogen zu werden und eine Feder und eine Eisenkugel fallen nicht gleich schnell zu Boden. Bei Duit (2004) und Wagenschein (1995) kommen in diesem Zusammenhang der Ausdruck „naive“ Realisten vor. Gemeint ist damit, dass Schüler/innen das physikalische Weltbild als reales Abbild der Natur verstehen und nicht als etwas von Menschen Konstruiertes.

Präkonzepte lassen sich nach unterschiedlichen Gesichtspunkten einteilen. Ein Unterscheidungsmerkmal ist die Stabilität. Besonders stabile Präkonzepte entstehen unter anderem durch alltagssprachliche Formulierungen. Hierbei handelt es sich um tief sitzende Überzeugungen, die bei unterschiedlichen Anwendungsbeispielen herangezogen werden. Weniger stabile Präkonzepte ergeben sich aus einer bestimmten Fragestellung spontan und können bei einer leicht veränderten Frage durch ein anderes Konzept ersetzt werden. Die Glaubwürdigkeit bildet einen weiteren Punkt unter dem man Schülervorstellungen betrachten kann. Darunter versteht man, dass ein Schüler/eine Schülerin bei einem Test zwar die

physikalisch richtige Antwort gibt, aber nicht von der Richtigkeit überzeugt ist. Der Stoff wurde dann zwar gelernt, außerhalb von Prüfungssituationen wird auf Beispiele wieder das Präkonzept angewandt (Wodzinski, 2004).

Nach Dykstra (1992) lernen Schüler/innen bestimmte Lösungswege auswendig und wenden sie erfolgreich auf analoge Fragestellungen an. Wird nun ein Detail einer Aufgabe geändert, für dessen Lösung ein tieferes Verständnis nötig ist, so scheitern die Schüler/innen bei der Bearbeitung. Ein Beispiel für eine solche Aufgabe ist, wenn die Beschreibung der Bewegungsrichtung eines Wasserstrahls aus einem kreisförmigen Schlauch, durch einen Ball, in demselben Schlauch, ersetzt wird. Indem bei Hausübungen und Tests meist ähnliche Aufgaben wie im Unterricht gegeben werden, kommt es zu einer Verstärkung des Auswendiglernens von Lösungswegen.

Mit Hilfe der Einteilung von Präkonzepten nach Brown (1993) ist es möglich auch solche Konzepte zu erfassen die nicht grundsätzlich falsch sind. Die Einteilung erfolgt in den vier Kategorien:

Verbal-symbolic knowledge	Conscious models	Implicit models	Core intuition
Discrete	Analog	Analog	Analog
Intentionally employed	Intentionally employed	Automatically employed	Automatically employed
Domain specific	Domain specific	Domain specific	Domain general

Tabelle 1. Einteilung der Präkonzepte (Brown, 1993, S. 1275).

In die Kategorie *Verbal-symbolic knowledge* fällt ein Konzept dann, wenn es absichtlich und kontextspezifisch angewendet wird und als Phrase oder semantisches Netzwerk vorliegt. Ein Beispiel ist, wenn die relativistische Massenzunahme auf Alltagssituationen angewendet wird.

Im Unterschied dazu trifft die Kategorie des *Conscious models* dann zu, wenn die Konzepte in einer sinnlichen Ebene (bildhaft, auditiv, taktil...) vorhanden sind. Diese werden aber ebenso kontextspezifisch und bewusst angewandt. Ein gutes Beispiel hierfür ist der Stromkreis, den viele Schüler/innen mit einem Wasserkreislauf gleich setzen um damit zu einem bildhaften Verständnis der Stromstärke und Spannung zu gelangen. *Implicit models* sind ebenfalls analog und kontextspezifisch, allerdings kommen sie automatisch, also unbewusst zur Anwendung. Zum Beispiel wenn Licht wie ein Gas betrachtet wird, das einen Raum vollständig ausfüllt; wenn es nicht vorhanden ist, so ist der Raum dunkel. *Core intuitions* sind unbewusst und kontextübergreifend und somit am stabilsten. Falsche Kernintuitionen sind am widerstandsfähigsten was einen Konzeptwechsel betrifft und stellen somit eine große Quelle für Lernschwierigkeiten dar.

Duit (2004) geht davon aus, dass Schülervorstellungen den Rahmen bilden, in dem neues Wissen eingebettet wird. Neues Wissen wird so integriert, dass es in diesen Rahmen passt. In ähnlicher Weise führt Blumör (1993) an, dass es sich bei Schülervorstellungen nicht um eine reine Anhäufung von Vorstellungen zu bestimmten physikalischen Begriffen oder Sachgebieten handelt. Diese Vorstellungen sind immer innerhalb eines Rahmens miteinander verknüpft und es wird somit ein Sinnzusammenhang zwischen ihnen hergestellt. Unter den beschriebenen Aspekten wird deutlich, dass Schülervorstellungen zu Lernschwierigkeiten führen. Allgemein kann man Lernschwierigkeiten in drei Kategorien einteilen:

- *Sachbedingt*: Das zu Lernende ist zu kompliziert oder abstrakt. Hinzu kommt noch, in der Physik, eine oft unterschiedliche Bedeutung von Alltags- und Fachbegriffen.
- *Lehrbedingt*: Diese Kategorie bezieht sich auf den Unterricht bzw. die Unterrichtsqualität.
- *Innenbedingt*: In diesen Bereich fällt alles, was der jeweilige Schüler, die jeweilige Schülerin, an individuellen Eigenschaften mitbringt, wie z.B. das Vorhandensein von Lernstrategien und Präkonzepten, das Konzentrationsvermögen, die Gedächtnisleistung oder auch Lernbehinderungen. (Wodzinski, 2004)

Untersuchungen zeigen, dass Schülervorstellungen und Präkonzepte nicht vermieden werden können, sondern ein Teil der menschlichen Entwicklung sind. Trotzdem ist es wichtig sich ihrer Existenz bewusst zu sein und im Unterricht darauf einzugehen, da sonst der physikalische Wissenserwerb beeinträchtigt werden kann. Daraus ergibt sich die Frage, wie man Schülervorstellungen positiv beeinflussen kann um Lernschwierigkeiten so gering wie möglich zu halten.

1.1.2 Umgang mit Schülervorstellungen

Experimente werden im Physikunterricht gerne eingesetzt, um die Schüler/innen von einem physikalischen Konzept zu überzeugen. Doch wie Duit (2004) darlegt lassen sich alternative Vorstellungen nicht mit der Darbietung eines Experiments widerlegen. Es wurde festgestellt, dass bei ein und demselben Experiment, die Schüler/innen jeweils andere Dinge beobachten. Eine Beobachtung kann nie rein objektiv erfolgen. Immer wird das Gesehene mit bereits Bekanntem in Verbindung gebracht und in den Rahmen der vorhandenen Vorstellungen integriert. Die Schüler/innen sehen also das, was ihre eigenen Vorstellungen bestätigt. Am stärksten ist dieser Effekt zu beobachten, wenn man die Schüler/innen ein paar Wochen nach Durchführung des Experiments darüber befragt, was sie gesehen haben. Dieses Phänomen spielt allerdings nicht nur bei dem Beobachten von Experimenten eine wichtige Rolle,

sondern auch bei Zeugenaussagen vor Gericht, wenn z.B. der genaue Ablauf eines Unfalls geschildert werden soll. Es ist also weder ausreichend den Schülern und Schülerinnen die physikalisch richtigen Sachverhalte zu erklären, noch ihnen ein Experiment zu zeigen.

Nach Posner et al. (1982) müssen vier Bedingungen vorliegen damit ein Konzeptwechsel erfolgt:

- Unzufriedenheit mit dem vorhandenen Konzept: ein bestimmtes Phänomen kann mit dem alten Konzept nicht erklärt werden.
- Das neue Konzept muss verständlich sein: die Bedeutung der Wörter und Symbole muss klar sein. Darüber hinaus muss das Konzept verinnerlicht werden, also einen neuen Rahmen bilden, in den Informationen eingegliedert werden.
- Das neue Konzept muss plausibel sein.
- Das neue Konzept sollte auf weitere Fragestellungen angewandt werden können.

Nussbaum und Novick (1982) schlagen eine 3-phasige Konzeptwechselstrategie vor. In der ersten Phase sollen die Präkonzepte der Schüler/innen offengelegt werden. Dazu ist es notwendig, die Schülervorstellungen mit Hilfe einer Frage oder Aufgabe zu aktivieren. Die Schüler/innen sollen ein physikalisches Phänomen verbal und zeichnerisch beschreiben und dabei möglichst klar und detailliert vorgehen. Zum Abschluss der ersten Phase ist eine Diskussion vorgesehen, innerhalb derer sich die Schüler/innen über ihre Konzepte austauschen, sowie das Für und Wider der einzelnen Theorien abwägen. In der zweiten Phase wird ein kognitiver Konflikt erzeugt. Den Schülern und Schülerinnen wird ein Phänomen präsentiert, das sie mit ihren bereits vorhandenen Konzepten nicht erklären können. In der letzten Phase werden die Schüler/innen bei der Lösungssuche und dem Konzeptwechsel unterstützt.

In ähnlicher Weise schlagen Widodo und Duit (2005) eine konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenz vor, um einen Konzeptwechsel zu bewirken. Im Konstruktivismus wird davon ausgegangen, dass sich Lernende ihr Wissen selbst konstruieren müssen. Somit ist die Aktivität jedes einzelnen Schülers, jeder einzelnen Schülerin, gefragt.

Die Sequenzen werden in fünf Phasen eingeteilt. Die erste Phase trägt die Bezeichnung *Orientierung*. Die Schüler/innen erhalten einen ersten Einblick in das neue Thema, der gleichzeitig ihr Interesse wecken soll. Die zweite und dritte Phase decken sich im Wesentlichen mit denen von Nussbaum und Novick (1982). Auch hier werden die Schülervorstellungen erkundet und danach umstrukturiert. Zusätzlich schlagen Widodo und Duit (2005) noch die Phasen der *Anwendung* und der *Überprüfung* vor, um die neuen

Strukturen besser zu festigen. Was die Umstrukturierung von Schülervorstellungen betrifft, so gibt es zwei Ansätze. Der revolutionäre Ansatz geht auf Piaget (Herdt, 1990) zurück. Bei ihm wird davon ausgegangen, dass ein kognitiver Konflikt erzeugt werden muss um einen Konzeptwechsel hervorzurufen. Man nimmt hierbei an, dass die konkrete Schülervorstellung in krassem Gegensatz zu dem physikalischen Konzept steht. Bei dem evolutionären Ansatz wird der Konzeptwechsel eher als ein Annähern von Schülervorstellungen an wissenschaftliche Konzepte gesehen. Oftmals sind Schülervorstellungen und physikalische Sichtweisen nicht völlig konträr. Es kann also sinnvoll sein auf Präkonzepte aufzubauen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Konzeptwechsel einen aktiven Konstruktionsprozess der Schüler/innen erfordert. Wobei Alltagsvorstellungen weder aufgegeben, noch ausgelöscht werden. Vielmehr kommt es zu einer Koexistenz von beiden.

„Die Schüler müssen lernen, dass viele Alltagsvorstellungen in bestimmten Situationen (eben Alltagssituationen) eine sehr brauchbare Basis zum Handeln ergeben. Sie müssen aber auch erkennen, dass diese Vorstellungen in anderen Situationen kein erfolgreiches Handeln ermöglicht.“ (Duit, 2004, S. 11)

1.1.3 Schülervorstellungen in der Optik

Schülervorstellungen im Bereich der Optik werden empirisch schon länger erforscht. Wobei der Fokus auf zwei verschiedene Bereiche gerichtet ist. Piaget (Herdt, 1990) geht es vor allem darum mit Hilfe von Tests u.a. zum Thema Optik auf den Entwicklungsstand der Kinder zu schließen. Er geht dabei davon aus, dass ein Kind seinem Entwicklungsstand entsprechende Erklärungen physikalischer Phänomene gibt. Auf diese Weise wird versucht die Entwicklung der Denkstrukturen von Kindern nachzuvollziehen. Diese Untersuchungen werden hauptsächlich mit Kindern im Vor- und Grundschulalter durchgeführt (Herdt, 1990). Bei anderen Untersuchungen steht das fachdidaktische Interesse im Vordergrund. Das Hauptaugenmerk liegt auf den Schülervorstellungen an sich und wie man, darauf aufbauend den Unterricht besser gestalten kann (Blumör, 1993).

Schülervorstellungen in der Optik sind vor allem was das Sehen und die Lichtausbreitung betrifft, von grundlegender Bedeutung, da auf diesen Vorstellungen der Optikunterricht aufbaut. In Schulbüchern, und folglich auch im Unterricht, wird davon ausgegangen, dass Schüler/innen bereits physikalisch korrekte Konzepte in diesen Bereichen mitbringen. Zahlreiche Studien, auf die ich im Folgenden eingehen werde, konnten dies allerdings widerlegen.

1.1.3.1 Licht

Physikalisch betrachtet ist Licht elektromagnetische Strahlung, die sich mit einer Geschwindigkeit von $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ausbreitet. Für Schüler/innen stellt Licht hauptsächlich etwas visuell Wahrnehmbares dar (Herdt, 1990).

Guesne (1984) interviewte Schüler/innen im Alter von 13-14 Jahren zum Thema Licht. Sie stellte ihnen unter anderem die Frage: „Was verstehst du unter Licht?“ Die Antworten unterteilt sie in 4 Kategorien, welche die Schülervorstellungen widerspiegeln:

- Licht als Wirkung: z.B. ein heller Fleck, der vom Licht erzeugt wird.
- Licht wird als die Lichtquelle aufgefasst: z.B. eine Glühbirne oder die Flamme einer Kerze.
- Licht als Zustand: z.B. die Helligkeit, die sich je nach Wetterlage ändert.
- Licht als Gegenstand im Raum: Das Licht wird nicht nur in der Quelle und als heller Fleck erkannt, sondern auch im Raum dazwischen.

Guesne (1984) führt aus, dass Schüler/innen je nach Situation, bzw. Fragestellung, mit unterschiedlichen, teils widersprüchlichen, Vorstellungen argumentieren. Es ist nötig mehrere Fragen oder Aufgaben zu stellen, um einen Eindruck von den dahinter liegenden Präkonzepten zu bekommen. Dabei wird deutlich, dass 13-14-jährige Schüler/innen häufiger Licht als Gegenstand im Raum erkennen, als dies bei 10-11-Jährigen der Fall ist, wobei diesem Gegenstand oft körperliche Eigenschaften zugeschrieben werden. Wie die Aussage eines 13 Jahre alten Jugendlichen belegt: *„Das Licht ... es ist fest ... und so kann es zurückkommen...“* (Guesne, 1984, S. 97) Ein anderes Kind erklärt im Zusammenhang mit einem Vergrößerungsglas: *„Meine Vorstellung ist, dass die Strahlen nicht hindurchgehen. Es ist das Licht, das durchgeht. Was ich meine, ist, dass es nicht durchgeht, aber es ... wie kann ich das sagen, es ... (I... die Strahlen sind nicht dasselbe wie das Licht?) ja, sie sind es, aber... die Strahlen und das Licht sind dasselbe, sie gehen nicht gerade durch, es gibt keine kleinen Löcher für sie, durch die sie hindurchgehen.“* (Guesne, 1984, S. 98) Die Vorstellungen über die Gegenständlichkeit von Licht unterscheiden sich somit deutlich von den physikalisch akzeptierten Konzepten.

Dass sich Licht durch den Raum bewegt und dadurch eine gewisse Zeit für die Ausbreitung benötigt, ist Schülern und Schülerinnen bei großen Entfernungen wie Erde – Sonne bewusst. Bei kurzen Entfernungen, wie zum Beispiel Lampe – Objekt, wird dieses Konzept nicht verwendet.

Jung, Wiesner und Blumör (1993) führten ähnliche Interviews mit Primarstufenschülerinnen und -schülern durch und teilen die Antworten in vier Kategorien ein, die im Wesentlichen mit denen von Guesne (1984) übereinstimmen.

- *Licht wird gleichgesetzt mit seiner Quelle (Sonne, Lampe, etc.).*
- *Licht ist etwas Hellmachendes.*
- *Licht ist ein System, von der Quelle kommend.*
- *Licht ist Helligkeit.* (Blumör, 1993, S. 44)

In einer schriftlichen Assoziationsbefragung werden Lichtquellen beim Reizwort „Licht“ mit 72,4% am häufigsten genannt, am zweithäufigsten (36,8%) Eigenschaften von Licht. Ein Schüler/eine Schülerin (1,3%) verbindet mit dem Wort „Licht“ Strahlung. Umgekehrt erfolgt beim Reizwort Strahlung die Nennung von Licht mit 17,1% am zweithäufigsten. An erster Stelle (27,6%) werden auch hier Lichtquellen genannt.

Inwieweit das Unterrichtskonzept eine entscheidende Rolle bei den Fortschritten der Schüler/innen spielt untersuchten Ravanis et al. (2013). Kinder im Alter von 6 Jahren, werden in eine soziokognitive und eine empirische Gruppe aufgeteilt. In der soziokognitiven Gruppe erhalten die Lehrpersonen ein spezielles Training für die Lehrsequenz. Der Fokus liegt hierbei auf der Destabilisierung der vorhandenen Präkonzepte und der Einführung des Konzepts, dass sich Licht als eigenständige Entität durch den Raum bewegt. In dieser Gruppe werden die Kinder öfter nach ihren Vorhersagen bezüglich eines Experimentes und ihren Beobachtungen gefragt, sowie zu den Unterschieden zwischen Vorhersage und Beobachtung.

In der empirischen Gruppe entwickeln die Lehrpersonen eine Unterrichtssequenz, welche den Kindern möglichst viele unterschiedliche Gelegenheiten bietet sich mit dem Thema Licht und Lichtausbreitung auseinanderzusetzen. Hierbei werden die wissenschaftlichen Inhalte vermittelt, ohne auf die existierenden Präkonzepte einzugehen.

Den Schwerpunkt der Unterrichtssequenz bilden:

- Die Präsentation verschiedener Lichtquellen und eine Diskussion über das produzierte Licht.
- Das Finden von Stellen im Raum, die durch die Sonne beleuchtet sind.
- Experimentieren mit Licht und transparenten bzw. nicht transparenten Objekten.

Es werden vor den jeweiligen Unterrichtssequenzen ein Test und danach zwei Tests (zwei bzw. vier Monate später), mit jeweils denselben drei Aufgaben durchgeführt:

- In einem sonnigen Raum wird eine Lampe eingeschaltet. Die Kinder sollen mindestens drei Lichtpunkte finden.
- Ein Lichtstrahl wird auf eine vertikale Oberfläche projiziert. Die Kinder werden gefragt wo sich das Licht der Lampe befindet. Falls sich die Antwort nur auf den Lichtpunkt an der Wand bezieht, so wird noch einmal nachgefragt, ob sich auch zwischen der Wand und der Lampe Licht befindet. In dem Raum ist es hell genug um den Lichtstrahl nicht sehen zu können.
- Zwei Kartonwände werden hintereinander aufgestellt. In einem der beiden befindet sich ein Loch. Vor das Loch wird eine Lampe gestellt und die Kinder werden gefragt, ob es Licht zwischen den beiden Wänden gibt. Das Besondere an dieser Aufgabe ist, dass es sich hierbei nicht um eine Alltagssituation handelt und sie somit ein tieferes Verständnis erfordert.

Für ihre Auswertung ordnen Ravanis et al. (2013) die Antworten der Kinder zwei Kategorien zu. Die Kinder erkennen die Existenz von Licht im Raum oder das Licht wird nur dort erkannt, wo sich eine Lichtquelle befindet oder ein Lichtfleck abgebildet wird. Vergleicht man die Antworten der soziokognitiven Gruppe, mit denen der empirischen Gruppe, so wird deutlich, dass Kinder aus der soziokognitiven Gruppe in allen drei Aufgaben häufiger die Existenz von Licht im Raum erkennen. Die Autoren kommen somit zu der Schlussfolgerung, dass es wichtig ist auf die Präkonzepte der Kinder einzugehen und diese zu destabilisieren. Eine wichtige Funktion hat in dem soziokognitiven Ansatz die Lehrperson. Ihr kommt die Aufgabe zu den Gedankengängen der Kinder zu folgen und an entscheidenden Stellen unterstützend einzugreifen.

Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass Schüler/innen nicht mit einer physikalisch korrekten Vorstellung von Licht in den Unterricht kommen. Jedoch können sie mit Hilfe eines geeigneten Unterrichtskonzepts ihre Präkonzepte leichter überwinden.

1.1.3.2 Sehen

Für den Vorgang des Sehens ist die Vorstellung, dass Licht von einem Gegenstand gestreut wird und in unser Auge gelangt, von grundlegender Bedeutung für das Verständnis der Bildentstehung in der Optik.

Guesne (1985) stellt in Interviews fest, dass Schüler/innen Licht sehr oft mit Helligkeit und der Ermöglichung des Sehens assoziieren. Um herauszufinden ob die Kinder davon ausgehen, dass Licht beim Sehen in das Auge gelangt, stellt sie ihnen die Frage nach der Wahrnehmung

eines Räucherstäbchens, also einer primären Lichtquelle und der eines gewöhnlichen Gegenstandes. Die Schüler/innen geben schon beim Räucherstäbchen an, dass kein Licht von ihm ins Auge gelangt, da es zu wenig Licht aussende, oder dass das Licht nicht stark genug sei um einen längeren Weg zurück zu legen. Licht wird also nur als solches wahrgenommen, wenn es einen starken Effekt auslöst. Nach Meinung der interviewten Kinder kann man Gegenstände auch dann sehen, wenn von ihnen kein Licht ins Auge gelangt. In den Erklärungen der Schüler/innen wird dem Auge oft eine aktive Funktion zugeschrieben, es reicht, wenn man den Blick auf den Gegenstand richtet. Eine Verbindung zwischen Auge und Gegenstand wird meist nicht für nötig erachtet.

Jung (1982) versucht den Schülervorstellungen zum Sehen mit der Frage auf den Grund zu gehen, ob man in einem völlig verdunkelten Zimmer ein weißes Blatt Papier, mit einem schwarzen Fleck in der Mitte, sehen könne. Einige Schüler/innen antworten mit „Ja“ und begründen ihre Antwort damit, dass das weiße Blatt Licht speichern würde, sich das Weiß vom schwarzen Hintergrund abhebt oder sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnen. Solche Antworten lassen auf die Alltagserfahrungen der Kinder schließen, in denen absolute Dunkelheit nicht vorkommt, da man auch in der Nacht z.B. aufgrund der Straßenbeleuchtung immer etwas sieht. Doch auch bei den Schülern und Schülerinnen, die mit „Nein“ antworten, kann nicht auf ein physikalisch korrektes Verständnis des Sehvorgangs geschlossen werden. Die Begründungen sind manchmal vieldeutig oder beinhalten einfach nur die Feststellung, dass man in der Dunkelheit nichts sehen kann.

Andersson und Kärrqvist (1983) untersuchten schwedische Schüler/innen im Alter von 12-15 Jahren. Zum Thema „Sehen“ legen sie ihnen ein Bild eines Mädchens, dessen Augen auf ein Buch gerichtet sind, vor. Die Fragestellung ist wie folgt formuliert:

„Lisa and her physics teacher are discussing seeing.

Teacher: Explain how you can see the book.

Lisa: Signals go along nerves between the eyes and the brain.

Teacher: Yes, this happens between the eyes and the brain. But there's some distance between the book and the eyes. Does anything happen between them?

What would you answer? Draw and explain.“ (Andersson & Kärrqvist, 1983, S. 390)

Mit dieser Fragestellung versuchen sie die Antworten auf den physikalischen Sehvorgang zu beschränken. Sie werteten die Ergebnisse nach den unterschiedlichen Schulstufen (6-9) aus und fanden heraus, dass sogar in der 9. Schulstufe, also bei Schülern und Schülerinnen, die

schon Optikunterricht hatten, nur 30% eine physikalisch korrekte Antwort geben. Ihre Beobachtungen decken sich mit denen von Guesne (1984), wonach die Schüler/innen bei verschiedenen Fragen mit unterschiedlichen Vorstellungen argumentieren. Mit einer ähnlichen Fragestellung arbeiteten Ramadas und Driver (1989). Auch hier ist ein Bild eines Schülers/einer Schülerin und eines Buches zu sehen mit der Aufforderung den Sehvorgang in dem Bild einzuzeichnen und darunter schriftlich zu erklären. Sie kommen zu ähnlichen Ergebnissen wie Andersson und Kärqvist; 31% der befragten Schüler/innen beantworten die Frage in dem Sinn, dass Lichtstrahlen von dem Buch ins Auge kommen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass alle Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen kommen. Nicht einmal ein Drittel der Schüler/innen hat nach dem Optikunterricht eine korrekte Vorstellung über den Sehvorgang. Die Ergebnisse stammen aus unterschiedlichen Ländern, somit scheinen diese Vorstellungen unabhängig von der jeweiligen Sprache oder dem Lehrplan zu sein, sondern mit den Erfahrungen der Schüler/innen zusammenzuhängen.

1.1.3.3 Lichtausbreitung

Das Konzept einer geradlinigen Lichtausbreitung stellt eine Voraussetzung für eine richtige Schattenkonstruktion dar. Inwieweit diese Vorstellung bei Schülern und Schülerinnen verbreitet ist wurde bereits mehrfach untersucht, mit unterschiedlichen Ergebnissen. Es gibt Untersuchungen in denen festgestellt wird, dass bereits 7-8-jährige Kinder Aufgaben im Sinne einer geradlinigen Lichtausbreitung lösen und andere Untersuchungen, wo die Autoren zu dem Schluss kommen, dass selbst bei 13-14-jährigen Schülerinnen und Schülern das Konzept einer geradlinigen Lichtausbreitung nicht vorhanden ist. Da die Aufgaben und Fragestellungen der einzelnen Studien unterschiedlich sind, ist es möglich, dass Schüler/innen situationsspezifisch unterschiedliche Konzepte anwenden. In jedem Fall kann davon ausgegangen werden, dass die geradlinige Lichtausbreitung nicht allen Schülerinnen und Schülern bewusst ist und es dadurch zu Schwierigkeiten bei der Schattenkonstruktion und in der Optik allgemein kommen kann (Herdt, 1990).

1.1.3 Schatten

Piaget(1930) geht davon aus, dass Kinder bis zu einem Alter von etwa sechs Jahren den Schatten als etwas von einem Objekt Ausströmendes beschreiben und nicht in der Lage sind die Schattenorientierung richtig vorherzusagen. In weiteren Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass bereits bei Kindern im Kindergartenalter ein differenzierteres Verständnis vorherrscht. Vor allem, wenn die Untersuchung der Schülervorstellungen mit

einem speziellen Unterrichtskonzept einhergeht (vgl. Segal & Cosgrove, (1993); Ravanis et al. (2013)).

Chen (2009) widmet sich dem Verständnis über die Bildung von Schatten, die Schattenorientierung, sowie deren Form und Größe, bei 4- und 5-Jährigen. Dabei verwendet sie, während der Interviews, verschiedene Methoden um die dahinterliegenden Konzepte zu erforschen. Denn oft kann von dem Gesagten alleine nicht auf die dahinter liegenden Konzepte geschlossen werden. Den Kindern werden Bilder gezeigt, auf denen sie den richtigen Schatten erkennen und ihre Wahl begründen sollen. In einem zweiten Interview erhalten sie eine Lichtquelle und ein Objekt, um Schatten in verschiedenen Größen zu produzieren. Den richtigen Zusammenhang zwischen Lichtquelle und Lage des Schattens auf den Bildern, erkennen die meisten Kinder. Ältere Kinder begründen ihre Entscheidung besser. Die Richtung des Schattens vorhersagen gelingt den meisten 5-Jährigen, den 4-Jährigen allerdings kaum. Dass die Schattengröße abhängig von der Objektgröße ist, wissen Kinder beider Altersgruppen. Eine Begründung geben hauptsächlich die 5-Jährigen. Der größte Unterschied ist bei der Aufgabe der Schattenbildung mit einer Taschenlampe und einem Objekt zu finden. 81% der 5-Jährigen sind dazu in der Lage, allerdings nur 38% der 4-Jährigen. Das lässt darauf schließen, dass ein entscheidender Schritt in der Entwicklung der Kinder zwischen dem Alter von vier bis fünf Jahren stattfindet. Doch auch für ältere Kinder ist der Zusammenhang zwischen Schatten → Objekt → Lichtquelle nicht immer klar ersichtlich.

Ravanis, Zacharos und Vellopoulou (2010) stellen 10-Jährigen die Aufgabe, jeweils die Position der Lichtquelle(n) einzuzeichnen (s. Abb. 1). Die Aufgaben 1 und 2 können, mit 78,8% und 73,6%, von sehr vielen Kindern richtig gelöst werden. Wohingegen bei den Aufgaben 3 und 4 nur 15,5% bzw. 10,4% der Kinder, beide Lichtquellen richtig angeben. Über 60% sind der Meinung, dass sich die Lichtquelle in der Mitte, der beiden tatsächlichen Lichtquellen, befindet.

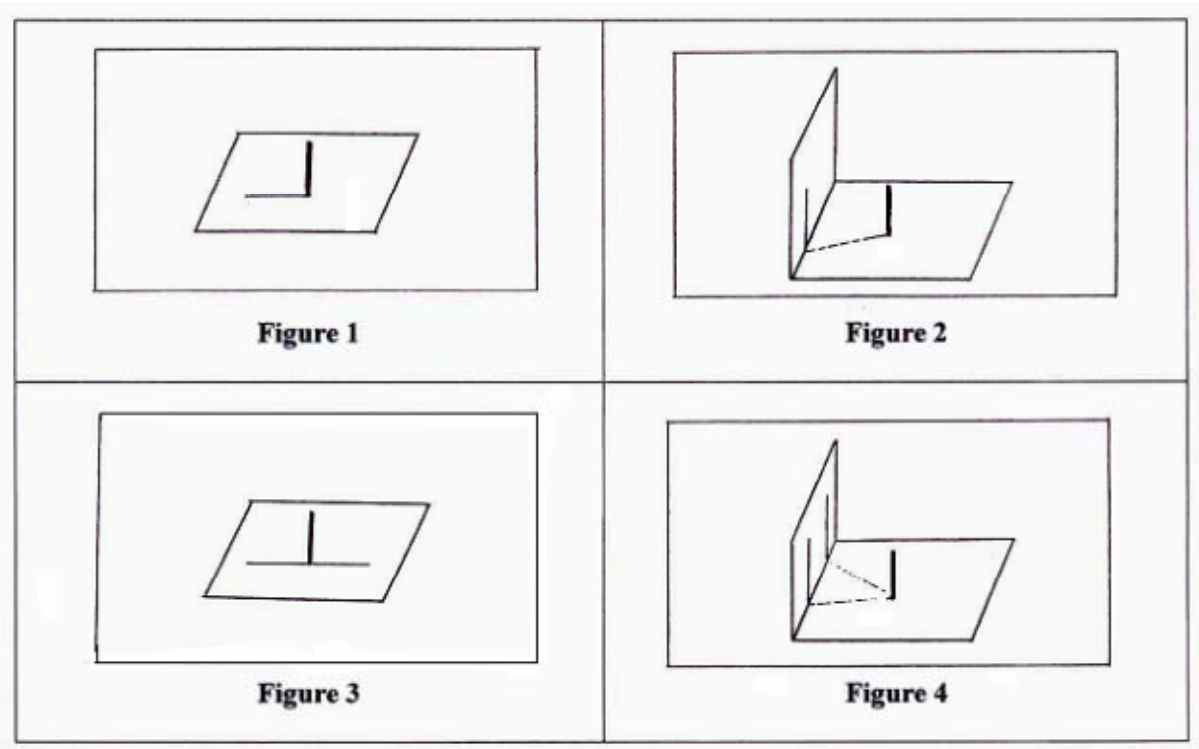


Abbildung 1. Vier Aufgaben zur Schattenbildung (Ravanis, Zacharos, Vellopoulou, 2010, S.3).

Diese Untersuchung wurde an 10-jährigen Kindern im Jahr 1989 und 2009 durchgeführt. Dabei werden keine Unterschiede im Antwortverhalten zwischen den beiden Zeitpunkten festgestellt. Ebenso gibt es keine Unterschiede zwischen Mädchen und Buben.

Es ist naheliegend, dass die Schüler/innen mit den ersten zwei Aufgaben (vgl. figure 1 und 2 in Abbildung 1) aus dem Alltag vertraut sind und deshalb intuitiv richtig antworten, wohingegen die letzten zwei Aufgaben (vgl. figure 3 und 4 in Abbildung 1) im Alltag selten vorkommen und zu deren Lösung ein tieferes Verständnis nötig ist. Segal und Cosgrove (1993) vertreten in ihrer Untersuchung die Ansicht, dass es bei Kindern eine sensible Phase für das Lernen physikalischer Themen gibt. So wie es diese Phasen zum Beispiel für das Erlernen der Sprache gibt. Im Unterschied zu anderen Arbeiten führten sie keine Einzelinterviews durch, sondern Diskussionen in der Peer-Gruppe. Die Kinder besprechen zuerst in Kleingruppen, was sie über Schatten wissen. Ein Kind dieser Gruppe teilt das Wissen der restlichen Klasse mit. Anschließend gehen alle Kinder nach draußen und experimentieren dort mit ihren Schatten. Danach erfolgt eine weitere Diskussion in der Klasse. Ein Woche später wird noch ein Abschlussgespräch durchgeführt. Kinder trauen sich in kleinen Gruppen mit Gleichaltrigen eher ihre Ideen zu äußern, als in einer Interviewsituation mit einem Erwachsenen. Während bei den Diskussionen in der Kleingruppe, die Sonne als wichtiger Faktor für die Entstehung eines Schattens nicht thematisiert wird, kommt es beim Experimentieren im Freien dazu, dass die Sonne hinter

einer Wolke verschwindet und somit auch die Schatten verschwinden. Die Kinder stellen daraufhin den Zusammenhang Sonne – Schatten her. Im Abschlussgespräch äußern die Kinder neue Ideen über Schatten, somit kommen Segal und Cosgrove (1993) zu dem Schluss, dass es sinnvoll ist, die Aufmerksamkeit der Kinder auf die Bildung von Schatten zu lenken, da dadurch ein Nachdenkprozess initiiert wird auf den in weiterer Folge der Physikunterricht aufgebaut werden kann.

Feher und Rice (1988) fragten Kinder im Alter von acht- bis vierzehn Jahren was ein Schatten ist und ob ein Schatten auch im Dunkeln existiert. Die Kinder besuchten mit der Schulklasse ein Science Center wo sie unter anderem mit einer kreuzförmigen Lichtquelle, einer Lochblende und einer kleinen Kugel, welche vor die Lochblende gehalten werden kann, experimentieren. Die Kinder werden nach ihren Vorhersagen bezüglich der Schattenbilder befragt. Zu Beginn werden zwei allgemeine Fragen gestellt. „Was ist ein Schatten?“ und „Gibt es im Dunkeln, wenn kein Licht vorhanden ist, einen Schatten?“ 72% der Kinder antworten auf die Frage, was ein Schatten ist, indem sie erklären wie er gebildet wird (vgl. Tabelle 2). Die Antworten lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

Category	Example	Frequency
A shadow is formed when...		
Light is blocked or deflected	„A shadow is where light cannot go through so it’s darker where light is not.“	27%
	„A shadow ist the darkness that the light can’t reach because you’re blocking it.“	
	„The object blocks out the light so it can’t get through.“	
Light acts on object	„The sun is so hot, it hits you like a beam and the shadow comes off you.“	45%
	„Light shines on you and your shadow goes on the ground.“	
	„When you’re walking, the sun hits you and the shadow hits the ground.“	
	„The sun reflects your shadow on the ground.“	
	„When light hits an object, the object reflects the shadow.“	
A shadow is a(n)...		
Reflection	„It’s a reflection of yourself.“	18%
	„Your reflection on the ground.“	
Image of the object	„It’s your image, like you.“	10%
	„It’s like a picture of yourself with no color.“	

Tabelle 2. "What is a shadow?" Frequency of Occurrence of Various Types of Answers (Feher & Rice, 1988, S. 641).

Der Begriff *reflektieren* wird von den Schülern und Schülerinnen in einem anderen Zusammenhang, als dem physikalisch korrekten, genutzt. In den Antworten findet er sich in den Kategorien „Ein Schatten wird gebildet, wenn Licht auf ein Objekt einwirkt“ und „Ein

Schatten ist eine Reflexion“. In der letztgenannten Kategorie hat das Wort *reflektieren* die Bedeutung eines Abbildes, wohingegen in der Kategorie „*Ein Schatten wird gebildet, wenn Licht auf ein Objekt einwirkt*“ die Aktivität im Vordergrund steht. Bei der Frage ob es im Dunkeln einen Schatten gibt, sind alle Kinder der Meinung, dass man ihn zumindest nicht sehen kann (vgl. Tabelle 3). Die genauen Antworten lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

Category	Example	Frequency
No, because light is necessary to make the shadow		
Light is blocked or deflected	„No, you have to have light to block.“ „No, light shines on you, then it can't get through, so it's dark on the back.“	27%
Light acts on objects	„Well, when light hits the object, the shadow goes off of it. If there's no light to hit an object, there can't be any shadows.“ „No there's no light hitting you. When the sun hits you, the shadow goes on to the ground; it jumps off of you.“ „No, there's no light to make it. When light hits something it creates a darkness that keeps going till it hits something.“	13%
Yes, but I can't see it		
Light acts on object	„Yes, it would be there. When light hits an object, the object reflects the shadow.“ „It's probably on the ground, you need light to go to the object and then go on the wall and make the shadow there.“ „Yes, because a shadow follows you everywhere. It is something that comes off you in the sun because the sun is so hot.“	13%
Light illuminates	„It's always there, your eyes can't see in the dark.“ „It's really there, like the floor is there when it's dark. The wall is dark and the shadow is dark.“ „The shadow is dark and you would already be in a shadow.“ „If there isn't light it's still there. You have to turn on the light to prove it.“	32%
Maybe	„I don't really know, it could be.“	15%

Tabelle 3. "Is there a shadow in the dark, where there is no light?": Frequency of Occurrence of Various Types of Answers and Explanations (Feher & Rice, 1988, S. 642).

Kinder, die der Meinung sind es würde im Dunkeln kein Schatten existieren begründen ihre Aussagen damit, dass Licht vom Objekt blockiert oder reflektiert wird oder dass Licht nötig ist, um den Schatten aus dem Objekt „herauszuholen“. Im Wesentlichen werden hier dieselben Gedanken wiedergegeben wie bei der Frage „Was ist ein Schatten?“. 45% der Kinder sind überzeugt, dass ein Schatten auch im Dunkeln existiert. Einige von ihnen glauben, dass Licht nötig ist um ihn aus dem Objekt herauszuholen. Der Schatten wird quasi

als Eigenschaft des Objekts beschrieben, die grundsätzlich immer vorhanden ist. Dass unsere Augen nicht ausreichend gut sehen können, ist eine weitere Begründung.

Bei der Aussage

„It's really there, like the floor is there when it's dark. The wall is dark and the shadow is dark.“ (Feher & Rice, 1988, S. 642).

kann darauf geschlossen werden, dass der Schatten als etwas Gegenständliches verstanden wird, da er mit dem Fußboden verglichen wird, der im Dunkeln ebenfalls vorhanden ist.

1.2 Cross Age Peer Tutoring

Noch vor 100 Jahren wurden in kleinen Landschulen Schüler/innen zum Unterrichten von gleichaltrigen oder jüngeren Schülern und Schülerinnen herangezogen. Das diente damals vor allem zur Entlastung der Lehrkraft, da zu dieser Zeit oft mehr als 60 Schüler/innen eine Klasse besuchten. In der Reformpädagogik (z.B. in der Montessori-Pädagogik) wird diese Methode nach wie vor eingesetzt, mit dem Ziel die Schüler/innen zu mehr Selbständigkeit zu führen und ihr Wissen durch das Lehren zu vertiefen.

In der Forschung geht man vor allem den Fragen nach, unter welchen Bedingungen Peer und Cross-Age Peer Tutoring gut gelingen, wo die Schwierigkeiten liegen und in welcher Weise Tutoren und Tutees davon profitieren. In Untersuchungen wurde herausgefunden, dass sich Peer und Cross-Age Peer Tutoring positiv auf die schulischen Leistungen von Tutor/in und Tutee auswirken. Ein Aspekt für diese Verbesserung liegt darin, dass sich die Schüler/innen öfter mit dem zu erarbeitenden Stoff auseinandersetzen. Es ist somit sinnvoll das Tutoring über einen längeren Zeitraum und in regelmäßigen Abständen durchzuführen. So wurde herausgefunden, dass bessere Leistungen erzielt werden, wenn das Tutoring vier Stunden pro Woche stattfindet, im Vergleich zu zwei Stunden pro Woche (Cohen, 1986). Allerdings gibt es auch Grenzen was die Korrelation von Häufigkeit des Tutorings und das Erzielen besserer Ergebnisse betrifft. So macht es keinen Unterschied mehr, ob das Tutoring einmal oder zweimal am Tag stattfindet (Devin-Sheehan, Feldman, & Allen, 1976).

Wenn ein Tutoring-Projekt über einen sehr langen Zeitraum durchgeführt wird, oder wenn es überhaupt in den Schulalltag integriert werden soll, ist es wichtig, einerseits in regelmäßigen Abständen zu überprüfen, ob es noch den gewünschten Effekt erzielt, sowie andererseits den Prozess zu strukturieren und sich Feedback von den Schülerinnen und Schülern zu holen (Cohen, 1986). Tutoren/Tutorinnen und Tutees setzen sich nicht nur länger mit dem Stoff auseinander, sondern auch intensiver. Für den Tutor/die Tutorin gilt hierbei, dass er/sie durch das Erklären den Stoff selbst wiederholt und durch Fragen der Tutees angeregt wird

ausgehend von seinem/ihrem Wissen Schlussfolgerungen zu ziehen um Antworten auf Tutee-Fragen geben zu können (Roscoe & Chi, 2008). Galbraith und Winterbottom (2011) kommen in ihrer Untersuchung zu ähnlichen Ergebnissen. Sie stellen fest, dass es für den Tutor/die Tutorin vor allem dann von großem Nutzen ist, wenn er/sie mit seinen/ihren Erklärungen an die Grenzen seines/ihres Wissens stößt und in Folge dessen Erklärungen aus dem vorhandenen Wissen konstruieren muss. Dadurch gelangt er/sie zu einem tieferen Verständnis.

Es kommt dann vor, dass der Tutor/die Tutorin seine/ihre Erklärungen nach deren Richtigkeit selbst hinterfragt und womöglich Ungereimtheiten entdeckt. In Interviews geben die Tutoren und Tutorinnen an, dass es für sie wichtig ist auf Fragen der Tutees antworten zu können und sich nicht aufgrund von Unwissenheit zu blamieren. Diese Aspekte stellen eine große Motivation dar den Stoff gut zu beherrschen und die wesentlichen Konzepte zu verstehen. So erscheint es naheliegend, dass sich die Vorbereitung auf das Tutoring von einer Vorbereitung auf einen Test unterscheidet. Während für einen Test oft auswendig gelernt wird, wird bei der Vorbereitung auf das Tutoring Wert auf das Verständnis der wesentlichen Grundkonzepte gelegt. Ein weiterer Punkt in der Vorbereitung ist die Vereinfachung des Stoffgebiets, sodass es von den Tutees verstanden werden kann. Dadurch erleben Schüler/innen die Herausforderungen und Schwierigkeiten des Lehrens (Galbraith & Winterbottom, 2011).

Was die Motivation sich mit dem Stoffgebiet eingehender zu beschäftigen betrifft, hält Cohen (1986) außerdem fest, dass es für die Schüler/innen interessanter ist, sich das Wissen vor dem Hintergrund des Lehrens anzueignen, als es alleine für sich zu lernen. Ein weiterer Punkt ist die soziale Komponente des Tutorings. Der Tutor/die Tutorin gelangt in die Rolle des Lehrenden und nimmt so eine wichtige Funktion wahr.

Wenn man das Tutoring auf der Beziehungsebene betrachtet so gibt es klare Unterschiede zwischen Tutor/in – Tutee und Lehrer/in – Schüler/in. Das Verhältnis zwischen Tutor/in und Tutee kann als freundschaftlich bezeichnet werden. Die Erklärungen können für den/die Tutee besser verständlich sein, da beide dieselbe Peer-Sprache sprechen. Der Tutor/die Tutorin kann Verständnisschwierigkeiten besser nachvollziehen, da es bei ihm/ihr selbst noch nicht so lange zurückliegt als er/sie den Stoff gelernt hat und vielleicht dieselben Schwierigkeiten hatte wie sein/ihr Tutee. Zwischen Tutor/in und Tutee kann sich eine richtige Freundschaft entwickeln. Das ist umso wahrscheinlicher, wenn beide etwa gleich alt sind. Allerdings ist das Problem bei Peer Tutoring im Vergleich zum Cross-Age Peer Tutoring, dass es zu einer Hierarchie unter den Schülern und Schülerinnen kommt und dadurch Selbstwertprobleme

entstehen können. Dieses Problem gibt es bei Cross-Age Peer Tutoring nicht, da Schüler/innen eher bereit sind sich etwas von Älteren erklären zu lassen, als von Gleichaltrigen (Cohen, 1986). Die meisten Tutoren und Tutorinnen betrachten sich nicht als Lehrer/innen und gehen davon aus nicht dieselbe Autorität zu besitzen (Galbraith & Winterbottom, 2011). Die Tutoren und Tutorinnen in Fogartys und Wangs (1982) Untersuchung wurden vor und nach dem Tutoring gefragt, ob sie Lehrer/in werden möchten. Alle verneinten, obwohl sie dem Tutoring gegenüber positiv eingestellt waren und mit demselben/derselben Tutee weiter arbeiten wollten. Ein weiterer Punkt in dem sich Tutoring von normalem Unterricht unterscheidet ist die Anzahl der Schüler/innen (Tutees) pro Lehrer/in (Tutor/in). Meist ist es ein oder eine Tutee pro Tutor/in. Diese Konstellation bringt einen größeren Lernerfolg als ein Tutor/eine Tutorin mit mehreren Tutees, Kleingruppenunterricht oder das alleine Lernen (Cohen, 1986). Durch diese Individualisierung nehmen Tutees eine aktive Rolle ein. Sie fordern den Tutor/die Tutorin auf, ihre Arbeit zu kontrollieren oder etwas zu erklären (Fogarty & Wang, 1982). Es ist sinnvoll Tutoren und Tutorinnen auf ihre Tätigkeit vorzubereiten, sodass sie den Lernprozess der Tutees positiv unterstützen und nicht zu Drohungen greifen oder zu viel Druck ausüben (Cohen, 1986). Hilfreich ist es in diesem Zusammenhang den Tutoren und Tutorinnen genaue Fragestellungen zu geben, mit deren Hilfe sie einerseits das Verständnis ihrer Tutees überprüfen können und andererseits um ja-nein-Antworten zu vermeiden (Galbraith & Winterbottom, 2011).

Zinn (2009) führte eine Untersuchung über die Änderung des situationalen Interesses der Schüler/innen am Physikunterricht durch den Einsatz des Unterrichtskonzepts „Lernen durch Lehren“, durch. Diese Methode ist durch Jean-Pol Martin folgendermaßen definiert:

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

Beim Interesse unterscheidet man zwischen individuellem und situationalem Interesse. Individuelles Interesse bedeutet, dass man z.B. an einem bestimmten Fach wie Physik generell interessiert ist. Unter situationalem Interesse versteht man hingegen, wenn jemand grundsätzlich nicht an Physik interessiert ist, aber an einem gewissen Aspekt des Unterrichts oder an einem bestimmten Thema. Aus einem situationalen Interesse kann sich ein individuelles Interesse an einem Fach entwickeln. Jedoch erstreckt sich dieser Prozess über einen längeren Zeitraum, weshalb sich Zinn in seiner Untersuchung auf das situationale

Interesse beschränkt. Durch den Einsatz der Methode „Lernen durch Lehren“ konnte er einen Anstieg des situationalen Interesses im Vergleich zu herkömmlichem Physikunterricht feststellen. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass praktische Aspekte der Physik wie z.B. Naturphänomene behandelt werden. Weiter bewerten die Schüler/innen das selbständige Arbeiten, das durch diese Methode ermöglicht wird, als positiv. Die Befunde, dass sich die Schüler/innen aufgrund des Lehrens intensiver mit dem Stoff auseinandersetzen, decken sich mit denen von Roscoe & Chi (2008), Galbraith & Winterbottom (2011), Cohen (1986) und Fogarty & Wang (1982). Mädchen sind am Physikunterricht oft weniger interessiert als Buben. Durch ein Unterrichtskonzept bei dem Schüler/innen in die Rolle von Lehrenden schlüpfen treten pädagogische Aspekte in den Vordergrund, wodurch bei Mädchen das situationale Interesse steigt (Zinn, 2009). Was den Einfluss der Geschlechterkonstellation im Tutoring-Prozess betrifft kommen Fogarty und Wang (1982) zu dem Ergebnis, dass der/die Tutee öfter die Gesprächsinitiative ergreift wenn Tutor/in und Tutee das gleiche Geschlecht haben. Im Gegensatz dazu antworten Tutees öfter auf Fragen des Tutors/der Tutorin in gegengeschlechtlichen Konstellationen.

Neben den vielen positiven Aspekten und Vorteilen des Peer und Cross-Age Peer Tutorings können auch Schwierigkeiten auftreten. Zum Beispiel wenn der Tutor/die Tutorin den Stoff selbst nicht gut genug beherrscht oder er im sozialen Umgang mit dem/der Tutee Defizite aufweist (z.B. fehlende Empathie). Cohen (1986) vertritt die Ansicht, dass sich die Tutorinnen und Tutoren fehlende Kompetenzen aneignen können und es deshalb kein Grund ist, auf den Einsatz von Schülerinnen und Schülern mit schlechteren schulischen Leistungen als Tutoren und Tutorinnen zu verzichten. Gerade bei leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern kann sich so ein Erfolgserlebnis einstellen und dann in Folge auch die Motivation steigen.

2. Ziele und Forschungsfragen

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden wie verschiedene Faktoren die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses innerhalb des Projekts Cross Age Peer Tutoring beeinflussen. Es wurden drei mögliche Faktoren identifiziert, welche innerhalb der Forschungsfragen untersucht werden.

F1: Welchen Einfluss haben Persönlichkeitsmerkmale der Schüler/innen auf das verständnisvolle Physiklernen?

H1.1: Eine realistische Einschätzung der eigenen Kompetenzen wirkt sich günstig auf das konzeptuelle Verständnis aus.

H1.2: Das im Schulalltag antrainierte Auswendiglernen behindert die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses.

F2: Welchen Einfluss hat der Tutor/die Tutorin auf den Lernprozess der Tutees?

H2.1: Da Tutoren und Tutorinnen nicht dieselbe Autorität wie Lehrer/innen haben kommunizieren sie mit den Tutees auf derselben Ebene und verwenden auch dieselbe Peersprach. Das führt dazu, dass die Begriffe und Erklärungen vom Tutor/von der Tutorin übernommen.

F3: Welchen Einfluss hat das Mentoring auf die Lernaktivitäten und den Lernprozess aller Beteiligten?

H3.1: Eine aktive Beteiligung der Schüler/innen beim Mentoring unterstützt die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses.

3. Forschungsdesign

Um die vorliegenden Forschungsfragen zu beantworten wurde ein qualitativer Zugang gewählt. Ab den 1970er-Jahren kam es zu einer Wende in der Sozialforschung. Davor galten hauptsächlich quantitativ erfassbare Daten als wissenschaftlich erstrebenswert. Wenn man nur mit quantitativen Daten arbeitet kann es dazu kommen, dass man sich von dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand immer weiter weg bewegt und falsche Kausalitäten herstellt. Diese Scheinkorrelationen können mit Hilfe qualitativer Ansätze, im konkreten Fall mit Einzelfallanalysen, aufgedeckt werden. Außerdem kann das Betrachten von Einzelfällen dazu dienen aufgestellte Theorien zu überprüfen und gegebenenfalls zu widerlegen. Ein weiteres Charakteristikum qualitativer Forschung ist, dass sich der Forscher in die natürliche Umgebung seines Forschungsgegenstandes begibt. Um mögliche Verzerrungen aufgrund einer Laborumgebung auszuschalten. Die genaue Beschreibung des Forschungsgegenstandes, sowie die Interpretation sind ebenfalls Eigenschaften qualitativer Forschung. Die Bedeutungen von Aussagen müssen immer auch interpretiert werden. Was die Verallgemeinerung der Ergebnisse betrifft, so muss diese gut begründet sein, da aufgrund einer kleinen Anzahl von untersuchten Personen nicht auf die Gesamtheit geschlossen werden kann (Mayring, 2002). Trotz dieser starken Offenheit im Vergleich zu quantitativen Methoden ist qualitative Forschung ebenfalls theoriegeleitet. Beispiele dafür sind unter anderem die Frage nach den konkreten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen. Über den Bereich des Forschungsgegenstandes gibt es ebenfalls theoretisches Wissen, welches man sich aneignen sollte bevor man mit seiner eigenen Forschung beginnt (Flick, 2007).

3.1 Rahmenbedingungen

3.1.1 Das Projekt „Cross Age Peer Tutoring in Physics“

Die vorliegende Arbeit entstand im Zuge des Forschungsprojekts Cross Age Peer Tutoring der Universität Wien. Bei diesem Projekt arbeiteten ältere Schüler/innen als Tutoren und Tutorinnen mit jüngeren Schülern und Schülerinnen oder Kindergartenkindern zu Themen im Bereich der Elektrizitätslehre und der Optik. Schüler/innen, welche als Tutoren und Tutorinnen fungierten, erhielten vor dem Tutoring ein Mentoring durch Wissenschaftler/innen und/oder Student/innen der Universität Wien. Bei diesem Mentoring ging es um die wesentlichen Grundkonzepte des behandelten Stoffgebiets, um die Vorstellungen ihrer Tutees aufzudecken und darauf aufbauend deren konzeptuelles Verständnis zu verändern. Es war ebenfalls vorgesehen, dass Tutees nach ihrem Tutoring und Mentoring in die Rolle von

Tutoren und Tutorinnen schlüpfen. Die hierbei stattgefundenen Lernprozesse wurden innerhalb mehrerer Diplomarbeiten und einer Dissertation untersucht.

An diesem Projekt waren insgesamt vier Schulen in Wien und Niederösterreich, sowie zwei Kindergärten, beteiligt. Die Untersuchung der vorliegenden Arbeit fand in der Neuen Mittelschule im Sacre Coeur Pressbaum statt. Hierbei handelt es sich um eine katholische Privatschule. Die beteiligte Kindergartengruppe gehörte ebenfalls zum Sacre Coeur Pressbaum.

3.1.2 Themenbereich: Licht und Schatten

In der vorliegenden Arbeit beschäftigten sich die Schüler/innen innerhalb der Optik zu dem Thema „Licht und Schatten“.

Die Sender-Empfänger-Vorstellung des Sehvorgangs bildet die Basis für den weiteren Optikunterricht. Licht wird von einem Gegenstand reflektiert und gestreut, gelangt in unser Auge auf die Netzhaut wo es als reelles Bild wahrgenommen wird. Ohne Licht, also bei absoluter Dunkelheit, kann man infolge dessen nichts sehen. Die Vorstellung, dass Objekte, welche keine direkten Lichtquellen sind, Licht abstrahlen, bereitet Schülern und Schülerinnen meist große Schwierigkeiten. Der Schatten ist aus physikalischer Sicht die Abwesenheit von Licht, bzw. ein Lichtmangel. Das Licht ist somit essentiell für die Entstehung eines Schattens. Durch ein Objekt wird das Licht an seiner Ausbreitung gehindert, es entsteht ein Schatten. Da die Lichtausbreitung geradlinig erfolgt liegen Lichtquelle, Gegenstand und Schatten auf einer Linie. Aufgrund dieser Tatsache lässt sich auch die Schattengröße verändern. Rücken Lichtquelle und Gegenstand näher zusammen so wird der Schatten größer. Bei größerem Abstand wird der Schatten kleiner. Wird ein Objekt von mehreren Lichtquellen beleuchtet, so entstehen auch mehrere, der Anzahl an Lichtquellen entsprechende, Schatten. Innerhalb des Schattens unterscheidet man dann den Kernschatten und den Halbschatten. Der Kernschatten ist der Bereich wo von keiner der vorhandenen Lichtquellen Licht hin gelangt. Der Halbschatten wird von mindestens einer Lichtquelle beleuchtet, wodurch er etwas heller ist als der Kernschatten. Wobei es hierbei auch auf die Stärken der verwendeten Lichtquellen ankommt.

3.1.3 Auswahl der Schüler/innen

Die Schüler/innen besuchten die 3. und 4. Klasse der Neuen Mittelschule. Die Auswahl der Schüler/innen führte die Physiklehrerin der beiden Klassen durch. Die Vorgaben waren

jeweils zwei leistungsstarke Schülerinnen, zwei leistungsstarke Schüler sowie jeweils zwei leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler auszuwählen.

Bei den Kindergartenkindern wurde keine Auswahl durchgeführt. Sie setzten sich an einen freien Platz zu einem Tutor/einer Tutorin.

Charakterisierung	4A	3A
gute Schülerinnen	T ₁ , T ₃	t ₁ , t ₃
gute Schüler	T ₂ , T ₄	t ₂ , t ₄
schwache Schülerinnen	T ₅ , T ₇	t ₅ , t ₇
schwache Schüler	T ₆ , T ₈	t ₆ , t ₈

Tabelle 4. Einteilung der Schüler/innen.

Als Untersuchungsdesign wurde die Einzelfallanalyse gewählt. Die Vorteile von Einzelfallanalysen sind, dass man mit ihrer Hilfe relevante Einflussfaktoren und Zusammenhänge aufdecken kann. Mayring (2002) fasst das Vorgehen bei Einzelfallanalysen in fünf Punkten zusammen:

- Fragestellung
- Falldefinition
- Methoden – Sammlung des Materials
- Aufbereitung des Materials
- Einordnung in einen größeren Zusammenhang

Die Einzelfallanalyse darf nicht als eine bestimmte Erhebungstechnik verstanden werden, stattdessen ist sie ein Forschungsansatz, der viele Dimensionen umfasst und über einen ausgedehnten Zeitraum stattfindet. Da man sich bei Fallanalysen meist mit wenigen Individuen beschäftigt erfolgt eine intensivere Auseinandersetzung, wodurch man sehr vielschichtiges und umfangreiches Material erhält. Es geht darum den Fall in seiner ganzen Komplexität zu erfassen und zu beschreiben. So können typische Vorgänge sichtbar gemacht und Hypothesen aufgestellt werden. Diese Hypothesen können den Ausgangspunkt einer quantitativen Untersuchung darstellen. Einzelfallanalysen können aber auch am Ende einer quantitativen Untersuchung stattfinden um die Ergebnisse nochmals zu verdeutlichen. Innerhalb der Einzelfallanalyse kann mit verschiedenen Methoden gearbeitet werden. Beispiele hierfür sind das Interview oder die teilnehmende Beobachtung. Aufgrund der Anwendung verschiedener Methoden können Unstimmigkeiten sichtbar gemacht und erkannt werden. So kann es vorkommen, dass bei einem Interview der Interviewer/die Interviewerin Einfluss auf das Antwortverhalten hat oder es werden sozial erwünschte Antworten gegeben.

Durch eine zusätzliche Beobachtung der Fallobjekte in ihrer Alltagswelt können solche Antworten herausgefiltert werden (Lamnek, 2010).

3.2 Datenerhebung

In der vorliegenden Untersuchung bekamen die Schüler/innen der 4A ein Mentoring von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen der Universität Wien. Im Anschluss daran erfolgte das Tutoring mit der 3A. Die Schüler/innen der 3A erhielten danach ebenfalls ein Mentoring und fungierten im Anschluss als Tutoren und Tutorinnen für Kindergartenkinder (**Error! Reference source not found.**).

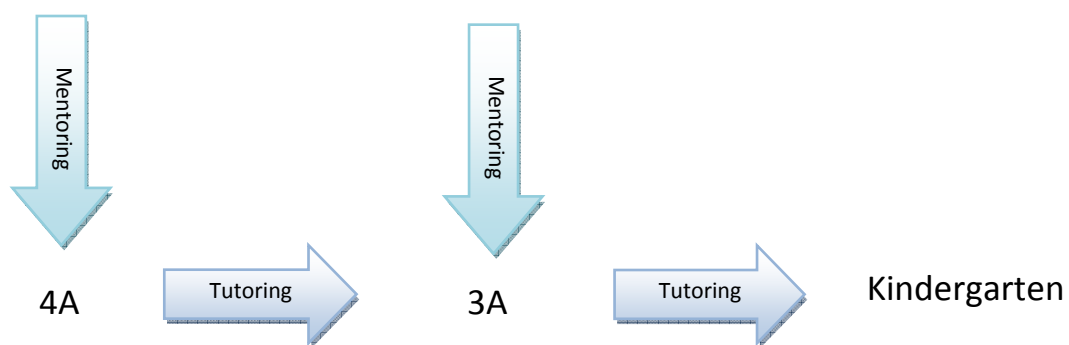


Abbildung 2. Überblick über die Interventionen.

Insgesamt wurden jeweils vom Tutoring und Mentoring an vier Zeitpunkten Videos aufgenommen. Interviews wurden an fünf Zeitpunkten, ausschließlich mit Schülern und Schülerinnen der 3A, durchgeführt. Die Interviews fanden jeweils vor und nach den Mentorings und Tutorings statt. Die genaue Reihenfolge ist in der Abbildung 3 ersichtlich.

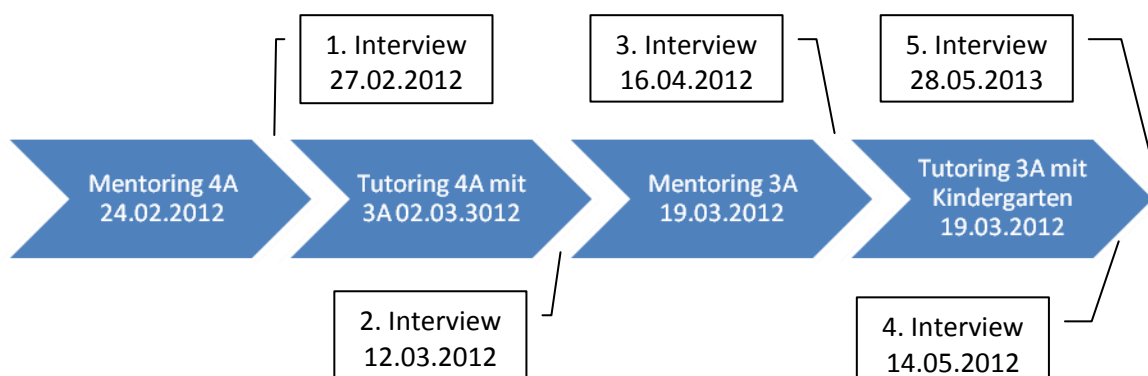


Abbildung 3. Timeline.

Für die videographierten Einheiten war folgende Schüler/innenkonstellation vorgesehen (Tabelle 5):

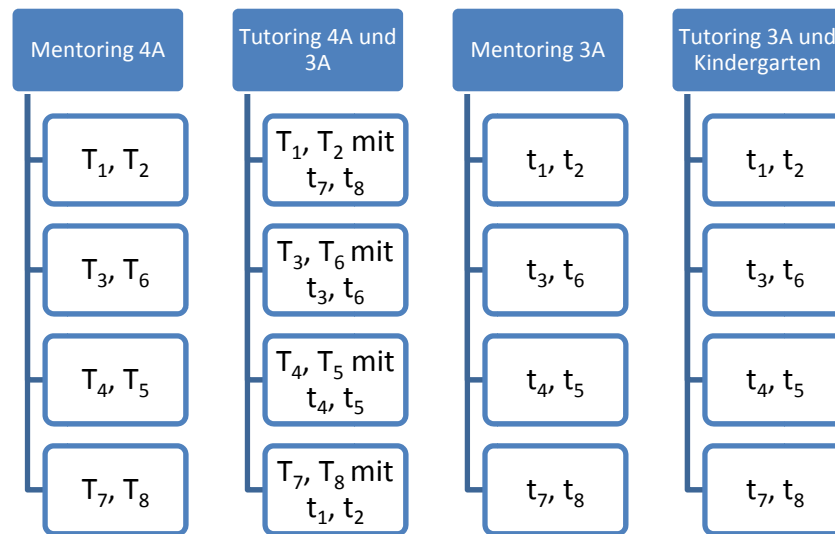


Tabelle 5. Vorgesehene Konstellation der Schüler/innen.

Es wurde mit vier Kameras in jeder Unterrichtseinheit gefilmt. Während des Tutorings war vorgesehen, dass jeweils ein Tutor/eine Tutorin mit einem/einer Tutee arbeitet. Bei dem Tutoring der 4A mit der 3A arbeiteten allerdings nur T₂ mit t₈ und T₁ mit t₇ jeweils einzeln. Die anderen Gruppen arbeiteten zu viert. Bei dem Tutoring der 3A mit dem Kindergarten hingegen arbeitete jeder Schüler und jede Schülerin, mit genau einem Kind. Aufgrund des Fehlens einzelner Schüler/innen ergab sich eine leicht geänderte Konstellation (vgl. Tabelle 6). Die fehlenden Schüler/innen wurden durch andere aus der jeweiligen Klasse ersetzt, welche allerdings nicht Teil dieser Untersuchung waren.

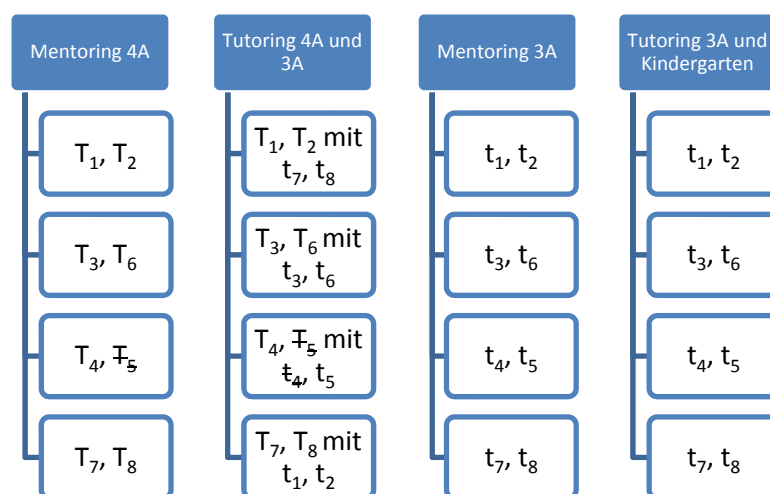


Tabelle 6. Tatsächliche Konstellation der Schüler/innen.

Während des Tutorings und Mentorings wurden von den Schülern und Schülerinnen vorgegebene Aufgaben bearbeitet. Im Tutoring war jede Aufgabe auf einer eigenen Karte, auf der Rückseite befanden sich die Lösungen. Im Mentoring erhielten die Schüler/innen dieselben Aufgaben, auf einem Zettel zusammengestellt, allerdings ohne die Lösungen. Den Einstieg bildete die Frage: „Wie funktioniert das Sehen?“ (Abbildung 4). Das Konzept, das damit erarbeitet werden soll, ist dass das Licht von einem Objekt gestreut und reflektiert wird und danach in das Auge gelangt.

Wie funktioniert das Sehen?



Abbildung 4. Wie funktioniert das Sehen?

Die Aufgaben 1 bis 4 haben die geradlinige Lichtausbreitung zum Thema. In der Aufgabe 1 (**Error! Reference source not found.**) soll der richtige Schatten ausgewählt werden, in Aufgabe 2 (**Error! Reference source not found.**) die richtige Lampe, die den dargestellten Schatten erzeugt. Die Schüler/innen erhielten bei der Bearbeitung der Fragen zusätzlich Material zum Experimentieren (Lampe, Figuren, Kartonwand) und konnten so die abgebildeten Szenen nachstellen. Sie sollten zu der Erkenntnis kommen, dass Lichtquelle – Gegenstand – Schatten immer auf einer geraden Linie liegen.

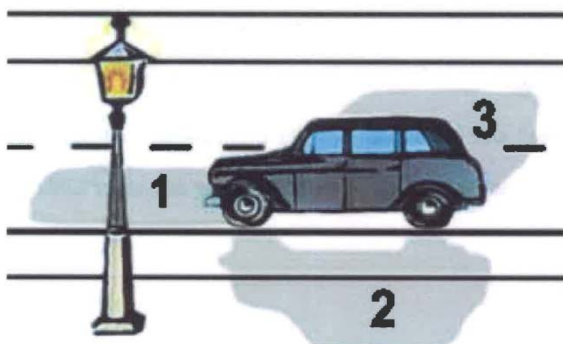


Abbildung 5. Aufgabe 1: "Welcher Schatten ist der richtige?"

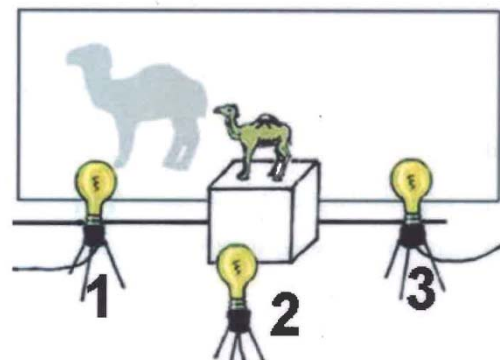


Abbildung 6. Aufgabe 2: "Welche Lampe erzeugt den Schatten?"

Aufgabe 3

Schau auf die Zeichnung. Was hat der Zeichner nicht gewusst?
Zeichne den Schatten richtig ein!

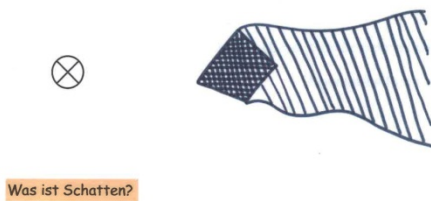


Abbildung 7. Aufgabe 3: "Welliger Schatten".



Abbildung 8. Aufgabe 4: "Welches Auge kann die Kerze sehen?"

In Aufgabe 3 (Abbildung 7) ist ein welliger Schatten zu sehen, welcher aufgrund der geradlinigen Lichtausbreitung nicht möglich ist. Die Schüler/innen sollen mit Hilfe eines Lineals den Schatten, von der Lichtquelle weg, richtig einzeichnen. Zusätzlich befindet sich die Frage: „Was ist Schatten?“ auf der Karte. Die Tutoren und Tutorinnen sollten dadurch mit ihren Tutees ins Gespräch kommen und die Antwort auf die Frage gemeinsam erarbeiten.

In Aufgabe 4 (Abbildung 8) wird wieder mit der geradlinigen Lichtausbreitung argumentiert. Jenes Auge, zu welchem eine gerade Verbindung, ohne Hindernis zur Kerzenflamme, besteht kann die Kerze sehen. In den anschließenden Aufgaben (Abbildung 9 und Abbildung 10) geht es um die Eigenschaften des Schattens. Ein Schatten kann nicht übermalt werden und ist im Normalfall nicht bunt. Der Schatten befindet sich immer auf der nicht beleuchteten Seite eines Objekts.

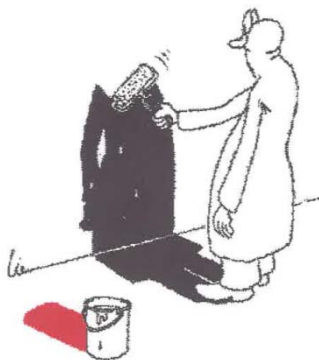


Abbildung 9. Aufgabe 5 Teil 1 "Eigenschaften des Schattens".



Abbildung 10. Aufgabe 5 Teil 2 "Eigenschaften des Schattens".



Abbildung 11. Aufgabe 6 "Position der Lichtquelle".



Abbildung 12. Aufgabe 7 "Positionen der Lichtquellen".

In den Aufgaben 6 (Abbildung 11) und 7 (Abbildung 12) sollen die Positionen der Lichtquellen eingezeichnet werden. Bei Aufgabe 7 entstehen aufgrund von 2 Lichtquellen Kernschatten und Halbschatten.

Aufgabe 8 besteht aus folgender Fragestellung:

Kann man die Größe eines Schattens verändern?

- *Nimm eine kleine und eine große Figur*
- *Stelle sie so, dass die kleine Figur den größeren Schatten macht!*

Kann man die Form des Schattens verändern?

Hier sind die Schüler/innen dazu aufgefordert mit den Lampen und Figuren zu experimentieren.

3.2.1 Video

Die Videographie bietet die Möglichkeit neben den auditiven auch die visuellen Informationen festzuhalten und zu analysieren. Dabei sollte man sich im Vorfeld überlegen, ob für die jeweilige Untersuchung Filmmaterial überhaupt notwendig ist, da der Einsatz von Kameras einen starken Einfluss auf die Probandinnen und Probanden ausübt. Vor allem zu Beginn der Aufnahmen kommt es zu einer Interaktion zwischen den videographierten Personen und den Kameras. Dabei kann die Tatsache gefilmt zu werden verschiedene Reaktionen auslösen. Manche werden die Kameras als Bewertungs- und Kontrollinstrument wahrnehmen und in ihrem Verhalten eher gehemmt sein. Andere empfinden die Kamera als eine Form von Publikum und werden sich besonders in Szene setzen und wieder andere werden die Kamera völlig ignorieren. Obwohl es somit zu einer Veränderung des Verhaltens kommen kann, und im Allgemeinen unerwünscht ist, kann diese Veränderung selbst Gegenstand einer Analyse sein. In der erziehungswissenschaftlichen Forschung mit Videos können drei Ansätze unterschieden werden:

- Die Filmanalyse
- Die videogestützte Unterrichtsqualitätsforschung
- Die erziehungswissenschaftliche Videographie

Bei der Filmanalyse liegt der Fokus auf dem Inhalt des Films und darauf wie er vermittelt wird. Die analysierten Filme müssen nicht unbedingt professionell gedreht worden sein, auch Filme von Laien können unter diesen Gesichtspunkten betrachtet werden. In der videogestützten Unterrichtsforschung wird nach Zusammenhängen gesucht zwischen Merkmalen der Lehr-Lern-Interaktion und dem Lernen, wobei hier ein quantitativer Zugang gewählt wird. Die so gewonnenen Daten werden dazu verwendet um Hypothesen zu überprüfen. Bei der erziehungswissenschaftlichen Videographie geht es darum, die Interaktionsmuster der beteiligten Personen und die dahinter liegende Logik ihres Handelns herauszuarbeiten. Das videographierte Material soll so in seiner ganzen Komplexität erfasst werden (Dinkelaker & Herrle, 2009).

Für die vorliegende Arbeit wurde der Ansatz der erziehungswissenschaftlichen Videographie verwendet, da sich damit die vorliegenden Forschungsfragen am besten beantworten lassen. Die Videos wurden anschließend transkribiert.

3.2.1 Mentoring 4A

Eine Woche vor dem Mentoring fand ein Treffen mit der Physiklehrerin der Klasse statt. Bei diesem Treffen wurde die Auswahl der Schüler/innen für die vorliegende Arbeit durchgeführt. Das Mentoring wurde von einer, am Forschungsprojekt beteiligten, Kollegin geleitet. Die Autorin, sowie ein weiterer Kollege und die Physiklehrerin waren ebenfalls anwesend und halfen beim Austeilen des Materials und dem Aufstellen der Kameras. Außerdem standen sie für Fragen der Schüler/innen zur Verfügung, in der Phase, in der diese alleine oder zu zweit arbeiteten. Beim Mentoring fehlte T_5 , weshalb nur die Aktivitäten von T_4 videografiert wurden.

Diese Einheit fand im Klassenraum der 4A statt und dauerte 60 Minuten. Davon bearbeiteten die Schüler/innen 16 Minuten lang alleine oder zu zweit an einem Arbeitsblatt zum Thema Licht und Schatten. Zusätzlich bekamen sie jeweils eine kleine Taschenlampe, verschiedene Gegenstände (Legofiguren) und eine weiße Kunststoffwand im A4-Format zum Experimentieren. In dieser Zeit wurde das Licht teilweise ausgeschaltet und der Raum verdunkelt, sodass ein gutes Experimentieren ermöglicht wurde. Im Anschluss daran erfolgte das Vergleichen der Ergebnisse und Erläuterungen zum bevorstehenden Tutoring mit der dritten Klasse.

3.2.1.2 Tutoring der 4A mit der 3A

Das Tutoring der 4A mit der 3A fand im Klassenraum der 4A und in einem angrenzenden Raum statt. Die Tische wurden paarweise aufgestellt, sodass jeweils vier Schüler/innen Platz hatten. Die Schüler/innen der 4A setzten sich an die für sie zugeteilten Plätze, anschließend kamen die Schüler/innen der 3A. Sie wurden von der Autorin und einer Kollegin den Tutoren und Tutorinnen zugeteilt. Während des Tutorings waren außer den Schülern und Schülerinnen noch die Autorin, eine Kollegin, sowie ein Lehrer und eine Lehrerin, allerdings nicht die Physiklehrerin, anwesend.

Die Gruppe mit den Schülern und Schülerinnen T_1 , T_2 , t_7 und t_8 arbeitete hauptsächlich zu zweit. Wobei T_1 mit t_7 und T_2 mit t_8 ein Paar bildeten. In den übrigen Gruppen arbeiteten die Schüler/innen zu viert. Aufgrund der Abwesenheit von T_5 und t_4 arbeitete dort der Tutor T_4 mit insgesamt drei Tutees, wobei nur eine davon zu den ausgewählten Schülern und Schülerinnen, für diese Arbeit, gehörte. Die Schüler/innen erhielten dasselbe Material zum Experimentieren wie beim Tutoring und zehn Karten mit Fragen und Aufgaben zu den Themen „Licht und Schatten“ und „Wie funktioniert das Sehen?“. Die Lösungen zu den Aufgaben befanden sich jeweils auf den Rückseiten der Karten.

Was den zeitlichen Rahmen betrifft, so war das Tutoring für eine Unterrichtseinheit vorgesehen. Durch den organisatorischen Aufwand (Tische aufstellen, Schüler/innen aufteilen) ergab sich eine Arbeitszeit von 35 Minuten. Es wurden vier Gruppen videografiert (vgl. Tabelle 6), wobei es sich als schwierig herausstellte die Kameras, aufgrund der räumlichen Gegebenheiten, geeignet zu positionieren. Wegen des Lärmpegels, der durch die Gruppenarbeit entstand, und der relativ kleinen Räume, war es teilweise schwierig die videographierten Schüler/innen zu verstehen. Bei der Gruppe mit dem Schüler T₄ und der Schülerin t₅ hörte man teilweise mehr von Schülern und Schülerinnen die an Tischen daneben saßen. In der Gruppe mit den Schülern und Schülerinnen T₁, T₂, t₇ und t₈ wurde für die Aufzeichnung noch zusätzlich ein Diktiergerät verwendet.

3.2.1.3 Mentoring 3A

Das Mentoring der 3A lief im Wesentlichen gleich ab, wie das Mentoring der 4A. Es fand im Klassenraum der 3A statt. Die Schüler/innen bekamen ein Arbeitsblatt und Material zum Experimentieren. Das Mentoring dauerte insgesamt 65 Minuten, wobei die Schüler/innen davon 25 Minuten alleine arbeiten konnten. Die Einheit wurde von 2 Kolleginnen geleitet, die Physiklehrerin und die Autorin waren ebenfalls anwesend. Acht Schüler/innen wurden videographiert. Bei der Gruppe t₇ und t₈ wurde noch zusätzlich ein Diktiergerät zur Aufnahme verwendet.

3.2.1.4 Tutoring der 3A mit dem Kindergarten

Für das Tutoring der 3A mit dem Kindergarten standen 2 Räume zur Verfügung. Alle videographierten Schüler/innen befanden sich in demselben Raum. Die Positionen der Tische und der Kameras, sowie die Zuordnung der Schüler/innen zu den einzelnen Plätzen wurden vor dem Tutoring vorbereitet. Da eine Einschränkung der beforschten Schüler/innen erfolgte, wurden die Schüler/innen t₅, t₇ und t₈ jeweils einzeln mit ihrem/ihrer Tutee videographiert. Die Schüler/innen t₁ und t₂ wurden mit ihren Tutees als 4er-Gruppe aufgenommen, wobei sie jeweils alleine mit ihrem zugewiesenen Kindergartenkind arbeiteten.

3.2.2 Problemzentriertes Interview

Die Durchführung eines problemzentrierten Interviews bietet den Vorteil gezielt das zu erfragen, was für die Untersuchung von Interesse ist. Durch das Aufzeichnen des Interviews wird das Gesagte festgehalten und kann eingehend analysiert und interpretiert werden. Im Gegensatz zu einem narrativen Interview geht der Forscher mit einer dahinter stehenden wissenschaftlichen Theorie an das Ganze heran (Mayring, 2002). Bei einem

problemzentrierten Interview orientiert man sich an einen zuvor erstellten Interviewleitfaden. Helfferich (2011) führt dafür sechs Kriterien an, die ein Leitfaden erfüllen soll:

- Der Interviewleitfaden muss nach den Grundprinzipien der qualitativen Forschung entwickelt sein und Offenheit zulassen.
- Die Konzentration auf wenige Fragen, wodurch längere Erzählungen ermöglicht werden.
- Durch formale Übersichtlichkeit und gute Handhabbarkeit soll die Aufmerksamkeit der Person, die das Interview durchführt, bei der interviewten Person bleiben.
- Die Fragen sollen so zusammengestellt werden, dass sie einem „natürlichen“ Erinnerungs- und Argumentationsfluss folgen. Plötzliche Themenwechsel sollen vermieden werden. Fragen die zu einem längeren Erzählen auffordern sollen am Anfang gestellt werden, solche mit eher kurzen Antworten am Ende.
- Die Fragen sollen nicht abgelesen werden. Am Ende des Interviews kann man nachsehen, ob man auch nichts vergessen hat.
- Ein Leitfaden muss auch spontane Erzählungen und ein darauf Eingehen ermöglichen.

Bei einem problemzentrierten Interview ist also darauf zu achten es so offen wie möglich zu halten. Es gibt bei dieser Interviewform keine vorgefertigten Antworten zum Auswählen. Der oder die Befragte soll von sich aus erzählen was er oder sie als wichtig empfindet. Das erfordert von dem Interviewer, der Interviewerin, die Fähigkeiten gut Zuhören zu können, sich selbst zurückzuhalten und offen zu sein für Neues, also eine gewisse Passivität. Gleichzeitig soll eine Atmosphäre geschaffen werden, die die Befragten zum Erzählen veranlasst. Durch Paraphrasieren der Antworten kann der/die Interviewer/in noch einmal rückfragen wie das Gesagte gemeint war. Der/die Interviewte hat die Möglichkeit die Antwort zu vertiefen oder zu präzisieren. Die Datenaufzeichnung erfolgt meist mit einem Diktiergerät. In manchen Fällen wird sogar ein Video erstellt. Der Vorteil des videographierten Materials ist, dass auch die Gestik und Mimik festgehalten werden. Allerdings bringt das mit sich, dass die Auswertung umfangreicher und komplizierter wird. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass die Aufzeichnung von Interviews zu einer Hemmung des Erzählflusses bei den interviewten Personen führen kann. Auf jeden Fall sollte man vorher um Einverständnis für die Aufzeichnung fragen und zusichern, dass die erhobenen Daten anonymisiert behandelt werden. In den meisten Fällen verschwinden etwaige Hemmungen nach kurzer Zeit und es wird nicht mehr bewusst wahrgenommen, dass das Interview aufgezeichnet wird. Um das zu erreichen ist es ebenfalls hilfreich wenn das Interview in einer Umgebung stattfindet, die der

interviewten Person vertraut ist, wie zum Beispiel die eigene Wohnung, ein Kaffeehaus oder, wie bei der vorliegenden Arbeit, die Schule (Lamnek, 2010).

Im Folgenden werden die fünf durchgeführten Interviews beschrieben. Alle Interviews fanden am Vormittag, während der Unterrichtszeit, im Sacre Coeur in Pressbaum statt. Bis auf das zweite und letzte Interview fanden alle in einem separaten, gemütlich eingerichteten Raum, gegenüber des Klassenzimmers statt. Die Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die Schüler/innen wurden über den Zweck der Aufzeichnung informiert und es wurde ihre Erlaubnis für die Aufzeichnung eingeholt. Die jeweiligen Interviewleitfäden inklusive der dazugehörigen Abbildungen befinden sich im Anhang.

Erstes Interview

Insgesamt wurden vier Schüler und vier Schülerinnen einzeln interviewt. Am Beginn wurde kurz das Projekt erklärt, sowie der weitere Ablauf. Als Einstiegsfrage wurde nach dem Interesse für das Fach Physik gefragt. Sowie was den Schülern und Schülerinnen daran gefällt und was nicht. Diese Frage sollte einerseits dazu dienen die Atmosphäre angenehmer zu gestalten und andererseits von dem angegebenen Interesse auf die Motivation der Schüler/innen zu schließen. Die restlichen Interviewfragen bezogen sich unter anderem auf das Licht und dessen Eigenschaften. Die Schüler/innen sollten erklären was Licht ist und wie es sich bewegt. Danach folgten Fragen und Aufgaben, zu denen Bilder gezeigt wurden. Teilweise wurden dieselben Abbildungen wie für das Mentoring und Tutoring verwendet. Hierbei ging es um die Eigenschaften eines Schattens, die geradlinige Lichtausbreitung und die Definition eines Schattens. Dieses erste Interview sollte dazu dienen die Schüler/innen kennenzulernen, sowie ihre Motivation und ihr Vorwissen zu erheben.

Zweites Interview

Zum Zeitpunkt der Durchführung des zweiten Interviews befanden sich die Schüler/innen in einem Informatiksaal im Gebädetrakt des Gymnasiums. Die Interviews wurden in einem angrenzenden Informatiksaal durchgeführt, in dem vorne einige Schüler/innen arbeiteten. Da der Schüler t_4 während des Tutorings fehlte und sich die Interviewfragen hauptsächlich darauf bezogen, wurden an diesem Termin nur sieben Schüler/innen interviewt. Zu Beginn wurden Fragen gestellt die sich auf das Tutoring mit der 4A und im speziellen auf ihre/n jeweilige/n Tutor/in bezogen. Danach wurde nach den Erwartungen an das Tutoring mit dem Kindergarten gefragt. Den Abschluss bildeten wieder fachliche Fragen zum Thema „Licht und Schatten“. Die Fragen wie das Sehen funktioniert und was ein Schatten ist wurden wieder

gestellt um herauszufinden ob sich die Antworten verändert hatten. Diese beiden Fragen wurden bei jedem der fünf Interviews gestellt. Ebenso wurde nach verschiedenen Eigenschaften des Schattens gefragt, welche im Tutoring thematisiert wurden.

Drittes Interview

An diesem Interview nahmen wieder alle acht Schüler/innen teil. In dem Interviewleitfaden wurden Fragen, die sich aufgrund des videographierten Mentorings ergaben, individuell eingearbeitet. Die ersten Fragen hatten das Mentoring und die Einschätzung ihres jetzigen Wissensstandes zum Thema. Bei den fachlichen Fragen wurden solche gestellt, welche den Schülern und Schülerinnen während des Mentorings noch Schwierigkeiten bereiteten.

Viertes Interview

Da sich zu diesem Zeitpunkt schon herausstellte, dass die Arbeit zwei Einzelfallanalysen behandeln wird, wurden nur noch die Schüler/innen t_5 und t_8 interviewt. Im ersten Teil des Interviews wurde nach dem Tutoring mit den Kindergartenkindern gefragt und ob sie sich in der Rolle eines Lehrers, einer Lehrerin, gefühlt hatten. Der zweite Teil behandelte wieder die fachlichen Fragen, welche die Schüler/innen beim letzten Interview noch nicht lösen konnten.

Fünftes Interview

Das letzte Interview fand ein Jahr nach dem Projekt statt und bot so die Möglichkeit zu überprüfen, ob ein langfristiges konzeptuelles Verständnis aufgebaut wurde. Für die Interviews stand diesmal kein separater Raum zur Verfügung. Sie wurden in einer Nische am Gang, während der Unterrichtszeit, durchgeführt.

3.3 Datenauswertung

Die Auswertung der Interview- und Videotranskripte basiert auf der qualitativen Inhaltsanalyse. Bei der qualitativen Inhaltsanalyse wird Material analysiert, welches in schriftlicher Form vorliegt und aus Kommunikationsprozessen stammt. Wobei es sich bei dem Gegenstand der Analyse nicht nur um die verbalisierten Äußerungen handelt. Ebenso mit einfließen können die Gestik und Mimik, sowie die Handlungen der jeweiligen Personen.

Die Häufigkeitsanalyse zählte früher zu den dominanten Verfahren in der Inhaltsanalyse. Hier wird zum Beispiel gezählt wie oft ein bestimmtes Wort von der untersuchten Person während eines Interviews verwendet wird. Solche Auswertungen sind bei einer qualitativen Inhaltsanalyse nicht ausgeschlossen, jedoch bilden sie nicht deren Hauptbestandteil. Vielmehr geht es darum den einzelnen Menschen in seiner gesamten Komplexität zu erfassen und zu beschreiben. Aufgrund des daraus resultierenden Umfangs an Datenmaterial und den erheblichen Arbeitsaufwand, können jeweils nur wenige Personen untersucht werden, was auch zu einem Kritikpunkt an der qualitativen Inhaltsanalyse führt; nämlich, dass die daraus gewonnenen Erkenntnisse sich nur auf Einzelfälle beziehen und nicht verallgemeinert werden können. Jedoch beansprucht die qualitative Inhaltsanalyse gar nicht ihre Ergebnisse verallgemeinern zu können, sondern sie beschreibt eine Typisierung der Personen. Dabei können Durchschnittstypen oder aufgrund bestimmter Eigenschaften besonders interessante Fälle beschrieben werden.

Die qualitative Inhaltsanalyse wird immer auf den jeweiligen Untersuchungsgegenstand angepasst. Ein wichtiger Bestandteil ist die Bildung von Kategorien in welche die Aussagen von Personen eingeordnet werden. Dadurch ergibt sich auch eine Verdichtung des Materials und die Aussagen verschiedener Personen können so gut miteinander verglichen werden. Oft reichen die ausgesprochenen Worte alleine nicht aus um den Sinn dahinter zu verstehen oder ein Wort kann je nach dem soziokulturellen Hintergrund der interviewten Person eine andere Bedeutung haben. Hier kommt dann die Interpretation ins Spiel. Die wahre Bedeutung eines Satzes wird durch Interpretation erschlossen. Hier setzt auch schon der nächste Kritikpunkt an: die Interpretation führe zu einer Beliebigkeit bei der Auswertung und sei deshalb nicht wissenschaftlich genug. Dem kann man entgegenhalten, dass bei einem Projekt eine Gruppe an Forschern und Forscherinnen arbeitet, die Interpretation somit nicht von einer einzigen Person geleistet wird und Besprechungen unter den Forschern und Forscherinnen stattfinden. Außerdem ist davon auszugehen, dass auch verschiedene Personen, aufgrund ihrer ähnlichen

Sozialisation, bei der Interpretation zu ähnlichen Ergebnissen kommen werden (Lamnek, 2010).

Um dennoch ein systematisches Vorgehen zu gewährleisten schlägt Mayring (2010) folgende neun Schritte vor:

1. *Festlegung des Materials*
2. *Analyse der Entstehungssituation*
3. *Formale Charakteristika des Materials*
4. *Richtung der Analyse*
5. *Theoretische Differenzierung der Fragestellung*
6. *Festlegung der Analysetechnik*
7. *Definition der Analyseeinheiten*
8. *Durchführung der Analyse*
9. *Zusammenstellung der Ergebnisse und Interpretation*

In den ersten drei Schritten geht es darum, das Material genau zu beschreiben. Die Punkte vier und fünf behandeln die Festlegung der Forschungsfrage. In den Schritten sechs bis neun geht es um die Analyse an sich.

Mayring (2010) beschreibt bei der Durchführung der Analyse drei Verfahren:

1. *Zusammenfassung*
2. *Explikation*
3. *Strukturierung*

Die Zusammenfassung dient der Verdichtung des Ausgangsmaterials um im Anschluss besser damit weiterarbeiten zu können. Bei der Explikation werden unverständliche Passagen mit Hilfe von Zusatzmaterial ausführlicher beschrieben. Dazu zählen weitere Textpassagen aus Interviews und Videos oder Hintergrundinformationen über die Personen. Bei der Strukturierung wird das Material zunächst anhand der definierten Kategorien durchgearbeitet. Die wichtigen Textstellen werden mit einer Markierung versehen und anschließend je nach gewählter Art der Strukturierung aufbereitet.

Für die vorliegende Arbeit wurde die inhaltliche Strukturierung gewählt. Inhalte wurden aus den Interview- und Videotranskripten herausgesucht und den vorher definierten Kategorien zugeordnet. Als letzter Punkt erfolgt die Interpretation der Ergebnisse, wodurch die Forschungsfragen beantwortet werden sollen.

4. Ergebnisse

4.1 Charakterisierung der Schülerin t_5 und des Schülers t_8

Der Schüler t_8 und die Schülerin t_5 wurden von der Physiklehrerin als leistungsschwache Schüler/innen eingestuft. Beide erhielten ein Tutoring von einem als leistungsstark eingestuften Schüler. Trotz derselben Voraussetzungen entwickelten sich die beiden, was ihr konzeptuelles Verständnis betrifft, sehr unterschiedlich.

Für die Charakterisierung wurden folgende Kategorien gewählt:

Interesse	Fachliches Interesse
	Interesse am Tutoring Projekt
Einschätzungen	Einschätzung der eigenen Fähigkeiten
	Einschätzung der Qualität des erhaltenen Tutorings
Lern- und Arbeitsverhalten	

Tabelle 7. Kategorien zur Charakterisierung der Schüler/innen

Außerdem wurde das Vorwissen der beiden während des ersten Interviews erhoben. In den folgenden Tabellen sind die Aussagen und Handlungen der Schülerin t_5 und des Schülers t_8 den Kategorien zugeordnet. Bei Aussagen, wo nicht klar ersichtlich ist auf was Bezug genommen wurde, sind die dazugehörigen Fragen in kursiv vorangestellt. Besonders markante Stellen sind fett hervorgehoben.

4.1.1 Schülerin t₅

Interesse, Einschätzung und Lern- und Arbeitsverhalten

Kategorie	Beispiel	Quelle
Interesse fachliches Interesse	„Also, es ist nicht mein Lieblingsfach, aber, ja, ich mag's eigentlich schon... weil es geht ja, Physik ist ja alles sozusagen und es interessiert mich schon halt; wie solche Sachen halt entstehen.“ „Also, was mir nicht daran gefällt; wenn's zum Beispiel irgendwelche langweiligen Themen macht, bin ich halt nicht so interessiert daran. Also, wenn mich etwas nicht so interessiert, ja dann bin ich halt nicht so offen für das alles.“	1. Interview
Interesse am Tutoring-Projekt	<i>Freust du dich schon auf die Stunde mit dem Kindergartenkind?</i> „Ja, schon total, weil ich mag das auch so mit Kindern.“ „Ja, das find ich noch cooler mit den kleinen Kindern und man ihnen was zeigt, das find ich schon cool.“ „Ich fand's cool irgendwie, dass wir es Kindern so erklären konnten.“	2. Interview 4. Interview
Einschätzung der Schülerin eigene Fähigkeiten	<i>Gibt es noch Bereiche wo du unsicher bist?</i> „Also wenn wir's so erklären müssen, wie er uns gesagt hat, dann glaub ich nicht. Weil das alles haben wir wirklich sehr gut verstanden, weil er es auch so oft uns nochmal und nochmal erklärt hat. Ich glaub das wird schon gut gehen. Wir haben es uns auch noch gemerkt und wir wussten es ja auch noch besser. Und wenn's so wird gibt's da glaub ich keine großen Schwierigkeiten.“ „... also den Kindern so erklärt haben hat man's automatisch irgendwie besser verstehen müssen um es jemand andern zu erklären und somit hat man es auch besser verstanden als wenn's ein Lehrer sagen würde.“	2. Interview 5. Interview
Qualität des erhaltenen Tutorings	„Ja, ich würd's halt so in der Form auch erklären, so dass es Kindergartenkinder verstehen halt. Ja schon, weil er hat's uns auch sehr einfach und so erklärt. So dass es auch die Dümmersten jetzt verstehen.“	2. Interview
Lern- und Arbeitsverhalten	„Also, er wusste eh alles. Er hat's uns gut erklärt.“ „Ja, ich glaub da muss man mit den Kindern erst mal schauen, was die, also was denken sie was da richtig ist, oder wie denken sie dass man das macht und die Kinder das auszuprobieren lassen.“	3. Interview

	„Und ich glaub dann, also es ist nicht so wie wenn's zum Beispiel mit uns und der 4. Die Kindergartenkinder verstehen vielleicht ein paar Sachen nicht. Also man muss mit ihnen anders umgehen als wenn man es, keine Ahnung, mit einem 12-jährigen zu tun hat (lacht).“ „Bei solchen Arbeiten ist es viel leichter sich solche Sachen zu merken, als zum Beispiel wenn wir es nur mit der Frau Eigner gemacht hätten. So und sie so, ich mein dann hätten wir schon zugehört und es auch verstanden und so. Aber da wir das jetzt so intensiv gemacht haben und das ist schon cool, weil dass wir das auch den kleinen Kindern und da haben es wir ja schon auswendig gelernt und wissen jetzt eh schon fast alles darüber. Ich find das viel cooler so zu lernen und dann auch den andern, weil man weiß dann, man hat dem jetzt was gezeigt und dann, ja, so ist das halt (lacht).“ „Die Frage vergess ich immer, aber wirklich immer.“ „Was ist eigentlich ein Schatten?“ t₄: „Ich kreuzl einfach an.“ t₅: „Mm, langsam.“ legt kurz die Hand auf den Arm von t₄ t₄: „Ok, können wir jetzt anfangen? Ich kreuz mal an.“ t₅: „He warte, was willst du ankreuzen?“ t₄: „Kreisen, ich will kreisen.“ t₅: „Ja gut, aber wir müssen das schon besprechen.“ t₅ überlegt wie sie bei Frage 7 den Schatten einzeichnet.“ t₅: „Das ist das mit den beiden Lichtquellen.“ legt das Lineal an, beginnt zu zeichnen, überlegt wieder. t₅ spielt mit zwei Lampen und einer Figur. t₄: „Er hat zwei Schatten, er hat zwei Schatten.“ t₅ sieht zu und fragt: „Kann er auch vier Schatten haben?“ t₄: „Ja, kann er. Hab ich schon mal gehabt. Im Stadion beim Fußballspielen.“ t₅: „Ach scheiße, ... bei der Frage und ich hab gesagt nein.“ t₄: „Oja, geht. Ist ja wurscht, mach ma weiter.“ t₅: „Ich versteh das nicht.“ sie bezieht sich auf die Frage 7, wo zwei Lichtquellen einzuzichnen sind. t₄: „Warum? Wir müssen da den Strich machen und da den Strich.“ legt das Lineal an die jeweils äußersten Schattenränder. t₅ will den Schatten von der mittleren Linie aus zeichnen. Sie überlegt. t₄: „Nein, falsch, da da!“ Er schiebt das Lineal von t₅ an die äußerste Schattenlinie. Beide zeichnen die Positionen der beiden Lichtquellen falsch ein. t₄ klemmt sich jeweils eine Lampe hinter ein Ohr und leuchtet damit auf die Figur von t₅.	4. Interview Tutoring der 4A mit der 3A Mentoring
--	--	--

	t₅: „Wir werden aufgenommen.“ t₅ beschwert sich, dass sie alles alleine machen muss. t₄: „Ja denk, dafür seid ihr Mädchen da.“ t₅: „Komm jetzt, bitte.“ t₅ zeigt auf und wird dran genommen: „Der Schatten kann nicht wellig sein. Er muss genauso sein wie der Gegenstand.“ Bei Frage 6 und 7 zeigen beide auf; andere Schüler/innen werden dran genommen. Als die Frage 7 besprochen wird merken sie, dass sie es falsch gezeichnet haben. t₄: „Oh, ups.“ t₅ grinst, radiert aus und zeichnet es neu. Bei der Frage wie das Sehen funktioniert zeigt t₅ wieder auf. t₅: „Aj, ja genau! Das das, äh, das hat mir der Marcel gezeigt, weil er hat dann, ähm, von oben das Licht, also, wie er mit der kleinen Taschenlampe draufgeleuchtet hat, da gab's auch vier Schatten, genau. Das hab ich dann verstanden, da hab ich eh daran gedacht, ah das war das mit den Fußballern! (lacht)“ t₅: „Ok, also, wie heißt du denn?“ K.: „Berent.“ t₅: „Ok, weißt du denn irgendwas über den Schatten? Oder so über das Licht? Weißt du denn was ein Licht ist?“ K.: „Ja.“ t₅: „Ja, ok, ähm, naja, zum Beispiel, ich hab hier ne Frage, also wie könnten wir denn, wie funktioniert das Sehen? Zum Beispiel, wenn du einen Vorschlag hättest.“ K.: „Ohne keine Augen könnt ma nichts sehen.“ t₅: „Ja genau, das ist richtig und könnten wir denn zum Beispiel ohne Licht sehen?“ K.: „Hm, nein?“ t₅: „Weil dann wärs ja ganz dunkel, oder?“ K.: „Ja, zu dunkel.“ t₅: „Ja, genau, dann könnte man ja gar nicht ein Buch lesen oder sowas. Deshalb bräuchte man immer Licht.“ K.: „Zum Beispiel wie Lampen oder Laternen.“ t₅: „Genau, ok super, da ist meine zweite Frage. Das sind jetzt 3 Schatten, das ist eine Lampe und weißt du vielleicht welcher Schatten da richtig ist?“ t₅: „Kannst du mir auch erklären warum der richtig ist?“	3. Interview Tutoring der 3A mit dem Kindergarten
--	--	---

	t₅: „Ach so, naja, das könnte zwar auch stimmen, aber ich glaub die 3 ist richtig, weil wir können das gern mal ausprobieren.“ (stellt Karton auf und Figur davor) also, wir können ein Auto nehmen. Warte mal, das Buch, so und jetzt kannst du selber aufs Auto strahlen, das ist da vorne. (gibt K2 Lampe) so und wo ist jetzt der Schatten? Ist er da vorne oder da hinten? Siehst du ihn? Oder sollen wir ein bisschen die Rollo runter machen? K: „Ich sehs.“ t₅ gibt das Rollo runter. t₅: „Ja, aber kann der Schatten da unten auf einmal einen Kopf haben, obwohl der Kopf da oben ist? Nein, oder? Das geht doch gar nicht.“ t₅: „Ja, genau und da zum Beispiel, mit welchem da kann man dann zur Kerze schauen? Mit welchem Auge? Weil da da, kann man bei A da durch schauen? Nein, weil da ist ja die Wand.“ t₅: „Nein, ich glaub auch nicht.“ t₅: „Ok, gut, na dann, jetzt hab ich eine Frage an dich. Kann man ähm die Größe eines Schattens verändern? Das kannst du gleich mal ausprobieren.“ t₅: „Ja, zum Beispiel wenn du jetzt dieses Maxerl da hast, kann er jetzt ein Haus werden? Nein, oder?“	
--	---	--

Tabelle 8. Kategorienzuordnung der Schülerin t₅.

Vorwissen

Kategorie	Aussage
Definition von Licht	„Ähm, naja, was helles, also mit Licht können wir alles sehen, wenn es kein Licht geben würde dann wär die ganze Erde dunkel. Es kommt ja auch so vom Sonnensystem, oder so, halt, denk ich zumindestens (lacht) und ja.“
Sehvorgang	„Das Licht strahlt da hin und dann kann man es da da sehen.“
Definition des Schattens	„Naja, so eine zweite Sicht von einem Gegenstand, zum Beispiel, also wenn ich zum Beispiel, jetzt, ähm, Licht dorthin scheinen würde, einen Schatten, dann gibt's ja so, ich sag jetzt nicht ein zweites Ich, aber so, so ein Bild von mir, halt ja, wie ich so ausschauen könnte. Groß, klein, dick, dünn.“
Schattenentstehung	„Ähm, äh, jetzt muss ich nachdenken (lacht). Ich glaub eh wenn so Licht auf einem geschieht (sic!) wird, oder, so zum Beispiel auch wenn, bei der Sonne und wenn wir da zum Beispiel irgendwo auf der Straße oder am Gehsteig, dann sieht man da, wenn die Sonne auf einen strahlt, da sieht man ja gleich daneben den Schatten, zum Beispiel. Ich denk mir wenn Licht auf dich kommt wird man einen Schatten sehen.“
Kann ein Objekt mehrere Schatten haben? (Bsp. Fußballspieler)	„Nein, ich glaub nicht, ich denk mal nicht. Weil ich weiß nur, dass so, wie ich das jetzt gesehen hab, dass es immer nur einen Schatten gibt.“

Tabelle 9. Vorwissen der Schülerin t₅.

Nach den Angaben der Schülerin bestand ein situationales Interesse am Unterrichtsfach Physik. Manche Themen fand sie interessant, wobei nicht weiter ausgeführt wurde um welche Themen es sich handelte. Das Interesse an dem Projekt konnte bei ihr als groß eingestuft werden. In den Interviews sprach sie mehrmals sehr positiv über die Unterrichtseinheit mit dem Kindergartenkind und über das Tutoring mit der vierten Klasse. Die Qualität des erhaltenen Tutorings wurde von der Schülerin als gut eingeschätzt. Ihr Tutor wusste *alles*, ging auf Fragen ein und erklärte es einfach. Nach ihren Angaben übernahm sie die Erklärungen des Tutors für die Einheit mit dem Kindergartenkind. Was ihre eigenen fachlichen Fähigkeiten betraf, so schätzte sie sich selbst als gut ein; Sie gab an alles verstanden zu haben. Im selben Interview, als es um die fachlichen Fragen ging, kamen allerdings große Wissenslücken zum Vorschein. Dass man den Stoff besser beherrschen muss, wenn man ihn jemand anderen erklären soll, war der Schülerin bewusst und wurde auch explizit von ihr erwähnt.

Für die Schülerin erfolgte die Erarbeitung der fachlichen Inhalte hauptsächlich über das Auswendiglernen der gestellten Aufgaben und Fragen. Bei ihr unbekannten Fragestellungen versuchte sie nicht ihr bisheriges Wissen anzuwenden und so zu einer Lösung zu kommen, sondern sagte unmittelbar, dass sie die Antwort nicht wisse. Während des Mentorings legte sie Wert darauf die Fragen gemeinsam mit ihrem Sitznachbarn zu bearbeiten, darüber zu reden und nicht bloß schnell die richtigen Antworten anzukreuzen. Beim Vergleichen der Antworten zeigte sie ein paarmal auf. Als ihr Sitznachbar herumalberte wies sie ihn darauf hin, dass sie gefilmt werden. Sie war sich dessen also auch noch nach längerer Zeit bewusst. Während des Tutorings und Mentorings stellte sie Fragen an Peers, die sich auf den Stoff bezogen und im Zuge der Interviews an sie gestellt wurden. Im Mentoring fragte sie beispielsweise ihren Sitznachbarn ob ein Gegenstand auch vier Schatten haben kann, als er mit einer Figur und zwei Lampen zwei Schatten erzeugte. Während des davor geführten Interviews war sie noch der Überzeugung, dass das nicht möglich sei. Ihr Sitznachbar bejahte die Frage, daraufhin schien es ihr peinlich zu sein beim Interview die falsche Antwort gegeben zu haben. Sie ging allerdings nicht der Ursache für mehrere Schatten nach. Auch in den folgenden Interviews wusste sie darauf keine Antwort. Bezüglich der Arbeit mit dem Kindergartenkind gab sie an, dass es wichtig sei zu fragen, was die Kinder denken und sie viel experimentieren zu lassen; was sie dann während des Tutorings auch teilweise machte. Bei den Fragen, die sie dem Kind stellte, nahm sie oft schon die Antworten vorweg ohne dem Kind genügend Zeit zum Nachdenken zu geben. Sie bemühte sich zu dem Kind sehr nett zu sein. Als das Kind eine falsche Antwort gab sagte sie nicht dass es falsch sei sondern, dass

das auch stimmen könne, aber sie glaube dass eine andere Antwort richtig sei. Zur Überprüfung baute sie einen Versuch auf und ließ das Kind selbst ausprobieren welcher Schatten der richtige sei.

Physikalisches Vorwissen war in dem Bereich „Licht und Schatten“ bei der Schülerin kaum vorhanden. Ihre Antworten entsprachen einem intuitiven Wissen aus Alltagserfahrungen. Sie gab an, dass Licht benötigt werde damit ein Schatten entsteht. Auf welcher Seite sich ein Schatten befindet, wenn ein Objekt bestrahlt wird, wusste sie nicht. Da sich die Schüler/innen während des letzten Interviews bereits in der vierten Klasse befanden wurde die Frage gestellt welche Schule sie danach besuchen werden. Die Schülerin gab an in eine Handelsschule zu wechseln.

4.1.2 Schüler t₈

Interesse, Einschätzung und Lern- und Arbeitsverhalten

Kategorie	Beispiel	Quelle
Interesse fachliches Interesse	Frage nach dem Unterrichtsfach Physik: „Naja, es ist cool, aber ich könnte mir was besseres vorstellen.“ <i>Was gefällt dir daran?</i> „Ja, wenn wir Versuche machen.“ <i>Was gefällt dir nicht?</i> „Hm, wenn wir was Neues lernen halt so, da erklärt uns Frau Eigner halt neue Sachen und so.“	1. Interview
Interesse am Tutoring-Projekt	„Das Tutoring hat Spaß gemacht.“ <i>Freust du dich schon auf die Arbeit mit dem Kindergartenkind?</i> „Ja, sehr!“	2. Interview
Einschätzung des Schülers eigene Fähigkeiten	<i>Glaubst du, dass du es gut erklären wirst?</i> „Ja.“ <i>Gibst es noch Bereiche wo du unsicher bist?</i> „Eher nicht.“	2. Interview
Qualität des Tutorings	<i>Hast du durch das Tutoring etwas dazu gelernt?</i> „Mm, eher nicht so. Wir haben eigentlich nur die Fragen gemacht, die wir hier auch gemacht haben.“ <i>Glaubst du haben sich deine Tutoren mit dem Thema gut ausgekannt?</i> „Ja.“ <i>Haben sie es gut erklärt?</i> „Ja, eigentlich schon.“ <i>Und haben sie das Ganze auch ernst genommen? Also ihre Rolle als Lehrer?</i> „Mmm, eher weniger.“ <i>Habt ihr da lange dazu gearbeitet oder wurden die Fragen eher schnell durchgenommen?</i> „Wir haben eher länger daran gearbeitet.“	2. Interview

Lern- und Arbeitsverhalten	„Ja, naja, zum Großteil würd ich schon erklären so wie er es mir auch erklärt hat, eher das gleiche und genau so eigentlich.“ <i>Ist diese Erklärung für dich logisch oder ist es eine Erklärung die ...</i> „Ja, geht so.“ <i>...oder ist es etwas, dass du erzählst, weil es dir eben so gesagt wurde?</i> „Ja.“ Welcher Schatten ist der Richtig? Aufgabe 1. t₈ weiß die Antwort, T₂ zeigt es noch im Experiment. t₈ schaut interessiert zu und probiert aus. T₂: „Und jetzt, das ist dann der Kernschatten. Wenn zwei Lampen sind...“ t₈ Experimentiert mit einer Figur und der Lampe. Er leuchtet von oben und schiebt die Figur mit dem Karton weiter. t₈: „Das ist die Straßenlaterne und wenn der Mensch geht dann verändert sich der Schatten...“ Beide verwenden bunte Folien und leuchten durch. t₈: „Und haben wir alles?“ T₂ schaut auf seinen Zettel nach. T₂ nimmt Lineal, legt es an die Linien an und legt einen Legostein dort hin wo die Lampe stehen sollte. t₈: „Was tust du?!“ T₂: „Ich geb die Lampe hin.“ t₈ nimmt ihm das Lineal aus der Hand und kontrolliert. t₈: „Richtig! Super!“ T₂ legt weiter das Lineal an. t₈: „Wie geht das?“ legt eine Karte hin. „Wie geht das?“ nächste Karte usw. t₈: „Also, wenn das die Laterne ist und hier ist das Licht. Also wohin geht der Schatten.“ Er hat die Situation mit einem Spielzeugauto und einer Lampe aufgebaut und leuchtet hin. T₂ antwortet, t₈ sieht auf der Rückseite nach. t₈: „Wir sind schon fertig. Wir haben alles.“ L: sie sollen aufschreiben was sich die Tutees vorgestellt haben und ob sich etwas verändert hat. T₂: „Ja, ok. Wie ist es dir gegangen?“ t₈: „Gut.“ T₂: „Hast du etwas dazugelernt?“ t₈: „Das musst du wissen.“ T₂: „Was hast du getan, damit es sich verbessert?“ t₈: „Dir zugehört.“	3. Interview Tutoring der 4A mit der 3A
----------------------------	--	---

	t₈: „Was brauchst du?“ t₇: „Was ist der Schatten? Was sollen wir da ungefähr hin schreiben?“ t₈: „Oh mein Gott, ok. Was ist der Schatten? Ein schwarzer Fleck!“ t₇: „Echt jetzt?“ t₈: „Ist doch wurscht, Hauptsache wir haben was. Wie entsteht der Schatten? Durch Licht!... (liest nächste Frage) Was?! Oh, Gott“ schaut zu t₇ hinüber „In welche Richtung fällt der Schatten? Fragen und Antworten.. welche Frage?“ t₈: „Ja immer gegen.“ t₇: „Nach hinten“ t₈ baut Figuren zusammen, t₇ leuchtet mit der Taschenlampe auf die Figur. t₈ hält seine Hand zwischen Lampe und Wand „Ich hab einen Schatten erzeugt!“ t₈ legt Legosteine an die Stelle des Stabes und leuchtet mit der Lampe darauf t₈: „He das stimmt! In etwa.“ t₈ nimmt Lampe, Auto und Schirm und verändert den Abstand von Lampe und Schirm. t₈: „Gib mir mal deine Figur.“ Beleuchtet beide Autos und fährt mit Schirm daran vorbei. t₈ schreibt etwas hin, beide schauen sich nochmal die Fragen an. t₈ liest: „Berühre den Schatten des Mitspielers mit dem Fuß. Ok, fang meinen Schatten!“ t₇ greift hin. t₈: „Na toll, was mach ma jetzt? Schatten verstecken. Kannst du deinen Schatten in einen anderen Schatten verstecken?“ t₇: „Ja, kann man.“ t₈: „Los, gib deine Hand her.“ t₇ legt die Hand vor den Schirm und beide beginnen es auszuprobieren. t₈ ist wieder zurück gekommen, leuchtet mit Lampe unter seine Finger. t₈: „Streck einmal deine Hand aus.“ t₇ macht es, t₈ leuchtet darauf. Beide probieren ob sie mit der Lampe durch die Hand leuchten können. t₈: „Was ist wenn das Kindergartenkind was falsch sagt? Sollen wir dann die Antwort sagen?“ t₈: „Geht's schon los? Also wie heißt du?“ K.: „Nick.“ t₈: „Also Nick, hast du schon einmal etwas über den Schatten oder das Licht gehört?“	Mentoring der 3A
		Tutoring der 3A mit dem Kindergarten

	K schüttelt den Kopf; t₈ holt Karten unter dem Tisch hervor. t₈: „Also, ok, beginnen wir. Also, wenn du jetzt die Hand ausstreckst, siehst du da einen Schatten.“ Beide heben die Hand in die Höhe. t₈: „Ja, also das ist dein Schatten und über das Thema beschäftigen wir uns jetzt.“ t₈: „Ok, beginnen wir. Der Schatten ist immer weg von dir. Das heißt, wenn hier das Licht hinscheint, dann muss der Schatten hinter dem Gegenstand sein. Genau, probiers einmal. Warte, ich zeigs dir mal vor. (nimmt Aufgabenkarte) Das Auto, sagen wir, das Auto ist der Legostein und das Licht und die Lampe ist das Licht. Wenn ich dann drauf scheine, wo ist dann der Schatten?“ K: „Zeigt hin.“ t₈: „Genau. Und wo ist es da im Bild?“ (Aufgabe 1) K zeigt auf alle 3 Schatten. t₈: „Aber welcher ist der richtige Schatten von denen? Wenn hier das Licht hinscheint.“ nimmt Karte und leuchtet mit Lampe, dort wo sich die Lampe befindet. K zeigt auf richtigen Schatten. t₈: „Ja, richtig, genau.“ t₈: „Also, hier ist wieder das Gleiche. Hier ist ein Kamel, hier ist ein Schatten und du musst schauen, welches das richtige Licht drauf scheint. Probieren wir es mal. (nimmt Legostein, tauscht ihn dann gegen <i>Vogelfigur aus</i>.) nehmen wir den Vogel. Der Vogel ist unser Kamel, ok? Und das ist unser Licht und du sagst, welcher Schatten der Richtige ist. Fällt da der richtige Schatten?“ K: „Nein.“ t₈: „Da der richtige Schatten?“ K: „Nein.“ t₈: „Und wenn es da wäre?“ K: „Ja.“ t₈: „Das heißt welcher ist der richtige?“ K zeigt auf 3 t₈: „Richtig, du bist ziemlich gut darin. Also das nächste, der Schatten...“ K nimmt eine Figur und stellt sie in die Mitte auf ein Blatt. t₈: „Also, willst du noch irgendwas fragen? Hast du etwas nicht verstanden?“ t₈: „Willst du mich noch etwas fragen bevor du gehst? Oder verstehst du das jetzt so halbwegs, das mit dem Schatten?“ k: „Ja.“ t₈: „Ok, kannst du mir das da nochmal erklären?“ Er zeigt die Karte mit der Frage zum Sehvorgang. t₈: „Kommt auf die Lichtquelle an, wenn beide sehr stark und sehr hell sind könnte es sein, dass er weg ist. Wenn von, im Normalfall, na warte (Pause). Im Fußballstadion, sind, wenn da alle sind ist der Schatten noch da, also nehm ich an, dass da auch noch der Schatten da ist.“	5. Interview
--	--	--------------

Tabelle 10. Kategorienzuordnung des Schülers t₈.

Vorwissen

Kategorie	Aussage
Definition von Licht	„Puh, das ist eine schwere Frage, es ähm, es ist halt hell. Man sieht's halt eigentlich ziemlich gut nur wenn's finster ist und es einschaltet, so und am Tag ist es eigentlich unnötig, weil da sieht man's eh nicht und so. Und Licht ist halt generell hell.“
Sehvorgang	„Das Licht scheint halt aufs Buch und ich seh das Buch halt.“
Definition des Schattens	„Naja, wie soll ich das erklären, es ist halt immer da, aber man kann's halt nicht, es ist, wie soll ich sagen. Es lebt halt nicht, aber es ist immer bei dir. Das heißt es geht nie weg eigentlich, außer am Abend, wenn's finster ist.“
Schattenentstehung	„Durch das Licht. Wenn das Licht halt auf dich scheint, ist, kommt drauf an wo das Licht halt scheint, wenn's jetzt dann vor mir ist, ist hinter mir mein Schatten. “
Kann ein Objekt mehrere Schatten haben? (Bsp. Fußballspieler)	„Das ist einfach, weil überall halt auf der Seite Flutlichtanlagen sind, die scheinen die Spieler halt von den Seiten halt an und drum ist da Schatten, auf der anderen Seite. Und dadurch, dass vier Lampen sind ist überall ein Schatten. “

Tabelle 11. Vorwissen Schüler t₈.

Bei dem Schüler t_8 war ebenfalls ein situationales Interesse vorhanden welches sich auf das Experimentieren bezog. Der Schüler bevorzugte grundsätzlich Tätigkeiten bei denen er aktiv sein konnte. Der Lehrperson zuhören, wenn diese etwas erklärt, zählt zu den Dingen die ihm am Physikunterricht nicht gefielen. Das Projekt wurde von dem Schüler vor allem in Bezug auf die Unterrichtseinheit mit dem Kindergartenkind als positiv bewertet. Er gab an, durch das Tutoring mit der vierten Klasse nichts Neues dazugelernt zu haben, da er viele Fragen schon aus dem Interview kannte, sein Tutor hätte den Stoff zwar gut erklärt, allerdings hätte er das Ganze nicht besonders ernst genommen. Diese Meinung kann nach Durchsicht des Videos bestätigt werden. Der Schüler schätzte sich selbst als gut ein und sah keine Bereiche in denen es noch Unsicherheiten gab. Er war bei den Interviews sehr zurückhaltend, seine Antworten fielen meist sehr knapp aus. Auffallend ist, dass er während des Tutorings und Mentorings sehr oft mit dem zur Verfügung gestellten Material experimentierte. Er baute die dargestellten Aufgaben nach und kontrollierte so die Antworten. Beim Ausfüllen des Arbeitsblattes während des Mentorings wirkte er unmotiviert, was z.B. durch die Aussage „*Ist doch wurscht! Hauptsache wir haben was!*“ deutlich wird. Beim Vergleichen der Fragen zeigte er nicht auf. Nur gegen Ende der Einheit stellte er eine Frage, die sich auf die Arbeit mit dem Kindergartenkind bezog. Während des Tutorings forderte er das Kindergartenkind oft auf selbst etwas auszuprobieren. Bei der Aufgabe 2 (vgl. Abb. 6) stellte er die Situation mit einer Figur nach und probierte mit dem Kind alle Positionen mit der Lampe aus. Er gab seinem Tutee positive Rückmeldungen in der Form: „*Richtig, du bist ziemlich gut darin!*“ und fragte nach ob er noch Fragen hätte. Beim Experimentieren bemerkte er, dass es im Raum zu hell war, um gut sichtbare Schatten zu erzeugen und bat eine Lehrperson den Raum zu verdunkeln. Im letzten Interview wandte er sein bisheriges Wissen auf eine neue Fragestellung an.

Bei dem Schüler t_8 war bei der Definition von Licht und Schatten, sowie bei der Beschreibung des Sehvorgangs ebenfalls keine als physikalisch korrekt angesehene Vorstellung vorhanden. Er wusste allerdings, dass der Schatten auf der lichtabgewandten Seite entsteht und dass mehrere Schatten aufgrund mehrerer Lichtquellen zustande kommen. Der Schüler gab an als weiterführende Schule eine HTL besuchen zu wollen.

4.2 Lernprozesse der Schüler/innen

Um zu sehen welchen Einfluss der Tutor/die Tutorin und das Mentoring auf das konzeptuelle Verständnis der Tutees ausüben, wurden die Aussagen und Antworten zu den verschiedenen Fragestellungen jeweils vor, während und nach den Mentorings und Tutorings aus den Transskripten entnommen und in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

4.2.1 Analyse der Schülerin t₅

	Schvorgang erklären	Geradlinige Lichtausbreitung	Definition des Schattens	Entstehung des Schattens	Mehrere Schatten
Mentoring 4A	L: „Was brauchen wir zum Sehen?“ T₄ zeigt auf: „Das Auge.“ L: „Ja, das Auge, weil wenn ich die Augen zu mache sehe ich nichts.“ T₄: „Doch, schwarz.“ L: „Wenn ich alles in dem Raum verdunkle, würde ich dann noch etwas sehen?“ T₄: „Leicht.“ L: „In welche Richtung reflektiert das Licht?“ T₄: „Überall.“ L: „Weiß jemand wie das sehen im Auge funktioniert?“ T₄: „Gehirn.“	L: „Das Licht breitet sich immer geradlinig aus.“ T₄ spitzt seinen Bleistift.	L: „Was ist der Schatten?“ T₄ spielt mit Figuren und Lampe und scheint nicht zuzuhören. Er sieht gelangweilt aus.	Schaut gelangweilt aus, spielt mit Lampe. Frage: „Wohin fällt der Schatten?“ T₄ zeigt auf: „Immer in die Gegenrichtung von dorthin wo das Licht kommt.“ L: „Ja, das kann man sagen, oder hinter mir ist die Lichtquelle, von der Lichtquelle weg.“	L: „Eine Lichtquelle macht einen Schatten, zwei Lichtquellen machen zwei Schatten.“ T₄ probiert mit seinem Sitznachbarn aus mehrere Schatten zu erzeugen.
1. Interview	„Das Licht strahlt da hin und dann kann man es da sehen.“	I: „Mhm, bei dem Bild, das ist so ähnlich, haben wir ein Kamel und drei Lampen. Von welcher Lampe glaubst du kommt der Schatten?“ t₅: „Von der 2 da glaub ich.“ I: „Mhm, warum glaubst du das?“ t₅: „Ja, weil's von der Mitte kommt, obwohl, es ist immer von der Seite ein bisschen, glaub ich.“ Ich weiß nicht, ich bin mir halt nicht sicher, aber ich glaub schon weil, keine Ahnung, wenn ich jetzt irgendwas schalten würde, würde es glaub ich auch auf der Seite sein.“ t₅ hat die Frage falsch beantwortet.	„Naja, so eine zweite Sicht von einem Gegenstand, zum Beispiel, also wenn ich zum Beispiel, jetzt, ähm, Licht dort hin scheinen würde, einen Schatten, dann gib's ja so, ich sag jetzt nicht ein zweites Ich, aber so, so ein Bild von mir, halt ja, wie ich so ausschauen könnte. Groß, klein, dick, dünn.“	„Ähm, äh, jetzt muss ich nachdenken (lacht). Ich glaub eh wenn so Licht auf einem geschieht wird, oder, so zum Beispiel auch wenn, bei der Sonne und wenn wir da zum Beispiel irgendwo auf der Straße oder am Gehsteig, dann sieht man da, wenn die Sonne auf einen strahlt, da sieht man ja gleich daneben den Schatten, zum Beispiel. Ich denk mir wenn Licht auf dich kommt wird man einen Schatten sehen.“	„Nein, ich glaub nicht, ich denk mal nicht. Weil ich weiß nur, dass so wie ich das jetzt gesehen hab, dass es immer nur einen Schatten gibt.“
Tutoring der 4A	T ₄ : „Genau, die Lampe leuchtet	Aufgabe 3, T ₄ : „Dann, da ham ma ne	t ₅ : „Was ist eigentlich ein Schatten?“		T ₄ leuchtet mit bunter Folie über der

mit der 3A	aufs Buch und dann sieht mans.“	Zeichnung. Was hat der Zeichner nicht gewusst?“ t₅: „...“ T₄: „Das Licht breitet sich ja geradlinig aus.“ Da ist der Gegenstand (legt Legosteine hin) und wo hat er sich vertan? (Tutees überlegen) wenn sich das Licht nicht geradlinig ausbreitet, dann kann es sein, dass der Schatten so wellig ist.“ t₅ fragt etwas T₄: „Also das Licht geht da so vorbei, gerade....“ Das heißt, wenn etwas eckig ist, dann kann es keinen welligen Schatten haben.... Ja, hast du es auch verstanden?“	T₄: „Also der Schatten ist eine Stelle wo das Licht nicht hinkommt.“ Weil das, schauts, da hinten kommt das Licht nicht hin (zeigt es mit Figur und Lampe) und da ist es hell. Würde überall das Licht hinkommen, dann gebe es keinen Schatten. Und zum Beispiel, wenn du unter einer Palme stehst und die hat einen Schatten, hast du auch keinen Schatten, also man sieht deinen Schatten fast gar nicht, weil du im Schatten stehst. Auf dich kommt kein Licht, also“ t₅: „Deswegen heißt er Schatten.“ T₄: „Genau, deswegen heißt es Schatten. Noch was?“	Lampe auf die Figur. (mit einer Lampe die zweite Lichtquelle ist das hereinströmende Sonnenlicht.) T₄: „Und das nimmt man Halbschatten, weil es da nicht so kräftig ist und der volle Schatten, ist wenn man den Kernschatten... Wollt ihr noch etwas über den Schatten wissen? Ihr könnt ruhig fragen.“	t₅: „Äh, das haben wir nicht besprochen, glaub ich. Also nicht so wirklich dass es jetzt vier Schatten hat, weil es kann nur einer richtig sein.“
2. Interview	t₅: „Ja, das könnte ich jetzt nur zum Beispiel, wenn's dunkel wär dann könnte ich es nicht sehen, aber da das Licht ja da hin scheint kann ich es ja sehen.“ I: „Mhm, das Licht scheint da hin, das stimmt und wie geht's dann weiter? Also, weil das Licht, ja, scheint darauf, und dann?“ t₅: „Dann seh ich's einfach.“	t₅ konnte die Aufgabe 2 richtig lösen. t₅: „Diese zwei, das sind ja zwei Lichter, Lampen zum Beispiel und da da der Gegenstand und wahrscheinlich kommt ja da da, aber ich weiß nicht wie ich diesen Schatten da einzeichnen soll.“	t₅: „Ein Schatten ist wenn Licht, äh, Licht auf einen Gegenstand kommt und dann entsteht ein Schatten.“ Ja, weil wenn's zum Beispiel dunkel wär, dann geb's sowas nicht, keinen Schatten.“	t₅: „Wenn man mit der Lampe drauf leuchtet, dann ist da ein Schatten.“	t₅: „Äh, das haben wir nicht besprochen, glaub ich. Also nicht so wirklich dass es jetzt vier Schatten hat, weil es kann nur einer richtig sein.“
Mentoring 3A	t₅ sieht sich die Antwort auf der Karte zum Thema „Sehen“ an. t₄: „Das versteh ich nicht, weil das Buch reflektiert einfach nicht.“ leuchtet mit Lampe darauf. t₅: „Schau wir brauchen das Licht.“ t₄: „Ja, aber es reflektiert nicht.“ t₅ sieht sich die Vorderseite der Karte an. Dreht sie wieder um und liest die Antwort laut vor.	L₂ erklärt dass Licht und Gegenstand immer auf einer geraden Linie sein müssen. t₄ sagt leise zu t₅: „<i>Das hab ich mir gedacht, ich hab's mich nur nicht getraut zu sagen. Ich hab's mir gedacht und wollte es nicht sagen.</i>“ Greift sich auf den Kopf.	t₄: „Was ist der Schatten?“ t₅: „Ja eh, was ist der Schatten, also (Pause, t₄ nimmt Figuren und Lampe) Was ist ein Schatten?“ t₄: „Eine dunkle Gestalt die mir oft Angst macht.“ t₅ schaut skeptisch t₄: „Ist so.“ t₅ beginnt zu lachen „Aber das schreiben wir jetzt nicht hin?“	t₅: „Wie entsteht ein Schatten? Wenn Licht auf einen Gegenstand.“ t₅ versucht eine Antwort zu formulieren. t₅: „Wenn Licht auf einen Gegenstand scheint, wo es dunkel ist dann entsteht ein Schatten.“ t₄: „Warum? Da ist es hell.“ Hebt Schirm hoch. t₅ nimmt Schirm, zeigt ihm, da wo es dunkel ist... t₄	t₅ spielt mit zwei Lampen und einer Figur. t₄: „Er hat zwei Schatten, er hat zwei Schatten.“ t₅ sieht zu und fragt: „Kann er auch vier Schatten haben?“ t₄: „Ja, kann er. Hab ich schon mal gehabt. Im Stadion beim Fußballspielen.“ t₅: „Ach scheiße, ... bei der Frage

	t₅: „Die Lampe leuchtet auf das Buch. Das Buch reflektiert das Licht. Wir sehen jenen Teil, der in unser Auge kommt.“ t₅ legt die Karte wieder weg.		Schreiben wir das hin?“	geht mit Schirm weg und zeigt t ₅ etwas. L ₁ unterbricht und fragt wer noch nicht fertig ist.	und ich hab gesagt nein.“ t ₄ : „Oja, geht. Ist ja wurscht, mach ma weiter.“
3. Interview	t₅: „Ah so, das Sehen, ähm, naja. Man kann nur etwas sehen wenn jetzt Licht auf, ähm, ein Buch kann ich nur lesen wenn Licht auf das Buch scheint.“ t₅ : „Ja, ja, wo äh. Zuerst muss das Licht auf das Buch, damit man was sehen kann, lesen kann. Sonst, man kann’s ja nicht im Dunkeln lesen.“	t₅: „Ja, man kann keinen welligen Schatten, also wenn da da so ein Viereck ist, das geht gar nicht, außer wenn das jetzt wellig wär, aber sonst kann man keinen welligen Schatten machen.“ I: „Warum geht das nicht?“ t₅: „Na, weil der Gegenstand eckig ist.“	t ₅ : „Ein zweites Bild von etwas.“	t ₅ : „Wenn Licht drauf scheint, auf einen Gegenstand.“	t ₅ : „Ah, ja genau! Das, das, äh, das hat mir der Marcel gezeigt, weil er hat dann, ähm, von oben das Licht, also, wie er mit der kleinen Taschenlampe draufgeleuchtet hat, da gabs auch vier Schatten, genau. Das hab ich dann verstanden, da hab ich eh daran gedacht, ah das war das mit den Fußballern (lacht).“
Tutoring der 3A mit dem Kindergarten	t₅: „Ja, ok, ähm, naja, ähm, zum Beispiel, ich hab hier ne Frage, also wie könnten wir denn, wie funktioniert das Sehen? Zum Beispiel, wenn du einen Vorschlag hättest.“ K: „Ohne keine Augen könnt man nichts sehen.“ t₅: „Ja genau, das ist richtig und könnten wir denn zum Beispiel ohne Licht sehen?“ K: „Hm, nein?“ t₅: „Weil dann wärs ja ganz dunkel, oder?“ K: „Ja, zu dunkel.“ t₅: „Ja, genau, dann könnte man ja gar nicht ein Buch lesen oder sowas. Deshalb bräuchte man immer Licht.“ K: „Zum Beispiel wie Lampen oder Laternen.“ t₅: „Genau, ok super, da ist meine zweite Frage...“	t₅ baut den Versuch zu Aufgabe 2 auf und leuchtet mit der Lampe von Position 1 aus. K: „Bei 2 ist es richtig, nein, schon wieder bei 3.“ t₅: „3 ist richtig, genau, weil du bist ja von dieser Seite und da da kommt der Schatten da hin, das ist richtig.“ K: „Ich dachte dauernd, das ist da hin, dabei ist es so gegangen.“ t₅: „Ja, weil es muss in einer Linie sein. So.“	Die Frage „Was ist ein Schatten?“ wird nicht besprochen.	t ₅ : „Dann ist da da das Licht und das strahlt da da auf den Gegenstand und dann hat es einen Schatten.“	t ₅ : „Aber, ich hab da noch eine Frage. Kann man zum Beispiel auch einen Doppelschatten haben?“ K: „Nein.“ t ₅ : „Du kannst es mal ausprobieren. Nimm mal eine Figur hier, nimm dieses Maxerl und leuchte mal hin. Kann man einen Doppelschatten haben? (K leuchtet mit einer Lampe) so, warte, schau, warte kurz (t ₅ nimmt die Hand von K und bringt sie in eine bestimmte Position, nimmt selbst die Lampe) Also, das sieht man nämlich nur manchmal, aber ich weiß nicht wann.“ K nimmt wieder die Lampe: „So sieht man ihn besser.“ t ₅ : „Ja, da ist er und da hat der Schatten einen Doppelschatten, so einen Schatten den man fast gar nicht mehr sieht. Den kann man nicht so gut erkennen wie den richtigen Schatten.“

4. Interview	t₅: „Also ähm, ok (lacht), also man braucht auf jeden Fall Licht. Licht das zum Beispiel auf einen Gegenstand scheint, dann kann man, diese, ok, man sollte auch sehen können, Augen haben. Ich weiß noch, das hat er mir auch ganz genau erklärt, dass man Augen braucht, die braucht man zum Sehen und dann hat er so intensiv, ja Augen und das kommt dann ins Gehirn. Ja und was braucht man noch und so, na das Licht. Und ich ja!“	I: „Hier sind Lichtquellen einzuzeichnen. Ich hab auch ein Lineal dabei und einen Stift.“ t₅: „Die Frage vergess ich immer, aber wirklich immer. Ok, also was soll ich da? Ach so.“	t₅: „Ein Schatten? Äh (lacht) oi, diese Fragen. Äh, ja, ein Schatten, ist ein wenn's zum Beispiel. Warte, soll ich jetzt erklären wie es entsteht oder was es ist?“ I: „Mm, was es ist.“ t₅: „Was es ist? Boa, da antworte ich immer mit der gleichen Frage, so ein zweites Bild, von einem Gegenstand, einer Person. Denk ich zumindest.“	t₅: „...weil immer, zum Beispiel, irgendwo wo es dunkel ist scheint etwas helles, ein Licht oder so, auf etwas oder jemanden, dann entsteht ein Schatten.“	t₅: „Das ähm, nein, weiß ich nicht. Ich weiß nur, dass es funktioniert, warum weiß ich nicht.“
5. Interview	t₅: „Dann, ähm sollte, ähm Licht drauf scheinen, weil sonst würden wir es nicht sehen, man kann ja im Dunkeln nicht wirklich viel sehen, da braucht man eigentlich Licht, immer.“ I: „Kann man im Dunkeln nicht viel sehen oder gar nichts? Also, wenn es absolut dunkel ist.“ t₅: „Man sieht dann sehr wenig.“ I: „Mhm und wie funktioniert das dann mit dem Licht? Also es muss auf jeden Fall mal auf den Gegenstand leuchten.“ t₅: „Ja, und dann... ja (lacht) ich weiß nicht, ja. Es muss halt auf den Gegenstand drauf leuchten, sonst könnte man's nicht sehen. Sonst, hm (lacht).“	I: „Ok, dann hab ich wieder was zum Zeichnen mitgebracht. Vielleicht kommen dir die Sachen noch bekannt vor. Also hier ist eine Lichtquelle und dort ein Gegenstand. Wie würde der Schatten von dem Gegenstand aussehen?“ t₅ beginnt freihändig zu zeichnen, das Lineal liegt daneben. I: „Ich hab auch ein Lineal da, falls du das verwenden willst.“ t₅ schaut fragend I: „Da ist das Licht, das leuchtet in alle Richtungen, von der Lichtquelle aus, und hinter dem Gegenstand wäre ein Schatten. Wie würde der aussehen?“ t₅: (zeichnet) „Ich denk so irgendwie, ja.“ Der Schatten wurde falsch eingezeichnet.	t₅: „So ein zweites Bild von einem.“	t₅: „Wenn Licht drauf scheint, weil im Dunkeln sieht man nichts und auch den Schatten nicht.“	t₅: „Es kommt drauf an, wenn beide Lampen da stehen... ich glaub dann hätte er nur einen Schatten, oder vielleicht zwei. Äh wart (Pause) ich glaub er hat dann nur den vorderen Schatten, denk ich jetzt mal (lacht).“

Tabelle 12. Kategorienzuordnung der Lernprozesse der Schülerin t₅.

Bei der Frage nach dem Sehvorgang war bei der Schülerin t_5 keine Veränderung des konzeptuellen Verständnisses erkennbar. Ihr Tutor hatte während des Mentorings bei der Besprechung dieser Frage mitgearbeitet, jedoch nicht die Antwort gegeben, dass Licht vom Gegenstand ins Auge reflektiert wird. Als eine Schülerin die richtige Antwort gab wirkte er so als würde er aufmerksam zuhören. Während des Tutorings gab er nicht die im Mentoring besprochene richtige Erklärung, sondern seine Ursprüngliche. Die Schülerin t_5 las während ihres Mentorings die Antwort von der Aufgabenkarte laut vor und sprach kurz mit ihrem Sitznachbar darüber. Er konnte mit der gelesenen Antwort nicht viel anfangen und stellte sie in Frage. Die Schülerin behielt die Erklärung bei, die sie schon während des ersten Interviews gab und auch der ihres Tutors entsprach. Besonders hervorgehoben wurde von ihr, dass man Licht zum Sehen benötigt, da man im Dunkeln nichts sehen könne. Beim letzten Interview war sie sich dessen nicht mehr ganz sicher und gab an, dass man sehr wenig sieht wenn es absolut dunkel ist. Das Konzept der geradlinigen Lichtausbreitung bildet die Grundlage der Aufgaben eins bis vier (Abbildung 5 bis Abbildung 8), sowie bei den Aufgaben sechs und sieben (Abbildung 11 und Abbildung 12). Deshalb befinden sich in der Tabelle 12 (Seite 60) Aussagen zu verschiedenen Aufgabenstellungen in dieser Kategorie. Während des ersten Interviews war der Schülerin noch nicht bewusst, dass Lichtquelle, Gegenstand und Schatten auf einer Linie liegen müssen. Ihr Tutor erwähnte während des Tutorings zweimal dass sich das Licht geradlinig bzw. gerade ausbreitet. Im darauffolgenden Interview löste sie die Aufgabe 2 (Abbildung 6) richtig. Während des Tutorings mit dem Kindergarten erklärte sie dem Kind, dass Lichtquelle und Schatten in einer Linie sein müssen. Das Konzept der geradlinigen Lichtausbreitung auf andere Fragen anzuwenden gelang der Schülerin nicht.

Die Frage was ein Schatten sei beantwortete die Schülerin in jedem Interview in etwa mit derselben Antwort, nämlich *ein zweites Bild, eine zweite Sicht von einem Gegenstand*. Sie stellte ihrem Tutor die Frage was ein Schatten sei und dieser beantwortete sie im physikalisch korrekten Sinn mit *einer Stelle wo das Licht nicht hinkommt*. Diese Erklärung wurde von ihr nicht übernommen. Während des Mentorings fragte sie ihren Sitznachbar was ein Schatten sei und erhielt keine ernsthafte Antwort. Im Tutoring mit dem Kindergartenkind übersprang sie die Frage. Oft beantwortete sie die Frage was ein Schatten ist damit wie er gebildet wird. Aufgrund dessen kommt es zu Überschneidungen in den beiden Kategorien. Dass Licht auf einen Gegenstand scheinen muss, damit ein Schatten entsteht, war der Schülerin klar. Im letzten Interview erwähnte sie, dass man im Dunkeln kaum etwas sieht und somit auch den Schatten nicht sehen kann. Im ersten Interview glaubte die Schülerin nicht, dass ein Gegenstand mehrere Schatten haben kann. Ihr Tutor hatte während des Mentorings mit

seinem Sitznachbarn zwei Schatten erzeugt. Während des Tutorings verwendete er zur Erzeugung von zwei Schatten nur eine Taschenlampe, die zweite Lichtquelle bildete das hereinfallende Sonnenlicht. Er erwähnte die Begriffe Halbschatten und Kernschatten, jedoch sagte er nicht, dass für die Bildung mehrerer Schatten auch mehrere Lichtquellen nötig sind. Aus dem durchgeführten Experiment war für die Schülerin t_5 somit nicht ersichtlich, dass mehr als eine Lichtquelle gebraucht wird. Im darauffolgenden Interview wurde wieder die Frage gestellt, warum ein Fußballspieler im Stadion vier Schatten hat. Die Schülerin gab an, dass diese Frage während des Tutorings nicht behandelt wurde. Sie stellte keine Verbindung zwischen dem Experiment und der Anzahl der Schatten her. Im Mentoring sah sie, dass ihr Sitznachbar mit zwei Lampen zwei Schatten erzeugte. Sie fragte ob auch vier Schatten möglich seien (vgl. Kapitel 4.1.1). Im nächsten Interview gab sie an das nun verstanden zu haben, wobei sie nach wie vor nicht erklären konnte wie es zu vier Schatten kommt. Das wird auch beim Tutoring mit dem Kindergarten deutlich, als sie versucht mit einer Taschenlampe zwei Schatten zu erzeugen. Sie verwendete den Begriff *Doppelschatten* und erklärte, dass man diesen nicht so gut erkennen kann wie einen richtigen Schatten, dass man ihn nur manchmal sieht und sie nicht wisse wann und warum.

4.2.2 Analyse des Schülers t₈

	Schvorgang erklären	Geradlinige Lichtausbreitung	Definition des Schattens	Entstehung des Schattens	Mehrere Schatten
Mentoring 4A	L: „Wie sehen wir? Was brauchen wir alles zum Sehen?“ T₂ gähnt, zeigt auf: „Licht“ L: „Hat sich jemand Gedanken gemacht zum Sehen? Also wo kommt das Licht her?“ T₂: „Lichtquelle“ L: „Von der Lichtquelle. Und wohin geht dann das Licht?“ T₂: „Überall.“ L: „Du sagst überall, und was sagst du?“ T₂ spielt mit Material. Zeigt wieder auf, kommt nicht dran. T₂: „Der Gegenstand reflektiert das Licht und kommt dann in unsere Augen und dann sehen wir das?“	L: „Das Licht breitet sich geradlinig aus.... Und warum geht's in der Taschenlampe in einem Kegel.“ T₂: „Also, weil, sagen wir mal so. Eigentlich würde es ja auch in jede Richtung gehen, aber es ist ja umge, umrundet, umhüllt und deshalb geht's halt in die Richtung.“	T₁: „Was ist der Schatten? Ok, das müssen wir jetzt beantworten.“ T₂: „Ach so, ja, was ist der Schatten, ja, warte. Der Schatten ist, ähm, dort wo das Licht gebrochen wird, sag ich mal so.“ T₁: „Ja. Ich schreib dort wo das Licht gebrochen wird.“ Beide schreiben. T₂: „Oder gestoppt wird. Licht durch einen Gegenstand.“	T₂: „Wie entsteht ein Schatten? Durch Licht.“ T₁: „In welche Richtung fällt ein Schatten?“ T₂: „Richtung des Lichtes. Dort wo das Licht...“	L: „Halbschatten und Kernschatten, kennt die jemand? Bei der Sonnenfinsternis braucht man die. So geht schon, macht Halbschatten und Kernschatten.“ T₁ und T₂ experimentieren. T₁: „Jetzt haben wir's.“
1. Interview	t₈: „Das Licht scheint halt aufs Buch und ich seh das Buch halt.“	t₈: „Weil das Licht strahlt ja auf die Seite und darum, nein, das Licht strahlt halt da überall hin, aber dadurch dass das Auto da ist kann kein Licht hinter das Auto kommen, drum ist ein Schatten da.“	t₈: „Naja, wie soll ich das erklären, es ist halt immer da, aber man kann's halt nicht, es ist, wie soll ich sagen. Es lebt halt nicht, aber es ist immer bei dir. Das heißt es geht nie weg eigentlich, außer am Abend, wenn's finster ist.“	t₈: „Durch das Licht. Wenn das Licht halt auf dich scheint, ist, kommt drauf an wo das Licht halt scheint, wenn's jetzt dann vor mir ist, ist hinter mir mein Schatten.“	t₈: „Das ist einfach, weil überall halt auf der Seite Fluchtanlangen sind, die scheinen die Spieler halt von den Seiten halt an und drum ist da Schatten, auf der anderen Seite. Und dadurch, dass vier Lampen sind ist überall ein Schatten.“
Tutoring der 4A mit der 3A	t₈: „Die kenn ich. Das Licht strahlt, reflektiert.“ Pause, er überlegt. t₈: „Das Licht strahlt aufs Buch, ich mein, es leuchtet überall hin, aber hauptsächlich aufs Buch und deshalb siehst du es. Das ist so, ja, das Licht geht aufs Buch ja und	t₈ erklärt warum: „Dadurch, dass das Licht, so auf die Seite scheint, kommt dann dahinter der Schatten.“ T₂: „Und Licht breitet sich geradlinig aus.“	t₈: „Der Schatten existiert nicht. Das heißt man kann ihn zwar sehen, aber man kann ihn nicht anmalen.“	t₈: „Durch das Licht. Wenn das Licht halt auf dich scheint, ist, kommt drauf an wo das Licht halt scheint, wenn's jetzt dann vor mir ist, ist hinter mir mein Schatten.“	Experimentieren mit 2 Lampen. T₂: „Und das nennt man Halbschatten....und jetzt, das ist dann der Kernschatten. Wenn zwei Lampen sind...“ t₈ Experimentiert mit der Figur und der Lampe. Er leuchtet von oben und schiebt die Figur mit dem Karton

	das.“ T ₂ nimmt ihm die Karte weg und liest hinten die Antwort.				weiter.
2. Interview	t ₈ : „Ach so, ja. Naja, das ist halt so, ein Licht scheint irgendwo drauf und du siehst es halt wo das Licht drauf scheint, drum kannst du's wahrnehmen, dass es da ist, halt.“	t ₈ : „Ja, könnte so hinkommen, und da sind halt die Sonnenstrahlen runter.“ I: „Und wenn der Schatten jetzt ganz lange wäre. Wo wär die Sonne dann? “ t ₈ : „ Weiter unten. “	t ₈ : „Boah, wie soll ich das sagen? Halt etwas was du siehst aber nicht da ist , das heißt, wie soll ich... Ein Schatten das ist, immer wenn Licht da ist, gibt's irgendwas was einen Schatten hat. Wenn man seinen... ich selber hab auch einen Schatten, du kannst ihn aber, du kannst den Schatten sehen, aber du kannst ihn halt nicht... wah, du kannst ihn nicht riechen nicht anfassen und du kannst eigentlich ihn nur sehen. Es ist halt ein schwarzes Teil. “	t ₈ : „Naja, man leuchtet drauf.“	
Mentoring 3A	Es wird mit der Klasse besprochen wie das Sehen funktioniert. t ₈ sieht sich die Karte dazu an und schaut danach nach vorne zur Lehrperson.	t ₇ : „Die dritte Lampe leuchtet.“ L: „Ja und warum ist es die dritte?“ t ₇ : „Weil's geradlinig geht? Also weil's immer dahinter ist. Es ist immer gegenüber der Lampe.“ L: „Und Lichtquelle und Objekt müssen auf einer.“ t ₇ : „Linie sein.“ L: „Probiert es, wenn ihr ein Lineal hinlegt.“ t₈ hat aufmerksam gewirkt und probiert es aus.	t ₇ : „Was ist der Schatten? Was sollen wir da ungefähr hin schreiben?“ t ₈ : „Oh mein Gott, ok. Was ist der Schatten? Ein schwarzer Fleck! “ t ₈ schaut was t ₇ macht und strichliert seinen Schatten auch. L fragt was der Schatten ist Ein anderer Schüler antwortet: „Schatten ist eine Stelle wo das Licht nicht hinkommt.“ t ₈ kritzelt währenddessen etwas auf seinem Zettel.	t ₈ : „Wie entsteht der Schatten? Durch Licht! “	
3. Interview	t ₈ : „Naja, das Licht geht dann zum Beispiel auf den Tisch und der wird dann sozusagen reflektiert und drum kann ich das dann sehen. “ I: „Ist diese Erklärung für dich logisch?“ t ₈ : „Ja, geht so eigentlich.“ I: „...oder ist es etwas dass du so erzählst, weil es dir ebenso gesagt “	t ₈ wendet das Konzept der geradlinigen Lichtausbreitung bei einer Aufgabe zur Schattenkonstruktion an.	t ₈ : „Ein schwarzes Bild von einem.“	t ₈ : „Wenn man drauf leuchtet ist dahinter ein Schatten.“	

Tutoring der 3A mit dem Kindergarten	wurde?“ t₈: „Ja.“ I: „Mhm, was ist für dich daran unlogisch oder was ist schwierig?“ t₈: „Ja, schon, ja eigentlich wie es reflektiert wird, das ist unklar, irgendwie.“ I: „Und warum? Kannst du mir das genau erklären?“ t₈: „Naja, weil wenn das Licht ja auf den Tisch geht, wie soll er es reflektieren? In mein Auge halt? Weil das ist eigentlich, weil normalerweise seh ich doch den Tisch, das wird zu mir reflektiert.“ I: „Aber wie wär es zum Beispiel wenn es dunkel ist? Wenn es ganz dunkel ist, kannst du ja auch mit den Augen wo drauf schauen.“ t₈: „Aber ich seh nichts. Ja, ah ja, dann braucht man das Licht damit es reflektiert.“			
	t₈: „Eigentlich geht das Licht vom Buch und, kennst du das Wort reflektiert? Das Licht macht das Buch so hell und dass das Buch zu dir ins Auge rein scheint und so funktioniert das eigentlich. Das heißt, hast du's kapiert? Das Licht trifft auf das Buch und vom Buch ins Auge.“ t₈: „Also, willst du noch irgendwas fragen? Hast du etwas nicht verstanden?“ K: „Eins hab ich nicht, also ich, das Licht scheint aufs Buch und warum sehen wir es?“ t₈: „Naja, das eh, ist ziemlich schwer, weil das versteh nicht mal	t₈: „Gut, der Schatten, der breitet sich immer so geradlinig aus.“ Aufgabe 3, legt Lineal von der Lichtquelle zum Gegenstand.“ t₈: „Gut, also, das Licht breitet sich immer geradlinig aus, das heißt in einer geraden Linie. Und hier, wo musst du stehen damit du das Licht siehst?“	t₈: „Ok, beginnen wir. Der Schatten ist immer weg von dir. Das heißt, wenn hier das Licht hinscheint, dann muss der Schatten hinter dem Gegenstand sein... Ok, also das Licht, egal ob das jetzt zu dir scheint, immer auf der gegenüberliegenden Seite des Lichtes ist der Schatten.“	t₈: „Also, es kann auch sein, dass 2 Schatten auf einmal sind. Das heißt wenn zum Beispiel da ein Licht ist und da ein Licht. Halte das jetzt einmal da so. (gibt K eine Lampe) das heißt, wenn du da hinleuchtest hab ich einen Schatten und wenn ich jetzt da hinleuchte, habe ich da und da einen Schatten. Da ist ein Schatten vom Auto und da ist ein Schatten vom Auto. Und hast du schon mal ein Fußballspiel gesehen?“ K nickt t₈: „Und wo es schon am Abend war. Wo die Spieler am Abend gespielt haben und wo die Lichter an waren.“

	ich so richtig. Aber eigentlich, aber eigentlich, das ist halt so physikalisch richtig. Dein Auge ist halt nicht so stark. Wenn es ganz finster ist, wenn du die Hände vor die Augen hältst dann siehst du ja nichts, oder?“ K: „Nein.“ t₈: „Genau, also und so ist es, wenn das Licht weg wär könntest du überhaupt nichts sehen. Aber wenn du weg wärst, das Licht strahlt aufs Buch und egal welcher Mensch du wärst, der oder dieser (stellt die Figur auf) oder der Hase, alle würden das Buch sehen, und wenn das Licht weg wäre, dann würde keiner das Buch sehen. Das heißt würde es das Licht gar nicht geben könnten wir nicht lesen. Das Licht, wenn, die ganze Welt besteht aus Teilchen. Kennst du irgendein ganz großes Licht, dass du jeden Tag siehst?“			K: „Nein, das hab ich noch nicht gesehen.“ t₈: „Ach so, wenn, da gibt's halt auch so eine, also ich sehe dann da einen Schatten, da und da auf der Seite. Das liegt daran, weil auf den Seiten halt das Licht ist und der Schatten geht vom Licht weg.“
4. Interview	t₈: „Zum Beispiel wie das ist mit dem Licht, dem Buch und dem Reflektieren, das hat er gewusst, dann am Ende.“	t₈: „Ja, wenn das Licht halt näher ist, können sich die Lichtstrahlen nicht so gut halt ausbreiten, ja und gehen dann halt, der Rest zum Gegenstand und so entsteht halt der Schatten. Das heißt wenn das Licht beim Gegenstand ist, kann sich das Licht nicht so gut rundherum und so halt und den Gegenstand abbilden. Woa, wie soll ich das erklären halt.“	t₈: „Ein Schatten ist halt (Pause) etwas, boah, wie soll ich das sagen wieder. Der Schatten ist ein, eine schwarze Abbildung von dir halt. Es ist sowas, haargenau das gleiche wie du, nur halt schwarz.“	t₈: „Wenn das Licht halt auf dich scheint, ist immer in der entgegengesetzten Richtung vom Licht, das heißt, wenn das Licht von vorne kommt ist hinter dir der Schatten und der ist immer mit dem Menschen verbunden, ja.“
5. Interview	t₈: „Das Licht geht halt auf den Tisch. Die Lichtstrahlen gehen auf den Tisch und das reflektiert dann in dein Auge und dann kannst du halt den Gegenstand wahrnehmen.“	t₈: „Wenn der Gegenstand näher kommt, können sich die Lichtstrahlen halt nicht so weit ausbreiten, weil da können sie viel weiter gehen. Weil die	t₈: „Ähm, ein Schatten ist halt eine Stelle, wo von einer bestimmten Lichtquelle, ich mein, wo eine bestimmte Lichtquelle nicht hinkommt.“	I: „Ah, wie meinst du das jetzt im Fußballstadion?“ t₈: „Im Fußballstadion, wenn da eine Person ist und überall sind ja Scheinwerfer, dann sieht man auf

	oder die Person.“	Lichtstrahlen sind ja da überall herum und da können sie auch vorbei gehen, aber ist der Gegenstand näher, werden halt mehrere Lichtstrahlen auf einmal blockiert.“			vier Seiten den Schatten, obwohl trotzdem Lichter dort sind. Also nehm ich an, dass da der Schatten bleibt.“
--	-------------------	---	--	--	--

Tabelle 13. Kategorienzuordnung der Lernprozesse des Schülers t_8 .

Der Schüler t_8 hatte vor dem Tutoring noch keine physikalisch korrekte Vorstellung zum Sehvorgang. Als sein Tutor ihm die Aufgabenkarte zu diesem Thema hinlegte verwendete t_8 den Begriff *reflektieren*. Allerdings schaffte er es nicht diesen Begriff in die Erklärung richtig einzubauen. Sein Tutor gab bereits im Mentoring die physikalisch korrekte Antwort, während des Tutorings nahm er die Aufgabenkarte und las hinten die Antwort vor. Der Schüler t_8 gab im zweiten Interview dieselbe Antwort wie im ersten Interview. Im dritten Interview änderte sich die Antwort. Der Schüler erklärte es so, wie er es im Mentoring und im Tutoring gehört hatte. Bei genauerem Nachfragen stellte sich heraus, dass diese Antwort für ihn nicht schlüssig war und er sie nur wiedergab, weil man es ihm so erklärt hatte. Als während des Tutorings das Kindergartenkind noch einmal nachfragte gab er ebenfalls zu es nicht richtig zu verstehen und führte seine Erklärungen dennoch weiter aus. Der Schüler t_8 gab die physikalisch richtige Erklärung während der beiden letzten Interviews wieder. Er verwendete bei der Lösung verschiedener Aufgaben das Konzept der geradlinigen Lichtausbreitung. Sein Tutor sagte ihm, dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Während des Mentorings sagte seine Sitznachbarin in einem Lehrer/innen-Schüler/innen-Gespräch, dass sich Licht geradlinig ausbreitet und während des Tutorings erwähnte er die geradlinige Lichtausbreitung zweimal. Der Schatten wurde von dem Schüler als schwarzer Fleck oder schwarzes Teil bezeichnet. Der Tutor stellte ihm zwar die Frage was ein Schatten sei, korrigierte die falsche Antwort des Schülers t_8 allerdings nicht, sondern machte mit der nächsten Frage weiter, obwohl sich der Tutor während des Mentorings mit der Frage auseinandersetzte. Im Tutoring mit dem Kindergartenkind behandelte der Schüler t_8 die Frage überhaupt nicht. Im letzten Interview beschrieb er den Schatten mit einer Stelle, wo das Licht nicht hinkommt. Bei der Frage nach der Schattenentstehung erklärte er meist auch die Lage des Schattens in Bezug zur Lichtquelle und dem Gegenstand. Der Schüler t_8 wusste bereits im ersten Interview die Ursache für mehrere Schatten. Sein Tutor erklärte die Begriffe Halbschatten und Kernschatten, welche der Schüler t_8 allerdings nicht übernahm. Im letzten Interview wandte er sein Wissen über die Entstehung mehrerer Schatten auf eine neue Fragestellung an.

4.3 Interpretation der Ergebnisse

4.3.1 Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale auf die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses

4.3.1.1 Schülerin t_5

Die Schülerin t_5 wurde von der Physiklehrerin als leistungsschwache Schülerin eingestuft. Im Interview äußerte sie ein situationales Interesse am Unterrichtsfach Physik und ein großes Interesse an dem Tutoring mit dem Kindergartenkind. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von Zinn (2009) wonach durch den pädagogischen Aspekt vor allem Mädchen angesprochen werden. Aus den Interviews und Videos lässt sich schließen, dass es der Schülerin besonders wichtig war bei anderen einen guten Eindruck zu erwecken (vgl. Kapitel 4.2.1). Somit ist es schwierig abzuschätzen inwieweit bei ihr wirklich ein situationales Interesse an Physik vorlag, oder ob sie eine erwünschte Antwort gegeben hat. Während des Mentorings wies sie ihren Sitznachbarn darauf hin, dass sie gefilmt werden als dieser herumalberte. Diese Szene ereignete sich in der Minute 15 des Videos. Sie war sich also noch nach einer relativ langen Zeit darüber bewusst gefilmt zu werden, während ihr Sitznachbar offensichtlich nicht mehr daran dachte. Sie bestand darauf mit ihm jede Frage zu besprechen und flüsterte manchmal, vermutlich damit das Gesagte nicht aufgezeichnet wurde. In der Arbeit mit dem Kindergartenkind bemühte sie sich sehr nett zu sein und sagte beispielsweise nicht, dass eine Antwort falsch sei, sondern dass es schon so sein könne, aber sie glaube eine andere Antwort sei richtig. Aus diesen Beobachtungen lässt sich schließen, dass die Schülerin die Aufnahmegeräte als Bewertungs- und Kontrollinstrumente empfand und deshalb ihr Verhalten veränderte (vgl. Dinkelaker & Herrle, 2009).

In den Interviews gab sie an alles verstanden zu haben, obwohl sich bei den darauffolgenden Fragen Wissenslücken offenbarten. Die Daten deuten darauf hin, dass die Schülerin das Auswendiglernen mit dem Verstehen gleich setzte, bzw. war die Art zu lernen für sie das Auswendiglernen der Antworten. Sie glaubte, wenn sie die Antworten auswendig könne, hätte sie es verstanden. Während des Mentorings bemerkte sie, dass ein Gegenstand mehrere Schatten haben kann. Es war ihr dann offensichtlich sehr peinlich im Interview die falsche Antwort gegeben zu haben. Diese Tatsache schien sie mehr zu beschäftigen als die Frage danach, warum ein Gegenstand mehrere Schatten haben kann. Sie wusste nun, dass es möglich ist, aber nicht warum. Im darauffolgenden Interview gab sie an es jetzt verstanden zu haben. Folgende Aussagen sollen zur Verdeutlichung dienen:

„Das hab ich dann verstanden, da hab ich eh daran gedacht, ah! Das war das mit den Fußballspielern.“ (3. Interview)

„...da haben wir es ja schon auswendig gelernt und wissen jetzt eh schon fast alles darüber.“ (4. Interview)

„Die Frage vergess ich immer, aber wirklich immer!“ (4. Interview)

In der Arbeit mit dem Kindergartenkind nahm sie öfter die Antworten in ihren Fragen vorweg und gab ihm dadurch kaum Zeit zum Nachdenken. Gleichzeitig forderte sie ihn oft auf zu experimentieren oder baute die dargestellten Versuche auf, um verschiedene Lampenpositionen auszuprobieren. Manchmal fragte sie, warum er glaube, dass eine bestimmte Antwort richtig sei. Die Schülerin ging mit dem Kind alle Fragen durch, als sie mit den vorgegebenen Aufgaben fertig war und sie noch Zeit zum Arbeiten hatten, überlegte sie sich allerdings keine eigenen Fragen.

4.3.1.2 Schüler t_8

Der Schüler t_8 wurde von der Lehrerin ebenfalls als leistungsschwach eingestuft und hatte nach eigenen Angaben ein situationales Interesse am Unterrichtsfach Physik, das sich hauptsächlich auf das Experimentieren bezog. Über die Unterrichtseinheit mit dem Kindergartenkind äußerte er sich positiv, allerdings nicht in demselben Ausmaß wie die Schülerin t_5 . Da der Schüler angab im darauffolgenden Jahr in eine HTL zu wechseln kann auf ein individuelles Interesse an Naturwissenschaft und Technik geschlossen werden. Er schätzte seinen eigenen Wissensstand vor dem Tutoring mit dem Kindergarten als gut ein und war auch der Überzeugung es gut erklären zu können. Wenn er etwas nicht verstand sagte er es und gab auch während des Tutorings mit dem Kindergartenkind zu, den Sehvorgang selbst nicht genau zu verstehen. Daraus lässt sich ableiten, dass bei dem Schüler t_8 eine realistische Einschätzung seiner eigenen Kompetenzen vorlag.

Der Schüler forderte das Kindergartenkind oft auf zu experimentieren, gab ihm positive Rückmeldungen und fragte nach, ob er noch Fragen hätte. Nachdem sie mit den Aufgabenkarten fertig waren überlegte er sich eigene Aufgaben und Experimente und arbeitete mit dem Kind bis die Lehrpersonen die Einheit beendeten. Als Beispiel für die Arbeitsweise mit dem Kindergartenkind wird der Einstieg in das Tutoring angeführt.

t_8 : „Geht's schon los? Also wie heißt du?“

K: „Nick.“

t_8 : „Also Nick, hast du schon einmal etwas über den Schatten oder das Licht gehört?“

K schüttelt den Kopf

t_8 holt Karten unter dem Tisch hervor.

t_8 : „Also, ok, beginnen wir. Also, wenn du jetzt die Hand ausstreckst, siehst du da einen Schatten.“

Beide heben die Hand in die Höhe.

t_8 : „Ja, also das ist dein Schatten und über das Thema beschäftigen wir uns jetzt.“

Bei neuen Fragestellungen versuchte er ausgehend von seinem bisherigen Wissen durch Überlegungen eine Antwort zu finden. Folgendes Zitat soll dies verdeutlichen.

*„Im Fußballstadion, wenn da eine Person ist und überall sind Scheinwerfer, dann sieht man auf vier Seiten den Schatten, obwohl trotzdem Lichter dort sind. Also nehm ich an, dass da der Schatten bleibt.“
(5. Interview)*

Dieses Interview fand ein Jahr nach dem Projekt statt. In diesem Interview antwortete er auf die Frage *Was ist ein Schatten?* mit einer physikalisch korrekten Antwort.

„Ein Schatten ist halt eine Stelle, wo von einer bestimmten Lichtquelle, ich mein, wo eine bestimmte Lichtquelle nicht hinkommt.“ (5. Interview)

Lernprozesse haben bei dem Schüler also noch nach dem Projekt stattgefunden, obwohl an diesem Thema in der Schule nicht mehr gearbeitet wurde. Aus diesen Beobachtungen lässt sich folgern, dass der Schüler die Inhalte nicht auswendig gelernt, sondern verstanden hat.

4.3.1.3 Beantwortung der Forschungsfrage F1

F1: Welchen Einfluss haben Persönlichkeitsmerkmale der Schüler/innen auf das verständnisvolle Physiklernen?

H1.1: Eine realistische Einschätzung der eigenen Kompetenzen wirkt sich günstig auf das konzeptuelle Verständnis aus.

H1.2: Das im Schulalltag antrainierte Auswendiglernen behindert die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses.

Die angeführten Beobachtungen bestätigen beide Hypothesen. Der Schüler t_8 schätzte seine eigenen Kompetenzen realistisch ein und gab auch zu etwas nicht zu verstehen. Die Schülerin t_5 hingegen gab an alles verstanden zu haben, hatte aber wichtige Konzepte für sich nicht erschlossen wodurch sie Schwierigkeiten beim Lösen der Aufgaben hatte. Hier kommt es allerdings zu einer Überschneidung mit der Hypothese H1.2 da die Schülerin t_5 Auswendiglernen mit Verstehen gleichsetzte. Sie wusste gewisse Antworten auf bestimmte Fragen auswendig ohne sie zu verstehen. Wenn die Frage in einer leicht abgewandelten Form an sie gestellt wurde, konnte sie diese nicht lösen und verstand das dahinterliegende Prinzip nicht. Das führte auch dazu, dass sie ein Jahr nach dem Projekt fast nichts mehr darüber wusste. Im Gegensatz dazu verstand der Schüler t_8 die dahinterliegenden Konzepte, konnte sie auf verschiedene Fragestellungen anwenden und konnte sich ein Jahr nach dem Projekt zu einigen Fragen besser ausdrücken als davor. Der Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale auf das verständnisvolle Physiklernen ist somit sehr groß.

4.3.2 Einfluss des Tutors/der Tutorin und des Mentorings

4.3.2.1 Schülerin t₅

Die Schülerin t₅ übernahm dreimal die Erklärungen ihres Tutors und zwar in den Kategorien

- Erklärung des Sehvorgangs
- Geradlinige Lichtausbreitung
- Bildung mehrerer Schatten

Wobei die Erklärungen ihres Tutors betreffend des Sehvorgangs und der Bildung mehrerer Schatten nicht stimmten, bzw. unvollständig waren. Ihr Tutor erzeugte zwei Schatten mit nur einer Lampe, da als zweite Lichtquelle das hereinscheinende Sonnenlicht diente. In der Kategorie *Definition des Schattens* wurde die Erklärung des Tutors nicht übernommen. Hier behielt sie ihre ursprünglichen Antworten bei. Auffallend ist, dass sie die Erklärungen ihres Tutors vor allem im Tutoring mit dem Kindergartenkind anwandte und weniger in den dazwischen geführten Interviews. Ihr Tutor zeigte seinen Tutees die Bildung von zwei Schatten. Im Interview nach dem Tutoring gab sie auf die Frage, ob sie nun wisse warum ein Gegenstand mehrere Schatten haben kann, an dass sie dieses Thema nicht besprochen hätten. Die Schülerin unterschied offensichtlich zwischen der Bildung von zwei und mehr als zwei Schatten. Zwei Schatten bezeichnete sie als Doppelschatten.

Im Mentoring besprach sie kurz den Sehvorgang mit ihrem Sitznachbar und las die Antwort auf der Karte laut vor. Ihr Sitznachbar glaubte nicht, dass Licht von einem Gegenstand reflektiert wird. Sie ging darauf nicht weiter ein und sagte nur, dass man das Licht brauche. Möglicherweise verstand die Schülerin den Begriff *reflektieren* nicht. Es wäre gut gewesen den Begriff mit den Schülern und Schülerinnen genauer zu erörtern und zu sagen, dass das Licht gestreut wird, da der Begriff Reflektieren eher in Bezug auf ein Spiegelbild verwendet wird. Während des Mentorings entdeckte sie auch, dass ein Gegenstand mehrere Schatten haben kann. Die Definition des Schattens wurde im Mentoring von der Lehrperson besprochen, die Erklärung wurde von der Schülerin allerdings nicht übernommen.

Der Tutor T₄ hatte während seines Mentorings wenig aktiv mitgearbeitet. Sein Sitznachbar war an diesem Tag nicht in der Schule, deshalb arbeitete er alleine. Die meiste Zeit über sah er gelangweilt aus. Die *geradlinige Lichtausbreitung* sowie die *Definition des Schattens* wurden von ihm aus dem Mentoring übernommen. Er erzeugte mit einem anderen Schüler gemeinsam zwei Schatten, verwendete während des Tutorings allerdings nur eine Lampe. Während des Tutorings arbeitete der Tutor T₄ alleine mit drei Tutees, was nach Cohen (1986) einen geringeren Lernerfolg verspricht.

4.3.2.2 Schüler t_8

Während des Tutorings erklärte der Tutor T_2 dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Der Schüler t_8 sagte seinem Tutee ebenfalls, dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Ob diese Erklärung allerdings wirklich vom Tutor übernommen wurde kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, da der Schüler bereits vor dem Tutoring Fragen im Sinne einer geradlinigen Lichtausbreitung beantwortete und auch im Mentoring noch einmal eingehender über die geradlinige Lichtausbreitung gesprochen wurde. In den anderen Kategorien erfolgte keine Übernahme der Erklärungen des Tutors T_2 .

Während des Mentorings der dritten Klasse wurde der Sehvorgang besprochen. Im darauffolgenden Interview gab der Schüler t_8 die physikalisch korrekte Antwort. Die Definition des Schattens wurde ebenfalls besprochen. Zu diesem Zeitpunkt kritzelte der Schüler gerade etwas auf seinen Zettel. Er behielt im darauffolgenden Interview seine ursprüngliche Erklärung bei. Der Tutor T_2 beteiligte sich mehrmals aktiv beim Mentoring. Beim Vergleichen der Fragen kamen von ihm zu zwei Kategorien Wortmeldungen im Sinne eines Lehrer/innen-Schüler/innen-Gesprächs. Er sagte sogar, dass Licht von einem Gegenstand reflektiert wird und in unser Auge kommt. Beim Tutoring liest er die Antwort auf der Karte vor. Bei der Definition des Schattens half er seinem Tutee nicht weiter, sondern ging einfach zur nächsten Frage über. Die Begriffe Halbschatten und Kernschatten notierte er sich im Mentoring und verwendete sie auch im Tutoring.

4.3.2.3 Beantwortung der Forschungsfragen F2 und F3

F2: Welchen Einfluss hat der Tutor/die Tutorin auf den Lernprozess der Tutees?

H2.1: Da Tutoren und Tutorinnen nicht dieselbe Autorität wie Lehrer/innen haben kommunizieren sie mit den Tutees auf derselben Ebene und verwenden auch dieselbe Peersprach. Das führt dazu, dass die Begriffe und Erklärungen vom Tutor/von der Tutorin übernommen.

Die Schülerin t_5 hat aus drei von fünf Kategorien die Erklärungen ihres Tutors übernommen und diese beim Tutoring mit dem Kindergartenkind verwendet. Bei dem Schüler t_8 kann nicht festgestellt werden ob überhaupt eine Erklärung übernommen wurde. Ein möglicher Grund dafür ist, dass der Tutor T_2 seine Aufgabe nicht sehr ernst genommen hat, die Fragen ziemlich rasch durchgegangen ist und kaum Erklärungen geliefert hat. Ein weiterer Grund ist, dass der Schüler t_8 bereits viel wusste und er von seinem Tutor kaum Neues gehört hatte. Die Arbeitsatmosphäre während des Tutorings der 4A mit der 3A kann allgemein als nicht sehr

produktiv beschrieben werden. In allen Gruppen beschäftigten sich die Schüler/innen sehr oberflächlich mit dem Stoff. Die Aufgaben wurden schnell abgearbeitet, nach 15 Minuten waren die meisten fertig und plauderten oder blödelten. Das mag zum einen daran liegen, dass bei diesem Termin die Physiklehrerin nicht anwesend war und zum anderen, dass der Altersunterschied zwischen Tutor/in und Tutee zu gering war. Das wurde ebenfalls durch das Tutoring der 3A mit dem Kindergarten deutlich, da sich hier die Schüler/innen viel reifer verhielten und ihre Rolle als Tutor/in ernst nahmen. Das Problem des zu geringen Altersunterschieds deckt sich mit den Ausführungen von Cohen (1986).

F3: Welchen Einfluss hat das Mentoring auf die Lernaktivitäten und den Lernprozess aller Beteiligten?

H3.1: Eine aktive Beteiligung der Schüler/innen beim Mentoring unterstützt die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses.

Ein Zusammenhang zwischen der aktiven Beteiligung im Mentoring und einer Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses konnte nicht festgestellt werden. Es wurden vereinzelt Inhalte aus dem Mentoring von den Schülern und Schülerinnen übernommen, unabhängig davon ob sie sich aktiv beteiligten oder sich anderweitig beschäftigten. Um diese Frage besser zu beantworten wäre es nötig gewesen mit den Schülern und Schülerinnen der 4A vor dem Mentoring Interviews zu führen. Ein weiterer Punkt ist, dass man aufgrund eines Videos nicht abschätzen kann was in einem Schüler/einer Schülerin vorgeht. So kann jemand sehr unbeteiligt wirken und beispielsweise auf einen Zettel kritzeln, aber dennoch aufmerksam zuhören.

4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Was die Schülervorstellungen zum Thema Sehen betrifft, so decken sich die Befunde weitgehend mit denen von Guesne (1985), Andersson & Kärrqvist (1983) und Ramadas & Driver (1989) wonach die meisten Schüler/innen keine physikalisch korrekte Vorstellung über den Sehvorgang besitzen. Alle acht zu Beginn interviewten Schüler/innen antworteten in dem Sinn, dass Licht auf das Buch fällt und man es dann einfach sieht. Lediglich der Schüler T₂ sagte während des Mentorings, dass Licht vom Gegenstand reflektiert wird und in das Auge gelangt. Einige Fragen beantworteten die Schüler/innen im Sinn einer geradlinigen Lichtausbreitung, einige nicht. Die Schülerin t₅ sagte ihrem Tutee dass sich Licht geradlinig ausbreitet und konnte dieses Konzept im darauffolgenden Interview selbst nicht für alle

Fragestellungen anwenden. Diese Beobachtungen decken sich mit denen von Herdt (1990) beschriebenen, wonach Schüler/innen situationsspezifisch unterschiedliche Konzepte anwenden. Es war für die meisten Schüler/innen relativ einfach den Schatten einer Lichtquelle bzw. die Lichtquelle eines Schattens einzuzeichnen, bei mehreren Schatten bzw. mehreren Lichtquellen war dies für viele nicht mehr möglich. Ravanis et al. (2010) kommen zu demselben Ergebnis. Ebenfalls decken sich die vorliegenden Ergebnisse mit denen von Feher & Rice (1988) wonach ein Großteil der Kinder auf die Frage *Was ist ein Schatten?* damit antworten wie er gebildet wird. Die Antwort, dass der Schatten ein Bild von einem sei, kam ebenfalls öfter vor.

Die Antworten auf die Forschungsfragen deuten darauf hin, dass die Persönlichkeitsmerkmale einen weitaus größeren Einfluss auf die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses haben als das Cross Age Peer Tutoring. Allerdings ist die Stichprobe von zwei Schüler/innen zu klein um die Ergebnisse zu verallgemeinern. Der Zeitraum über den sich das Projekt erstreckte war relativ kurz und die Schüler/innen hatten mit jeweils einer knappen Stunde wenig Zeit zum Arbeiten. Cohen (1986) führt an dass Schüler/innen bessere Leistungen erzielen, wenn das Tutoring vier Stunden pro Woche stattfindet. Die Schüler/innen gaben dennoch an, dass sie sich aufgrund des Tutorings mit dem Stoff intensiver auseinandersetzten als es im herkömmlichen Unterricht der Fall wäre. Dieser Befund deckt sich mit dem von Galbraith & Winterbottom (2011).

Der Schüler t_8 und die Schülerin t_5 wurden von der Physiklehrerin als leistungsschwach eingestuft. Nach Analyse der erhobenen Daten kann allerdings davon ausgegangen werden, dass es sich bei dem Schüler t_8 um einen leistungsstarken Schüler handelt, dessen Fähigkeiten allerdings im gängigen Schulunterricht nicht zum Vorschein kommen. Daraus ergeben sich unterschiedliche Voraussetzungen für den Schüler t_8 und die Schülerin t_5 .

Bei der Analyse der Interviews wäre es an manchen Stellen hilfreich gewesen Videomaterial anstatt reinem Audiomaterial zur Verfügung zu haben. Die Schüler/innen zeichneten öfter etwas ein und so wären ihre einzelnen Schritte besser nachvollziehbar gewesen. Allerdings hätte eine Kamera einen stärkeren Einfluss auf die Schüler/innen ausgeübt und hätte so zu größeren Veränderungen im Verhalten geführt (vgl. Dinkelaker & Herrle, 2009). Für die Arbeit der Schüler/innen im Tutoring wäre es besser gewesen nicht mit vorgefertigten Aufgabenkarten zu arbeiten, da diese die Aktivitäten der Schüler/innen einschränken und zu einem Auswendiglernen der Antworten führen. Die meisten Schüler/innen arbeiteten nur die Fragen durch und überlegten sich keine eigenen Aufgaben.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die positiven Aspekte des Cross Age Peer Tutorings überwiegen. Diese wurden auch von den Schülern und Schülerinnen in den Interviews erwähnt. Wie groß der Nutzen tatsächlich ist hängt stark mit der Planung und Durchführung eines solchen Projekts zusammen.

Für mein zukünftiges Berufsfeld habe ich durch die Auseinandersetzung mit dieser Arbeit und im Speziellen durch die Interviews mit den Schüler/innen gelernt wie wichtig es ist den Unterricht so zu gestalten, dass die Schüler/innen den Stoff wirklich verstehen und ihn nicht bloß Auswendiglernen. Es war schön zu sehen welche Freude die Schüler/innen bei dem Tutoring mit den Kindergartenkindern hatten und mit welcher Ernsthaftigkeit sie an das Ganze herangingen. Das motiviert dazu die Methode des Cross Age Peer Tutorings auch im eigenen Unterricht einzusetzen.

Literatur

Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European journal of science education* , S. 387-402.

Blumör, R. (1993). *Schülervorstellungen und Lernprozesse in der elementaren Optik: ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule*. Essen: Westarp Wiss.

Brown, D. (1993). Refocusing core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching* 30 (10) , S. 1273-1290.

Chen, S.-M. (2009). Shadows: Young Taiwanese children's views and understanding. *International Journal of Science Education* , 31, S. 59-79.

Cohen, J. (1986). Theoretical Considerations of Peer Tutoring. *Psychology in the Schools* , S. 175-186.

Dedes, C., & Ravanis, K. (2009). History of Science and Conceptual Change: The Formation of Shadows by Extended Light Sources. *Science & Education* , 18, S. 1135-1151.

Devin-Sheehan, L., Feldman, R., & Allen, V. (1976). Research on Children Tutoring Children: A Critical Review. *Review of Educational Research* , S. 355-385.

Dinkelaker, J., & Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Duit, R. (2004). Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In W. R. Müller R., *Schülervorstellungen in der Physik, Festschrift für Harmut Wiesner* (S. 8-15). Köln: Aulis Verlag Deubner.

Duit, R. (2004). Vorstellung und Experiment - Von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. In W. R. Müller R., *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 20-23). Aulis Verlag.

Dykstra, D., Boyle, F., & Monarch, I. (1992). Studying Conceptual Change in Learning Physics. *Science Education* , S. 615-652.

Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and Anti-Images: Children's Conceptions of Light and Vision. II. *Science Education* , 72, S. 637-649.

Flick, U. (2007). *Designing Qualitative Research*. London: SAGE Publications.

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* , S. 450-469.

Galbraith, J., & Winterbottom, M. (2011). Peer-tutoring: what's in it for the tutor? *Educational Studies* , S. 321-332.

Guesne, E. (1984). Die Vorstellungen von Kindern über Licht. *physica didactica* , S. 79-98.

- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien, *Children's ideas in science* (S. 10-33). Philadelphia : Open University Press.
- Hanel, P. (kein Datum). *Lernen durch Lehren*. Abgerufen am 6. Juli 2015 von <http://www.ldl.de/Material/EmpfLiteratur/hanel.htm>
- Hanel, P. (1991). Lernen durch Lehren, oder Schüler übernehmen Lehrerfunktionen. *RL-Information* , S. 31-34.
- Helfferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Herdt, D. (1990). *Einführung in die elementare Optik:vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs*. Essen: Westarp Wiss.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 34* , S. 2-6.
- Jung, W. (1982). Fallstudien zur Optik. *physica didactica* , S. 199-220.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. Basel: Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2002). *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science* , S. 183-200.
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. NJ: Littlefield: Totowa.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education* , S. 211-227.
- Ramadas, J., & Driver, R. (1989). *Aspects of secondary students ideas about light*. The University of Leeds.
- Ravanis, K., Christidou, V., & Hatzinikita, V. (2013). Enhancing Conceptual Change in Preschool Children's Representations of Light: A Sociocognitive Approach. *Res Sci Educ* , S. 2257-2276.
- Ravanis, K., Zacharos, K., & Vellopoulou, A. (2010). The Formation of shadows: The case of the position of a light source in relevance to the shadow. *Acta Didactica Napocensia* , 3, S. 1-6.
- Rice, K., & Feher, E. (1987). Pinholes and Images: Children's Conceptions of Light and Vision. I. *Science Education* , 71 , S. 629-639.
- Roscoe, R., & Chi, M. (2008). Tutor learning: the role of explaining and responding to questions. *Instructional Science* , S. 321-350.
- Segal, G., & Cosgrove, M. (1993). "The sun is sleeping now": Early learning about light and shadows. *Research in Science Education* , 23, S. 276-285.

Wagenschein, M. (1995). *Die Pädagogische Dimension der Physik*. Aachen: Hahner Verlagsgesellschaft.

Widodo, A., & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 131-146.

Wiesner H, .. S. (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Freising: Aulis Verlag.

Wodzinski, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In R. W. Müller, *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 23-36). Aulis Verlag.

Zinn, B. (2009). Ergebnisse einer Pilotuntersuchung zur Unterrichtsmethode "Lernen durch Lehren". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 325-329.

Zitierte Websites

<http://www.supra-lernplattform.de/images/stories/Licht-Schatten/auto.jpg> aufgerufen am 29.08.2015

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/lichtausbreitung> aufgerufen am 29.08.2015

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/lichtausbreitung/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/lichtausbreitung/lb/quiz-schatten-0> aufgerufen am 29.08.2015

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/lichtausbreitung/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/lichtausbreitung/lb/quiz-schatten-0> aufgerufen am 29.08.2015

<http://www.supra-lernplattform.de/images/stories/Licht-Schatten/haus.jpg> aufgerufen am 29.08.2015

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Vier Aufgaben zur Schattenbildung (Ravanis, Zacharos, Vellopoulou, 2010, S.3).	18
Abbildung 2. Überblick über die Interventionen.....	29
Abbildung 3. Timeline.....	29
Abbildung 4. Wie funktioniert das Sehen?.....	31
Abbildung 5. Aufgabe 1: "Welcher Schatten ist der richtige?"	31
Abbildung 6. Aufgabe 2: "Welche Lampe erzeugt den Schatten?"	31
Abbildung 7. Aufgabe 3: "Welliger Schatten".	32
Abbildung 8. Aufgabe 4: "Welches Auge kann die Kerze sehen?"	32
Abbildung 9. Aufgabe 5 Teil 1 "Eigenschaften des Schattens".	32
Abbildung 10. Aufgabe 5 Teil 2 "Eigenschaften des Schattens".	32
Abbildung 11. Aufgabe 6 "Position der Lichtquelle".	33
Abbildung 12. Aufgabe 7 "Positionen der Lichtquellen".	33
Abbildung 13. Welches Bild beschreibt den Sehvorgang?	82
Abbildung 14. Radfahrer mit Schatten.	82
Abbildung 15. Fußballspieler mit vier Schatten.	83
Abbildung 16. Lucky Luke schießt schneller als sein Schatten	84
Abbildung 17. Haus mit Schatten.	85
Abbildung 18. Weinglas mit zwei Schatten.	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Einteilung der Präkonzepte (Brown, 1993, S. 1275).....	8
Tabelle 2. "What is a shadow?" Frequency of Occurrence of Various Types of Answers (Feher & Rice, 1988, S. 641).....	19
Tabelle 3. "Is there a shadow in the dark, where there is no light?": Frequency of Occurrence of Various Types of Answers and Explanations (Feher & Rice, 1988, S. 642).	20
Tabelle 4. Einteilung der Schüler/innen.	28
Tabelle 5. Vorgesehene Konstellation der Schüler/innen.....	30
Tabelle 6. Tatsächliche Konstellation der Schüler/innen.	30
Tabelle 7. Kategorien zur Charakterisierung der Schüler/innen	42
Tabelle 8. Kategorienzuordnung der Schülerin t_5	46
Tabelle 9. Vorwissen der Schülerin t_5	47
Tabelle 10. Kategorienzuordnung des Schülers t_8	53
Tabelle 11. Vorwissen Schüler t_8	54
Tabelle 12. Kategorienzuordnung der Lernprozesse der Schülerin t_5	60
Tabelle 13. Kategorienzuordnung der Lernprozesse des Schülers t_8	67

Anhang

Interviewleitfäden

1. Interview

- Mich würde dein Interesse für das Fach Physik interessieren!
 - Was gefällt dir daran? Was nicht?
 - Warum?
- Was ist Licht? Wie würdest du es beschreiben?
- Wie bewegt sich Licht? Kannst du mir das kurz erklären?
 - Bsp. wenn du eine Taschenlampe einschaltest und auf eine Wand leuchtest. Was passiert da?
- Wie funktioniert das Sehen?

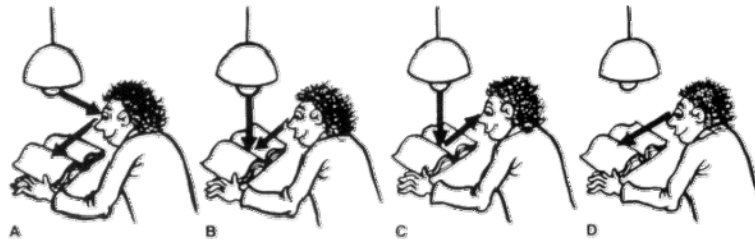


Abbildung 13. Welches Bild beschreibt den Sehvorgang?

- Was kannst du mir zu den Bildern sagen?
- Was siehst du hier?
- Was bedeuten die Pfeile?
- Welches Bild beschreibt den Sehvorgang?
- Hat alles und jeder einen Schatten?
- Radfahrer:



Kann man über seinen Schatten springen?

- ☐ Man kommt vor dem Schatten auf.
- ☐ Man kommt auf dem Schatten auf.
- ☐ Man kommt hinter dem Schatten auf.
- ☐ Wie weit man über den Schatten kommt hängt von der Sprunggeschwindigkeit ab.

Abbildung 14. Radfahrer mit Schatten.

- Was ist das da am Boden? (Kann der Schatten überhaupt so aussehen?)
- Kann man über seinen Schatten springen?
- Wo glaubst du kommt der Radfahrer auf? (vor dem Schatten, dahinter, auf dem Schatten, kommt auf die Sprunggeschwindigkeit an)
- Aufgabe 1 (Abb. 5):
 - Welcher Schatten stimmt? Warum stimmt er?
 - Könnte das Auto auch mehrere Schatten haben? Könnte mehr als ein Schatten richtig sein?
- Aufgabe 2 (Abb. 6):
 - Von welcher Lampe stammt der Schatten des Kamels?
 - Warum ist der Schatten größer als das Kamel? Kann das überhaupt sein?
- Aufgabe 5 Teil 1 (Abb. 9):
 - Kann man seinen Schatten übermalen? Warum (nicht)?
 - Kann es sein dass ein Schatten bunt ist? Warum (nicht)?
- Fußballspieler:



Abbildung 15. Fußballspieler mit vier Schatten.

- Warum hat hier jeder Fussballspieler mehrere Schatten?
- Kann das sein oder ist das ein Fehler im Computerspiel?
- Was genau ist ein Schatten überhaupt? Wie würdest du das beschreiben?
- Wie entsteht ein Schatten? Wie kannst du einen Schatten erzeugen?

- Lucky Luke:



Abbildung 16. Lucky Luke schießt schneller als sein Schatten.

- Was fällt dir daran auf?
- Sind dem Zeichner Fehler passiert?
- Wir haben uns jetzt ausführlich über Licht und Schatten unterhalten. Wie war für dich das Lösen der Aufgaben?
 - War es schwierig für dich?
 - Hat dir das Lösen der Aufgaben gefallen?

2. Interview

- Hat dir die Stunde mit der 4. Klasse zum Thema Schatten Spaß gemacht? Warum (nicht)?
- Hast du das Gefühl etwas dazugelernt zu haben? Wenn ja, was?
- Wie zufrieden warst du mit deinem Tutor?
 - Hat er es gut erklärt? Warum?
 - Hast du ihm Fragen gestellt? Warum?
 - Glaubst du hat er sich mit dem Thema gut ausgekannt? Woran hast du das gemerkt?
 - Hat er seine Rolle als Lehrer ernst genommen?
- Freust du dich schon auf die Stunde mit dem Kindergarten?
 - Glaubst du dass du es den Kindergartenkindern gut erklären kannst? Warum?
 - Gibt es noch Bereiche wo du unsicher bist?
 - Wirst du es so erklären wie es dir dein Tutor erklärt hat, oder anders? Was wirst du ändern?

Ich werde dir heute noch einmal ein paar Fragen zum Thema Licht und Schatten stellen.

- Wie funktioniert das Sehen? (Bsp. mit Stift)

- Haus und Sonne:

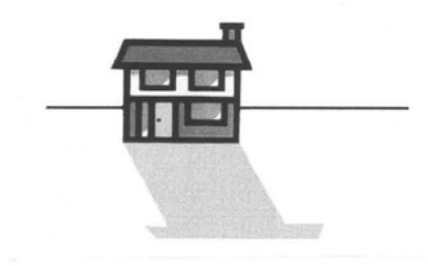


Abbildung 17. Haus mit Schatten.

- Kannst du in dem Bild die Sonne einzeichnen?
 - Wo befindet sich die Sonne?
 - Wo wäre die Sonne wenn der Schatten länger/kürzer wäre?
- Weinglas und Lampe:

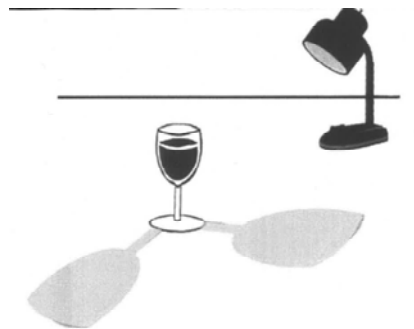


Abbildung 18. Weinglas mit zwei Schatten.

- Welcher Schatten ist der Richtige?
- Hast du mit deinem Tutor auch versucht die Größe eines Schattens zu verändern? Wie funktioniert das? Warum ändert sich die Größe des Schattens?
 - Letztes Mal habe ich dir das Bild von dem Fußballspieler mit mehreren Schatten gezeigt. Bist du in der Zwischenzeit darauf gekommen warum er mehrere Schatten hatte?
 - Was genau ist ein Schatten? Wie entsteht ein Schatten?
 - Muss der Schatten mit dem Gegenstand verbunden sein?

3. Interview

- Wie war das Mentoring für dich?
- Glaubst du noch etwas dazugelernt zu haben?
- Kannst du mir noch einmal erklären wie das Sehen funktioniert?
 - Was wäre wenn es dunkel ist? Würde man dann auch etwas sehen?
 - Warum leuchtet der Mond?
- Aufgabe 3 (Abb. 7)
- Aufgaben 6 und 7 (Abb. 11 & 12):
- Schattengröße:
 - Welcher Pfeil glaubst du hat den größten Schatten?
 - Kannst du mir dein Ergebnis beschreiben?
 - Auf welchem Weg breitet sich das Licht aus?
- Wenn ich jetzt das Kindergartenkind wäre: wie würdest du mir erklären was ein Schatten ist?

Individuelle Zusatzfragen:

t₅:

- Welliger Schatten: Du wolltest den Schatten zuerst anders zeichnen, dein Sitznachbar hat gemeint man muss nur einen Strich machen. Warum warst du dir unsicher?
- Warum kann ein Gegenstand mehrere Schatten haben?

t₈:

- Muss der Schatten immer mit der Person verbunden sein? Warum?

4. Interview

- Wie hat dir die Stunde mit dem Kindergartenkind gefallen?
 - Was hat dir daran (nicht) gefallen?
- Warst du zufrieden mit dem Kindergartenkind?
- Was wusste das Kind vorher schon?
- Hast du dich wie eine Lehrerin, ein Lehrer, gefühlt?
- Glaubst du, dass du durch die Stunde mit dem Kindergartenkind, also durch das Erklären, etwas dazu gelernt hast?
 - Warum (nicht)?

- Bist du beim Erklären auf Dinge drauf gekommen, wo du dir noch unsicher warst?
- Hat dir das Kind auch Fragen gestellt? Wollte er/sie etwas genauer wissen?
- Wie hast du das Material gefunden, dass du von uns zum Experimentieren bekommen hast?

Fachliche Fragen:

- Wie funktioniert das Sehen?
- Was ist ein Schatten?
- Warum kann man die Größe eines Schattens verändern?
- Einzeichnen der zwei Lichtquellen:

5. Interview

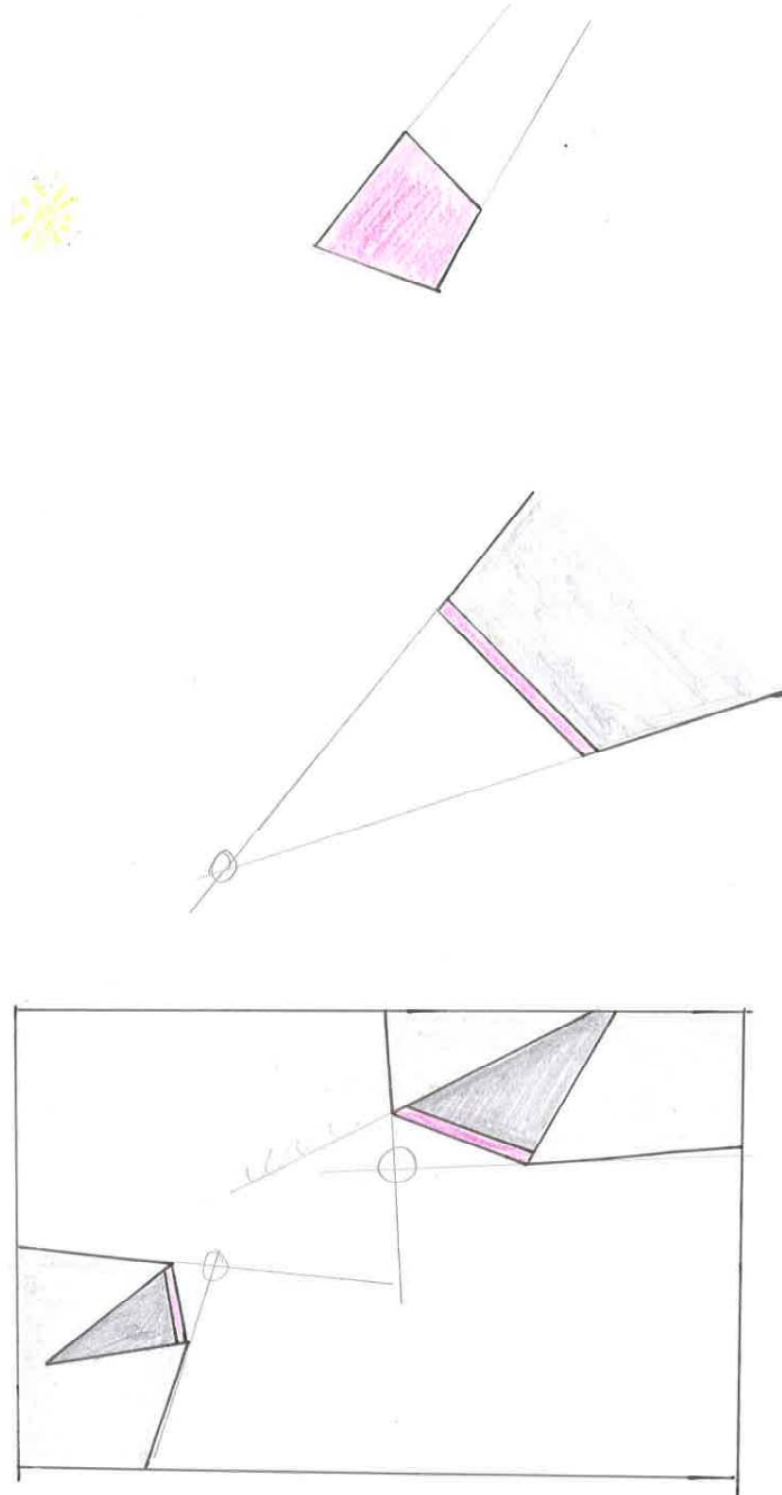
- Kannst du dich noch an das Projekt im letzten Jahr erinnern, wo ihr zum Thema „Licht und Schatten“ gearbeitet habt?
- Glaubst du, dass du dir davon etwas gemerkt hast?
- Wie funktioniert das Sehen?

Zeichnungen:

- Hier ist eine Lichtquelle und dort ein Gegenstand. Zeichne bitte den Schatten des Gegenstandes ein.
- Hier ist ein Stab gezeichnet und dahinter sein Schatten. Wo befindet sich die Lichtquelle?
- Hier sind zwei Stäbe eingezeichnet und ihre Schatten. Wo befinden sich die zwei Lichtquellen?
- In der Mitte steht ein Mann, links und rechts von ihm sind zwei Laternen. Zeichne den Schatten des Mannes ein.
- Bei der letzten Aufgabe sind zwei Gegenstände eingezeichnet, sie werden jeweils von einer Lampe beleuchtet. Hinter den Gegenständen befindet sich eine Wand. Welcher der beiden Gegenstände wirft den größeren Schatten?
 - Warum?
- Glaubst du hat dir dieses Projekt für den weiteren Physikunterricht geholfen?
- Habt ihr das Thema danach im Unterricht noch einmal durchgenommen?
- Du bist jetzt im 4. Jahr an dieser Schule. In welche Schule wirst du danach gehen?

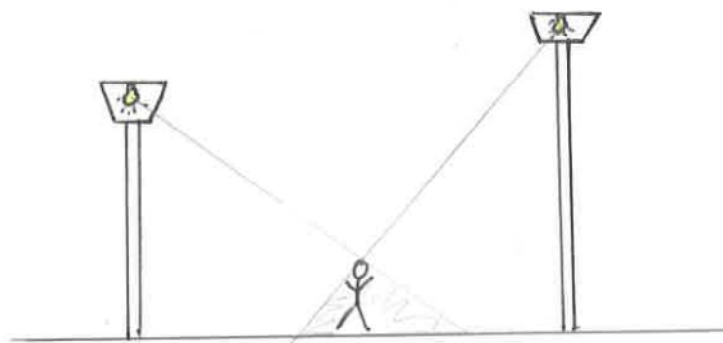
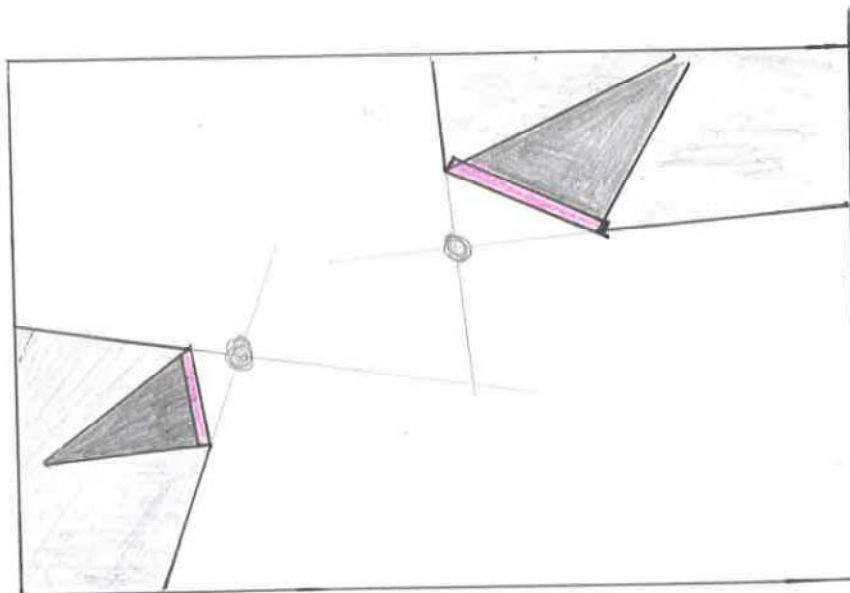
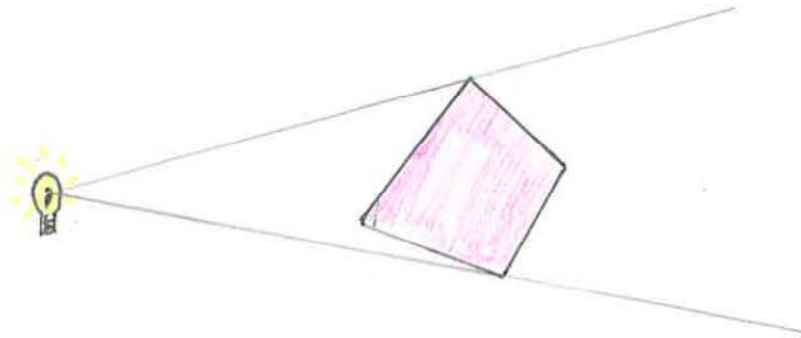
Lösungen der Aufgaben aus dem fünften Interview

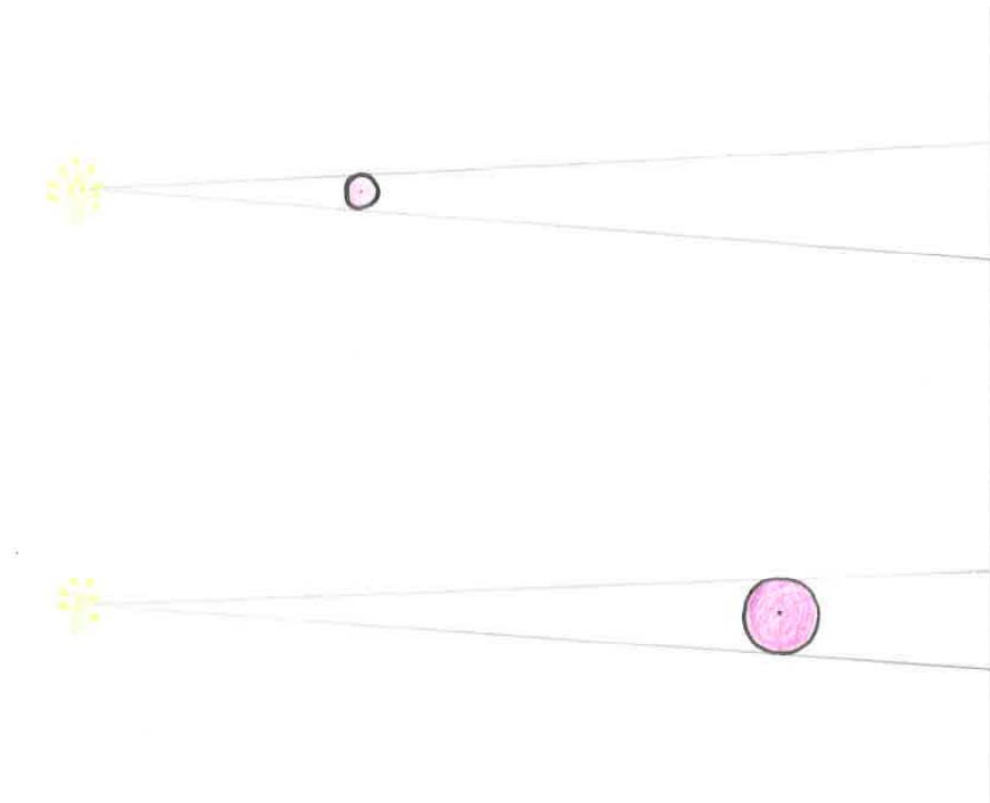
Schülerin t₅:





Schüler t₈:





Curriculum vitae – Renate Pauer

Persönliche Angaben

Geburtsdatum	28. Februar 1982
Familienstand	ledig, 1 Kind
Geburtsort	Mödling
Staatsangehörigkeit	Österreich

Studium

seit 10/2008	Lehramtsstudium für die Unterrichtsfächer Physik und Psychologie und Philosophie
10/2002 – 06/2006	Studium der Molekularbiologie
10/2001 – 06/2002	Studium der Veterinär Medizin

Schule und Ausbildung

02/2012 – 01/2015	Ausbildung zur Montessori-Lehrerin (Kindesalter 6 -12 Jahre) an der Montessori-Akademie der ÖMG
10/2001	Matura am BRG7

Berufliche Tätigkeiten

01/2014 – 06/2014	Montessori-Schule Heiligenkreuzerhof - Kochbegleitung
2001 – 2015	Studienbegleitende Tätigkeiten im Einzelhandel

Sonstige Aus- und Weiterbildungen

Gordon Kommunikationstraining

Wien, 28.08.2015