



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Lernprozesse und Rollenverständnis beim Cross Age Peer Tutoring

Eine qualitative Studie zum Thema ebener Spiegel und Spiegelbild im Rahmen eines
Sparkling-Science-Projekts

Verfasserin

Maria Teresa Ziegler

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190412445

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium UF Physik UF Biologie und Umweltkunde

Betreuerin / Betreuer: Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Sparkling-Science-Forschungsprojektes wurde der Einfluss der Methode Cross-Age-Peer-Tutoring auf Lernprozesse von Tutoren und Tutees mittels einer qualitativen Studie zum Thema ebener Spiegel und Spiegelbild untersucht. Es wurde davon ausgegangen, dass Schülerinnen und Schüler in gemeinsamen Lernsituationen mit jeweils jüngeren Peers deren konzeptuelle Vorstellungen zum ebenen Spiegel erforschen können und dabei selbst angeregt werden, ihre eigenen kognitiven Strukturen zu reflektieren und zu adaptieren. In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Interaktionen zwischen Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen I und II untersucht: Tutoring zwischen Sek II/AHS und Sek I/AHS, Mentoring Sek I/AHS und Tutoring zwischen Sek I/AHS und Sek I/NMS (neue Mittelschule). Im Blickpunkt der empirischen Untersuchungen standen die Erfassung von Schülervorstellungen und Rollenverständnis der Tutoren und Tutees vor, während, und nach den Interaktionen sowie die Frage, wie diese die verschiedenen Interaktionsprozesse beeinflussen. Qualitative Inhaltsanalysen von zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführten Interviews und von Videoaufnahmen bei den Interaktionen erlauben die Schlussfolgerung, dass vor allem die kognitiven Voraussetzungen aller Akteure maßgeblich für die Qualität der Interaktionsprozesse verantwortlich sind. In Übereinstimmung mit der Literatur nehmen die Tutees ihre Tutoren/innen eher nicht als Lehrpersonen, sondern maßgeblich auf der freundschaftlichen Basis wahr. Auch aus der Sicht der Tutoren/innen wird die Rolle als Lehrperson sehr differenziert gesehen und daher findet eher keine Identifikation mit dieser Rolle statt.

Abstract

Within the scope of a sparkling-science-project, the influence of a method called cross-age-peer-tutoring on the learning process of tutors and tutees was investigated by a qualitative study on the topic plane mirror and reflection. It has been assumed, that students in collective learning situations with younger peers are able to investigate their conceptions of plane mirrors and are being encouraged to reflect and adapt their own cognitive structures. The following interactions between students secondary level I (Sek I) and secondary level II (Sek II) had been investigated in this paper: Tutoring between Sek II/AHS and Sek I/AHS, mentoring Sek I/AHS und tutoring between Sek I/AHS and Sek I/NMS (“neue Mittelschule”). The empirical studies were focused on gathering alternative facts of knowledge and frameworks of the tutors and tutees during and after the interactions. Moreover, the question how these alternatives facts of knowledge and frameworks influence the different interaction processes, was of particular importance. Qualitative analyses of several interviews, conducted at various times and of video recordings, recorded during the interactions allow to conclude that the cognitive requirements of all actors are highly relevant for the quality of the interaction processes. Corresponding to the literature, the tutees do not perceive their tutors as teachers but rather perceive them on a friendly basis. Even the tutors perceive their role different to the teachers’ character and, therefore they do not identify themselves with the teachers’ role.

Danksagung

Mein größter Dank gilt meinem zukünftigen Ehemann, der mir die nötige Stütze war und dem ich das Gelingen dieser Arbeit dadurch verdanke.

Ein großer Dank geht auch an meine Mutter, die ich nachts um 4 Uhr in der Früh anrufen durfte und die mich in bei der Finalisierung der Arbeit mental und psychologisch unterstützte. Ein großer Dank gilt auch meinem Vater, der mich niemals unter Druck setzte und somit ebenfalls für das Gelingen dieser Arbeit beiträgt.

Ein herzliches Dankeschön möchte ich an meine Betreuerin Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron für die umfangreiche und aufbauende Betreuung aussprechen. Soweit es ihr möglich war, opferte sie während des gesamten Entstehungsprozesses dieser Arbeit ihre Freizeit, um das Voranschreiten zu sichern. Außerdem hatte sie auch offenes Ohr für Sorgen rund um das Studium und die bevorstehende Hochzeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern des Projektteams bedanken, dass alle Termine organisiert und mit wertvollen Tipps zur Seite standen.

Die Schülerinnen und Schüler und die Lehrkräfte der AHS und NMS haben ebenfalls einen großen Anteil an dem Gelingen dieser Arbeit. Vielen Dank!

Ein besonderes Dankeschön möchte ich all meinen Freundinnen aussprechen, die sich meine Sorgen und Nöten anhörten und meine Stimmungsschwankungen aushielten. Im Spezielle gilt hier mein aufrichtigster Dank meiner Trauzeugin – ohne sie hätte ich die letzte Zeit nicht durchgestanden.

Inhaltsverzeichnis

1. Theoretischer Hintergrund	4
1.1 Schülervorstellungen und das Lernen von Physik.....	4
1.1.1 Was sind Schülervorstellungen?.....	4
1.1.2 Ursache und Bedeutung von Schülervorstellungen.....	5
1.1.3 Umgang mit Schülervorstellungen	8
1.1.4 Erkenntnisse zu Schülervorstellungen.....	10
1.2 Schülervorstellungen zum Licht und Spiegel.....	11
1.2.1 Schülervorstellungen zum Licht und Sehen	11
1.2.1.1. Schülervorstellung zu Licht und dessen Eigenschaften.....	11
1.2.1.2 Schülervorstellungen zur Lichtstreuung und Reflexion	13
1.2.1.3 Schülervorstellungen zum Sehen	15
1.2.2 Schülervorstellungen zum ebenen Spiegel	18
1.2.2.1 Vorstellungen zum Spiegel.....	18
1.2.2.2 Vorstellungen zum Spiegelbild	20
1.3 Physikalische Grundlagen und zum Thema Licht und Spiegel und didaktische Überlegungen zum Thema Spiegelbild.....	25
1.3.1 Licht	25
1.3.1.1 Abstrahlung und Ausbreitung von Licht	25
1.3.1.2 Sehvorgang mittels Sender-Empfänger-Vorstellung.....	27
1.3.1.3 Streuung und Reflexion von Licht	28
1.3.1.4 Das Spiegelbild.....	29
1.3.1.5 Didaktische Überlegungen zum Spiegelbild	31
1.4 Cross Age Peer Tutoring	34
1.4.1 Hintergründe und Ablauf des Cross Age Peer Tutorings	34
1.4.2 Herausforderungen und positive Einflüsse durch das Cross Age Peer Tutoring.....	36
1.4.3 Anwendung des Cross Age Peer Tutoring im Sparkling Science Projekt.....	37
2. Forschungsdesign	38
2.1 Allgemeiner Ablauf.....	38
2.2 Überblick über die Erhebungsinstrumente	38
2.3 Auswahl der Stichprobe	40
2.3.1 Auswahl der Schülerinnen und Schüler	40
2.3.2 Gruppenkonstellationen im Tutoring 4AHS/4NMS.....	41
2.4 Beschreibung der Erhebungsinstrumente	42
2.4.1 Leitfadeninterviews	43

2.4.2. Tiefeninterviews	43
2.4.3. Abschlussinterviews	43
2.5 Auswertung	44
3. Ziele und Forschungsfragen	46
3.1 Ziele.....	46
3.2 Forschungsfragen und Hypothesen	46
4. Auswertung	48
4.1 Charakterisierung der Stichprobe	48
4.1.1 Auswahl der Stichprobe in der 7AHS	48
4.1.2 Auswahl der Stichprobe in der 4AHS	48
4.1.3 Auswahl der Stichprobe in der 4NMS.....	49
4.1.4 Gruppenkonstellationen.....	49
4.1.4.1 Tutoring 7AHS/4AHS	49
4.1.4.2 Mentoring 4AHS	50
4.1.4.3 Tutoring 4AHS/4NMS	50
4.2 Datenquelle: Videos	51
4.2.1 Darstellung der Videos	51
4.2.1.1 Tutoring 7AHS/4AHS	51
4.2.1.2 Mentoring 4AHS	53
4.2.1.3 Tutoring 4AHS/4NMS	54
4.2.2 Auswertung der Videos	56
4.2.2.1 Tutoring 7AHS.....	56
4.2.2.2 Mentoring 4AHS	59
4.2.2.3 Tutoring 4AHS/4NMS	60
4.3 Datenquelle: Abschlussinterviews	64
4.3.1 Darstellung der Abschlussinterviews	64
4.3.2 Auswertung der Abschlussinterviews	65
4.4 Zusammenfassende Charakterisierung der Interaktionen und Akteure.....	91
4.4.1 Gruppe 1: t_1, t_5, a	92
4.4.2 Gruppe 2: t_3, t_4, b	94
5. Interpretation der Ergebnisse.....	98
5.1 Entwicklung der Vorstellungen der Tutoren/innen und Tutees.....	98
5.1.1 Vorstellungen der Schüler/innen der 4AHS	98
5.1.2 Vorstellungen der Schüler/innen der 4NMS	102
5.2 Rollenverständnis der Tutoren/innen und Tutees	103

5.3	Zusammenfassende Schlussfolgerungen	106
5.4	Bedeutung für das zukünftige Berufsfeld.....	107
6.	Verzeichnisse	108
6.1	Literatur.....	108
6.2	Tabellen.....	109
6.3	Abbildungen	109
7.	Anhänge	113
7.1	SUPRA-Arbeitskarten zum Thema Spiegel von der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München	113
7.1.1	Einheit 4: Was vertauscht der Spiegel?	113
7.1.2	Einheit 5: Wo sehen wir das Spiegelbild?	116
7.2	Fragebogen zur Erhebung der Vorstellungen der Tutees	117
7.3	Zweiteiliger Leitfaden des Abschlussinterviews mit den dazugehörigen Items	118
7.4	Interview-Leitfaden für die Leitfadeninterviews.....	125
7.5	Curriculum vitae – Maria Teresa Ziegler	126

1. Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel wird das theoretische Grundgerüst zu den Schülervorstellungen und physikalischen Grundlagen für die Themenbereiche Licht und Spiegel sowie zur Lehr-Lernmethode Cross Age Peer Tutoring erläutert.

1.1 Schülervorstellungen und das Lernen von Physik

Im Abschnitt 1.1.1 wird eine übersichtliche Beschreibung und Charakterisierung von Schülervorstellungen gegeben. Dabei wird das Augenmerk auf ihre Entstehung, ihre Bedeutung für den Lernprozess sowie auf den Umgang mit Schülervorstellungen im Unterrichtsgeschehen gelegt.

1.1.1 Was sind Schülervorstellungen?

In der Fachliteratur finden sich viele Bezeichnungen für diesen Begriff: *Schülervorstellungen*, *Alltagsvorstellungen*, *Fehlvorstellungen*, *Schülerverständnis*, *Präkonzepte*, *Vorkonzepte* und vieles mehr (vgl. Jung 1986 in Müller et al 2007, S. 15 und Wodzinski 1996 in Müller et al 2007, S. 23). Auch in der englischen Literatur finden sich zahlreiche äquivalente Begriffe. Nach meiner Einschätzung beinhaltet der häufig verwendete Begriff *Präkonzepte* auch den Aspekt, dass bereits „echte“ Konzepte vorhanden sein müssen. Schülervorstellungen entstehen aber auch spontan, sobald der Schüler oder die Schülerin mit einem Phänomen oder Themengebiet konfrontiert wird (Wodzinski 1996 in Müller 2007). Folglich bieten sich die Begriffe *Schülervorstellungen* und *Alltagsvorstellungen* als umfangreiche und gut etablierte Termini an, weshalb diese beiden Begriffe in der deutschsprachigen Forschungsliteratur auch hauptsächlich verwendet werden.

Eine erste Annäherung zu dem Themengebiet erfolgt durch die Beschreibung von Walter Jung: Vorstellung ist „*ein Element im kognitiven System..., das Wirklichkeit darstellt, darstellen kann, oder vorgibt Wirklichkeit darzustellen*“ (Jung 1983 in Blumör 1993, S. 4). In diesem kurzen Zitat wird bereits deutlich, welchen Stellenwert Alltagsvorstellungen in den Köpfen der Schülerinnen und Schülern einnehmen: Schüler/innen sehen ihre Vorstellungen als Erklärung der Wirklichkeit an und bis zu einem gewissen Grad können diese Vorstellungen auch tatsächlich auf ihre Alltagswelt angewandt werden. Daraus ergibt sich auch der vielfach unterschiedlich empfohlene Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht, auf den im Kapitel 1.1.3 noch näher eingegangen wird.

R. Wodzinski führt in ihrem Beitrag „Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten“ eine mögliche Differenzierung des Facettenreichtums von *Präkonzepten*¹ an, welche von Dykstra et al. 1992 publiziert wurde (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007, S. 23):

¹ Diese Auflistung trifft auch für die Begriffe Schülervorstellungen und Alltagsvorstellungen zu.

1. *Fehlkonzepte im Sinne von 'falschen' Schülerantworten,*
2. *Fehlkonzepte im Sinne von Vorstellungen über bestimmte Phänomene, die zu 'falschen' Antworten führen,*
3. *grundlegende Überzeugungen, die in verschiedenen Situationen immer wieder zum Tragen kommen.*

Diese Unterteilung verdeutlicht die Komplexität dieses Themas und auch die Herausforderungen, die sich dadurch für Lehrpersonen ergeben. Eine „falsche“ Antwort im Unterrichtsgeschehen kann vielerlei Gründe haben. Hierbei können die Begriffe „*deep structure*“ und „*current construction*“ (Niedderer 1996 in Duit & von Rhöneck, S. 121) sehr hilfreich sein. Sie bringen zum Ausdruck, dass Schülervorstellungen, wie auch schon eingangs erwähnt, tief verwurzelt sein können und „*immer wieder direkt oder indirekt zum Vorschein*“ (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007, S. 23) kommen, oder spontan aus der Situation heraus entstehen. Letztere sind jedoch nur im Rahmen des Vorstellungsgebäudes der Lernenden möglich. Daher ist es sinnvoll, den Verständnisrahmen miteinzubeziehen, da „*jeder Diskurs, im Alltag wie auch in der Wissenschaft, ein Verständnis von Äußerungen innerhalb bestimmter Rahmen voraussetzt.*“ (Blumör 1993, S. 5) Dadurch ergibt sich das Spannungsfeld der Diagnose von Schülervorstellungen im Unterricht, in welchem der Verständnisrahmen eine besonders große Herausforderung darstellt. Dies muss zwangsläufig im Umgang mit Schülervorstellungen beachtet werden (siehe 1.1.3).

1.1.2 Ursache und Bedeutung von Schülervorstellungen

„*Vorstellungen bestimmen das Lernen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten „sehen“ kann*“ (Duit 2010, S. 1) – mit dieser Zusammenfassung beginnt der erste von fünfzehn sogenannten PIKO-Briefen² der Universität Kiel und offenbart sogleich, worum es beim Thema Schülervorstellungen im Kern geht: Schülerinnen und Schüler sind geprägt von Alltagserfahrungen, auf denen sie ihr Wissen aufbauen und somit Schritt für Schritt ein Weltbild erlangen. Mit diesen Vorstellungen „erleben“ sie in weiterer Folge den Physikunterricht und „*verstehen sehr häufig gar nicht, was sie im Unterricht hören oder sehen und was sie im Lehrbuch lesen.*“ (Duit 1993 in Müller et al 2007, S. 3) Dies geschieht vor allem dadurch, da die Schülervorstellungen in „*wesentlichen Merkmalen nicht mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen überein stimmen*“ (Duit 1993 in Müller et al. 2007, S. 8) und es im Unterricht oft nicht gelingt, auf diese vorunterrichtlichen Vorstellungen Bezug zu nehmen, obwohl die Lehrperson die eingesetzten Experimente sorgfältig plant und durchführt und sogar Schüler/innen experimentieren lässt. Die Schülerinnen und Schüler vergessen dennoch die wichtigen Erkenntnisse, missverstehen Grundlegendes und argumentieren im extremsten Falle auf eine Weise, als hätte kein Physikunterricht stattgefunden (Jung 1986 in Müller et al 2007). Daher ist es für eine (zukünftige) Lehrperson essentiell, in die Thematik der Schülervorstellungen einzutauchen und sich fachdidaktisches Wissen auf diesem wichtigen Gebiet anzueignen.

Ausgeprägte Schülervorstellungen können, wie bereits angedeutet, entweder ad hoc entstehen oder durch einen langen Lernprozess durch Erfahrungen im Alltag. Das Gehirn interpretiert

² PIKO steht für „Physik im Kontext“ – einem Programm zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung durch Physikunterricht, das am IPN in Kiel durchgeführt wurde (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/piko/index.html>)

Sinneseindrücke aufgrund von bereits verarbeiteten Erfahrungen und Wissen. Das bedeutet konkret, dass bereits manifestierte Vorstellungen die Grundlage für die Sinneswahrnehmung darstellen, wodurch das Konstrukt aus Vorstellungen reift und in sich konsistent bleibt. In den meisten Situationen stellt dies auch kein Problem dar, denn die *„Vorstellungen passen in der Regel auf Situationen, die den Großteil des Alltagslebens bestimmen, bzw. es sind solche, die früh in der kindlichen Entwicklung wichtig waren“* (Jung 1986 in Müller et al. 2007, S. 16). Auf diese Schemata greifen Schülerinnen und Schüler³ zurück und übertragen diese auf die jeweiligen physikalischen Situationen. Weiter halten sich Alltagsvorstellungen sehr hartnäckig im Unterricht, da diese jene Vorstellungen sind, *„mit denen wir zu „arbeiten“ gelernt haben, gewohnheitsmäßig und automatisch“* (Jung 1986 in Müller et al. 2007, S. 17). Das bedeutet, dass Schülerinnen und Schüler diese einsetzen können, ohne lange darüber nachdenken zu müssen. Außerdem manifestieren sich Alltagsvorstellungen auch im gesellschaftlichen Bild. Typische Redewendungen, denen ein falsches physikalisches Verständnis zugrunde liegt, wären: *„Die Sonne geht auf“*, *„Heute habe ich viel Kraft“* und *„In der Nacht ist es stockdunkel“*.

Im Unterricht kommt den Schülervorstellungen eine Doppelrolle zu: *„Sie sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens – andererseits aber auch Lernhemmnis.“* (Duit 2010, S. 1) Ersteres kann jedoch auch zu einer Lernschwierigkeit führen, was durch eine Beobachtung von Schlichting (1991) erläutert werden kann: Einer Gruppe von Schülern/innen in einer 10. Klasse⁴ wurde ein Experiment in der Elektrizitätslehre vorgeführt und sie sollten ihre Vermutungen und Beobachtungen äußern. Erstaunlicherweise bestätigten sich alle Vermutungen, auch die physikalisch falschen. *„Jeder sah, was er zu sehen erwartete.“* (Schlichting 1991, S. 4) Alltagsvorstellungen beeinflussen den Lernprozess – in diesem Beispiel mit einem von der Lehrkraft nicht gewünschten Verlauf. Das Experiment war gedacht als so genanntes „Entscheidungsexperiment“, um den Schülerinnen und Schülern den physikalisch richtigen Sachverhalt zu veranschaulichen. Allerdings erfolgte die Interpretation des Gesehenen aufgrund der bereits vorhandenen Vorstellungen, welche genügend Anknüpfungspunkte für eine falsche physikalische Vorstellung boten. In diesem Fall stellten demnach die Anknüpfungspunkte ein Lernhemmnis dar.

Die genannten Beispiele zeigen, dass Schülervorstellungen sehr bedeutsam für den Lernprozess sind. Dieser Zusammenhang kann jedoch nur ermessen werden, wenn auch das „Lernen“ an sich in den Fokus gestellt wird. Zu Beginn steht die Wahrnehmung als solches. Oft sind Beobachtungen und Beschreibungen von Schülerinnen und Schülern gänzlich konträr zu den von der Lehrperson intendierten. Die rohen Sinnesdaten werden erst durch unser Gehirn interpretiert und an die vorrangegangenen Vorstellungen angefügt. Im Unterricht kann diese Diskrepanz durch Wortmeldungen zum Vorschein kommen und es liegt an der Lehrkraft, diese zu erkennen und darauf ihrerseits sinnstiftend zu reagieren. Allerdings können diese - aus Sicht der Lehrperson - Fehlinterpretationen auch „versteckt“ ablaufen, da sie nicht zwingend in Wortmeldungen oder im Unterrichtsgeschehen angesprochen werden müssen. Dadurch wird die argumentative Richtigkeit einer falschen Vorstellung noch verstärkt. Wichtig ist demnach das bewusste Verstehen der Lehrperson, was die Schüler und

³ Anmerkung der Verfasserin: Dies gilt zweifelsohne für jeden Menschen. Im konkreten Bezug auf *Schülervorstellungen* spreche ich diese Eigenschaft bewusst und ausschließlich den *Schülerinnen und Schülern* zu.

⁴ Im österreichischen Schulsystem entspräche dies einer 6. Klasse der Sekundarstufe II.

Schülerinnen denken und meinen. „*Erst wenn der Lehrer versteht, wie der Schüler seine Lehrbemühungen versteht, kann Lernen in die gewünscht Richtung stattfinden.*“ (Duit 1993 in Müller et al. 2007, S. 10)

Die Sichtweisen zum „Lernen“ waren großen Veränderungen unterworfen. In der fachdidaktischen Literatur ist die Vorstellung des bloßen Eintrichterns von Wissen längst einer konstruktivistischen Sicht gewichen. Empirische Untersuchungen zeigen, dass diese Sicht sinnstiftende Lernumgebungen schafft, wenngleich es auch Studien gibt, „*bei denen sich keine Überlegenheit von konstruktivistisch orientierten Ansätzen ergibt.*“ (Widodo & Duit 2004, S. 235) Konstruktivistische Ansätze basieren auf der Erkenntnis, dass „*Lernende ihr Wissen auf der Grundlage der bereits vorhandenen „Vorstellungen“ selbst konstruieren.*“⁵ (Widodo & Duit 2004, S.234) Daher nehmen Schülervorstellungen eine zentrale Rolle für das Lernen von Physik ein, welche Duit wie folgt zusammenfasst (Duit 2010, S. 1):

1. *Jede Schülerin, jeder Schüler macht sich ihr bzw. sein eigenes Bild von allem, was im Unterricht präsentiert wird – was die Lehrkraft sagt oder an die Tafel schreibt, was bei einem Experiment zu beobachten ist, was auf einer Zeichnung zu sehen ist, usw.*
2. *Das Bemühen der Lehrkraft, alles fachlich richtig zu erklären, führt insbesondere am Beginn des Unterrichts über ein neues Thema häufig dazu, dass die Schülerinnen und Schüler etwas aus der Sicht der Physik Falsches lernen.*

Laut Duit wird das Lernen von Physik erschwert, wenn diese beiden „Hauptaspekte“ nicht beachtet werden. Zusammenfassend können die folgenden drei wichtigen Erkenntnisse über Schülervorstellungen (Mikelskis, 2006) angeführt werden:

1. Ein Schüler oder eine Schülerin kann diverse und auch widersprüchliche Vorstellungen verinnerlicht haben. Dies führt oftmals zu einer unterschiedlichen Argumentation in physikalisch ähnlichen Situationen.
2. Es kann durchaus eine Vernetzung zwischen Schülervorstellungen stattfinden, weshalb sich oft beim Lernen der Verständnisrahmen ändern muss.
3. Schülervorstellungen weisen eine hohe Stabilität auf, treten dadurch auch nach dem Unterricht an die Oberfläche und verdrängen die gelernten physikalischen Konzepte.

Diese drei Aspekte stellen für eine Lehrperson eine große Herausforderung an den Unterricht dar, weshalb ein sinnvoller Umgang mit Schülervorstellungen angestrebt werden sollte. Einen weiteren Aspekt zur Identifikation von Lernprozessen bei Schülerinnen und Schülern spricht Jung in seiner *Erhebung zu Schülervorstellungen in Optik (Sekundarstufe I)* (Jung 1981a) an. Nach seiner Einschätzung interpretieren Schülerinnen und Schüler eine Fragestellung als sinnlos, wenn der physikalische Rahmen fehlt oder sie beantworten sie nach bestem Wissen in ihrem Alltagsrahmen. Nach einem erfolgreichen Lernprozess erscheint dieselbe Fragestellung unter einem neuen Licht: Es kann sich eine „*völlig neue Dimension des Verständnisses eröffnen: Fragen werden als sinnvoll angesehen, die es zuvor nicht waren; Antworten werden möglich, die zuvor völlig außerhalb des Horizonts möglicher Antworten lagen.*“ (Jung 1981a, S.142f) Im besten Falle wird nun eine Antwort im physikalisch richtigen Verständnisrahmen

⁵ Anmerkung der Verfasserin: Es handelt sich hierbei um eine sehr vereinfachte Darstellung, welche jedoch an dieser Stelle ausreichend erscheint.

gegeben. Aus diesem Grund sollte meiner Einschätzung nach eine Lehrperson sensibel für diese Art des Lernens sein und durchaus relevante und interessante Fragestellungen wiederholt in den Unterricht einbauen. Dies wäre ein erster sinnvoller Umgang mit Schülervorstellungen, welcher im nächsten Kapitel noch ausführlicher dargestellt wird.

1.1.3 Umgang mit Schülervorstellungen

Im Wesentlichen gibt es zwei Arten von Strategien, wie sinnvoller Unterricht unter Einbeziehung der Schülervorstellungen aussehen könnte (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007, S. 28):

1. *Strategien, in denen ein kognitiver Konflikt und dessen Lösung im Vordergrund steht und*
2. *Strategien, bei denen es in erster Linie um den Aufbau und die Entwicklung von physikalischen Konzepten geht.*

Dabei besteht im ersten Fall der kognitive Konflikt *„in der Erwartung aufgrund der vorhandenen kognitiven Struktur und der wahrgenommenen Realität“* (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007, S. 28) und wird meist durch ein Experiment – beispielsweise einem sogenannten *„Entscheidungsexperiment“* – herbeigeführt. Die zweite weit verbreitete Möglichkeit des Umgangs mit Schülervorstellungen besteht in der Konfrontation mit anderen Sichtweisen, welche mit der eigenen nicht zu vereinbaren ist. Gemeinsam ist den beiden Möglichkeiten, dass der kognitive Konflikt zum Ausgangspunkt für den Unterricht wird.

Im Gegensatz dazu vertreten Roswell und Dawson die Überzeugung, zuerst die physikalischen Erklärungen und Konzepte einzuführen und erst anschließend mit den Schülervorstellungen zu konfrontieren (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007). Diesem Ansatz liegt die Ansicht zugrunde, dass die Schülerinnen und Schüler mit den physikalischen Konzepten vertraut werden und diese zunächst nicht mit ihren eigenen Vorstellungen in Verbindung setzten. Erst nach der Einführung der Konzepte wird die Konfrontation zwischen Schülervorstellungen und physikalischen Konzepten herbeigeführt. Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler bei Widersprüchen nun auf die physikalischen Konzepte als adäquate Beschreibung zurückgreifen.

Im Kapitel 1.1.1 wurde bereits die Notwendigkeit des Miteinbeziehens des Verständnisrahmens erläutert. Laut Jung ergeben sich andernfalls vermeintliche Fehlvorstellungen, da die Lehrperson und die Schülerinnen und Schüler oftmals von verschiedenen Dingen sprechen und nicht im selben Verständnisrahmen agieren (Blumör 1993). Auch Diesterweg meinte bereits vor 150 Jahren: *„Ohne Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich.“* (Jung 1986 in Müller et al. 2007, S. 15) Diese *„Belehrung“* entspricht nach meiner Interpretation wohl dem Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht und dem Heranführen an die in der Wissenschaft als richtig angesehene Vorstellung (Konzepte dazu werden unter 1.1.3 angeführt). Auch Duit (1993) rät dazu, die ad hoc erfundenen Vorstellungen im Unterricht ernst zu nehmen, da diese zwar prinzipiell leichter zu ändern, jedoch auf Basis bereits Vertrautem entstanden sind. Damit bestimmen sie ebenso die tiefverankerten Vorstellungen der Schülerinnen und Schülern und das Verständnis des im Unterricht Besprochenen (Duit 1993 in Müller et al. 2007) und somit den Lernprozess.

In konstruktivistischen Ansätzen wird Lernen häufig mit einem Konzeptwechsel assoziiert (Widodo & Duit 2004). Im Allgemeinen wird unter *dem Konzeptwechsel* der Wechsel von Schülervorstellungen zu wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen verstanden. Allerdings zeigen neue Studien, dass dies nicht gelingt und es deshalb lediglich das Ziel des Unterrichts sein kann, *„die Schülerinnen und Schüler davon zu überzeugen, dass die naturwissenschaftlichen Vorstellungen in bestimmten Situationen angemessener und fruchtbarer sind als die vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen.“* (Duit 2002 in Kircher & Schneider 2002, S. 615) Dieser Aspekt wurde auch von Posner et al. aufgegriffen und es wurden Kriterien⁶ (Posner 1982) aufgestellt, die für einen Konzeptwechsel essentiell sind, die im Folgenden sinngemäß wiedergegeben werden:

1. Es muss eine Unzufriedenheit mit den existierenden Konzepten vorliegen.

Eine Schülerin oder ein Schüler steht bereits vor einer großen Anzahl an ungelösten Problemen, wodurch er oder sie das Vertrauen in die bestehenden Konzepte verliert.

2. Ein neues Konzept muss verständlich sein.

Für Schülerinnen und Schüler muss begreiflich sein, wie ihre Alltagserfahrungen durch die neuen Konzepte erklärt werden und welcher Logik diese folgen.

3. Ein neues Konzept muss plausibel erscheinen.

Es muss möglich sein mit dem neuen Konzept die aufgeworfenen Fragen zu lösen, damit es zu einer plausiblen Wahl für die Lernenden wird. Außerdem muss es eine wissenschaftliche Konsistenz aufweisen.

4. Ein neues Konzept muss fruchtbar sein

Ein neues Konzept muss potenziell erweiterbar sein, um neue Untersuchungsbereiche zum forschenden Lernen zu erschließen.

Vielfach wird die Meinung vertreten, dass der kognitive Konflikt eine Möglichkeit darstellt, wie Konzeptwechsel stattfinden kann. Die Voraussetzung ist hierbei jedoch, dass die Schülerinnen und Schüler den kognitiven Konflikt auch als solchen erkennen. Dabei hat sich gezeigt, dass das Reflektieren über die eigenen Denkweisen maßgeblich ist und tendenziell bei High-School-Studierenden⁷ gegeben ist (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007). Außerdem scheint bei Schülerinnen und Schülern in der High-School beziehungsweise Sekundarstufe II ein weiterer bedeutender Aspekt hinzu zu kommen: Der im Unterricht behandelte Stoff stellt meist eine Wiederholung oder Vertiefung von bereits gelerntem Wissen dar. Daher scheint folgender Schluss nahe: *„Die Erfahrung, etwas gelernt zu haben, es aber dennoch nicht zu wissen, liefert möglicherweise eine viel stärkere Motivation als der Konflikt mit den unreflektierten Alltagsvorstellungen.“* (Wodzinski 1996 in Müller et al. 2007, S.31) Durch das Reflektieren und Anwenden von vermeintlich richtigem Wissen, erkennen die Schülerinnen und Schüler die Inkonsistenz ihres bisherigen Vorstellungsrahmens. Allerdings können Schülerinnen und Schüler in weiterer Folge die wissenschaftlichen Vorstellungen erst anwenden, wenn sie diese tatsächlich verstanden haben. Daher sollte für die Lehrperson das Verstehen-Können der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt stehen (Jung 1986 in Müller et al. 2007).

⁶ Im Original wurde dieses Paper in Englisch verfasst, weshalb die ausgewählte Zitationsstelle sinngemäß durch die Verfasserin übersetzt wurde.

⁷ Im österreichischen Schulsystem entspricht dies der Sekundarstufe II.

An dieser Stelle sollen nun Unterrichtsstrategien von R. Duit zitiert werden, welche den Konzeptwechsel unterstützen können (Duit 2010, S.4)

- *Vertraut machen mit den Phänomenen*
- *Bewusstmachen der Schülervorstellungen*
- *Einführung in die physikalische Sichtweise*
- *Anwendung der neuen Sichtweise*
- *Rückblick auf den Lernprozess*

Dem letzten Punkt sollten Lehrpersonen besonderes Augenmerk schenken, da hierbei bewusst über das Gelernte reflektiert wird. Dies kann sich wiederum positiv auf den Konzeptwechsel auswirken.

1.1.4 Erkenntnisse zu Schülervorstellungen

Es gibt unter den Experten und Expertinnen grundsätzlich zwei Positionen hinsichtlich des Umgangs mit Schülervorstellungen:

1. Es soll ein vollständiger Konzeptwechsel bei den Schülerinnen und Schülern erreicht werden.
2. Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass ihre Alltagsvorstellungen in vielen Situationen nicht adäquat sind und daher die wissenschaftliche Argumentation heranziehen. Es gibt dabei jedoch eine gewisse Koexistenz beider Vorstellungsrahmen und es handelt sich somit um einen unvollständigen Konzeptwechsel.

Letztere Position wird beispielsweise von Jung (1983) vertreten, da in seiner Argumentation das Ersetzen des Alltagsrahmens und des Alltagsverständnisses durch physikalische Rahmen weder möglich noch wünschenswert sind. Das Alltagswissen ist vielfältig institutionalisiert und die grundlegenden Strukturen der Alltagsvorstellungen sind für die physikalische und wissenschaftliche Sichtweise von grundlegender Bedeutung (Blumör 1993, S. 7). Ebenso bekräftigen Ergebnisse aus fachdidaktischen Lernprozessstudien diese zweite Position, da häufig zwei Vorstellungen parallel existieren und diese je nach Kontext angewandt werden. Des Weiteren zeigen empirische Studien, dass die Schülerinnen und Schüler die angestrebte wissenschaftliche Vorstellung nicht erreichen und sogenannte Hybridvorstellungen entstehen (Niedderer 1996 in Duit & von Rhöneck; Widodo & Duit 2004).

Prinzipiell kann man diese drei Strategien zum Erreichen des Konzeptwechsels heranziehen (Jung 1986 in Müller et al. 2007; Duit 2010):

1. Anknüpfen
2. Umdeuten
3. Konfrontieren

Dadurch ergeben sich entweder im Sinne einer Umdeutungstaktik kontinuierliche () oder im Sinne einer Konfrontationstaktik diskontinuierliche Lernprozesse. Beiden ist gemeinsam, dass die Schülervorstellungen im Unterricht in einem sinnstiftenden Kontext berücksichtigt werden und somit auch zur Sprache kommen.

1.2 Schülervorstellungen zum Licht und Spiegel

Das Kapitel 1.1 widmete sich den allgemeinen Aspekten von Schülervorstellungen. Im Rahmen zahlreicher empirischer Studien wurden Schülervorstellungen zu spezifischen Fachgebieten erhoben. Im folgenden Abschnitt werden Schülervorstellungen zu den Themenbereichen Licht und ebener Spiegel vorgestellt. Auch die Vorstellungen zum Sehvorgang werden Beachtung finden. Die physikalisch richtigen Vorstellungen werden im darauffolgenden Kapitel 1.3. genauer erörtert.

1.2.1 Schülervorstellungen zum Licht und Sehen

Vorstellungen zum Licht und Sehen stellen die Grundpfeiler für ein weiteres Verständnis des Optikunterrichts dar. Die Strahlenkonstruktion im klassischen Unterricht – wie auch in neueren, effektiven Lehrgängen⁸ – ist für Schülerinnen und Schüler nur nachvollziehbar, wenn diese eine ausgereifte, physikalisch richtige Sichtweise zur Lichtausbreitung, zur Lichtstreuung und zum Sehvorgang verinnerlicht haben.

1.2.1.1. Schülervorstellung zu Licht und dessen Eigenschaften

Guesne führte in den 1980er Jahren mit Schülerinnen und Schülern im Alter von 11 und 12 Jahren und im Alter von 13 und 14 Jahren (vereinzelt 15 Jahren) eine häufig in der Literatur zitierte Studie zu deren Vorstellungen zum Licht und Sehen durch (Guesne, 1985).

Dabei identifizierte sie folgende Vorstellungen zum Licht⁹:

1. 11- und 12-jährige: Das Licht ist gleichbedeutend mit seiner Quelle, seinen Wirkungen oder stellt einen Zustand dar.
2. 13- und 14-Jährige: Das Licht ist ein Gebilde im Raum, welches zwischen seiner Quelle und den Wirkungen lokalisiert ist.

Grundsätzlich teilen sich die Vorstellungen auf die genannten Altersgruppen auf. Allerdings zeigte sich bei der Untersuchung, dass auch beide Vorstellungen bei einem bestimmten Schüler oder einer bestimmten Schülerin vorhanden sein können: Zum Beispiel setzt Lionel mit 11 Jahren das Licht mit seiner Wirkung gleich, in dem er als Beispiel die Lichtflecken auf dem Boden nennt, welche durch die Sonneneinstrahlung entstehen. Drei Jahre später argumentiert er anders: „Licht ist Helligkeit... welche abhängig vom Wetter ist; Es ist an manchen Tagen heller als an anderen.“¹⁰ (Guesne 1985, S. 11) Die Vorstellung zum Licht war einem Wandel unterworfen.

Weitere Beispiele zur Erläuterung der Vorstellungen:

- ad 1. Manche Kinder sprechen von einem „sonnigen Raum“¹¹ oder argumentieren, dass das Licht „überall“¹² oder „im Raum“¹² ist. Viele Schülerinnen und Schüler setzten das Licht mit

⁸ Der Optik-Lehrgang der Reihe „Unterricht Physik“ von Wiesner, Engelhardt und Herdt wurde mehrfach erprobt und kann als sinnstiftend betrachtet werden. Allerdings verwendet auch dieser Lehrgang Strahlenkonstruktionen, weshalb das Verständnis der Lichtausbreitung, Lichtstreuung und des Sehvorgangs essentiell sind.

⁹ Zu folgender Fragestellung: „Wo ist das Licht in diesem Raum?“/„Where is there light in this room?“ (Guesne 1985, S.10)

¹⁰ Das Original ist in englischer Sprache verfasst und wurde von der Autorin übersetzt.

¹¹ Das Original von Guesne wurde in englischer Sprache verfasst und die Zitate von der Verfasserin übersetzt.

seiner Quelle, also einer Lampe oder einer Glühbirne gleich: „*Es ist die Glühbirne. Es ist die Glühbirne, die aufleuchtet.*“¹² (Guesne 1985, S. 11)

ad 2. Diese Vorstellung ist durchaus von differenzierterer Natur als die Assoziation mit der Quelle oder Wirkung. Die Schülerinnen und Schüler verwenden bereits Begriffe wie „*abprallen*“¹², „*durchgehen*“¹² oder „*kreuzen*“¹².

Dennoch ist auch in dieser Altersgruppe manchmal die unter 1. angeführte Vorstellung anzutreffen.

Die zweite Fragestellung, welche Guesne in ihrer Studie nachgeht, widmet sich dem Ausbreitungsverhalten von Licht. Die älteren Schülerinnen und Schüler verwendeten bereits Begriffe, welche mit einer Vorstellung zu einer Bewegung des Lichts im Raum verträglich sind: Licht „*trifft*“¹², „*kreuzt*“¹² und „*löst sich*“¹². Allerdings erwähnt kaum ein befragtes Kind explizit die Ausbreitung von Licht im Raum. Offensichtlich ist das Konzept der Lichtausbreitung für Kinder sehr fremd, auch wenn sie Licht als Gebilde im Raum betrachten. Für manche Befragte ist die Ausbreitung von Licht abhängig davon, welche Lichtquelle gemeint ist. Guesne zitiert in diesem Zusammenhang eine 12-jährige Schülerin:

„*Aber es gibt manche, die bewegen sich und manche bewegen sich nicht! Zum Beispiel das auf der Zimmerdecke, das bewegt sich nicht; Und das Licht von den Batterien, das bewegt sich und auch das von den Autos... Aber Licht ist die Sonne und die bewegt sich nicht*“¹² (Guesne 1985, S. 14)

Grundsätzlich spricht Guesne den Schülerinnen und Schülern eine Lichtausbreitungsvorstellung zu. Dem widerspricht Herdt, da dieser meint, dass „*vermeintlich „kinematischen“ Begriffen, die von den Schülern eher umgangssprachlich verwendet und verstanden wurden, eine zu große physikalische Bedeutung*“ (Herdt 1990, S. 37) beigemessen wird. Seiner Meinung nach, muss bei „*dynamischen Interpretationen von Schülervorstellungen weit vorsichtiger*“ (Herdt 1990, S. 37) vorgegangen werden. Auch Wiesner stellt fest, dass die „*Vorstellung von Licht als etwas von der Lichtquelle Wegströmendes*“ (Wiesner 1986, S. 25) selten auftritt. Oft wird dem Licht beim Ein- und Ausschalten einer Taschenlampe ein strömender Charakter zugeschrieben. Andernfalls stellt Licht einen statischen Zustand dar (Wiesner, 1992).

Anschließend an die Strömungsvorstellung wurden in der Studie von Guesne die Vorstellungen zum geraden Weg des Lichts erhoben. Dabei wurde deutlich, dass viele Kinder zwar gerade Striche als Lichtstrahlen zeichnen, jedoch dieses Vorgehen nicht in ein Konzept der geradlinigen Ausbreitung von Licht einbetten. Außerdem verwendet etwa die Hälfte der 13- und 14-jährigen nur in der Horizontalen diese Geradlinigkeit¹² (Guesne 1985, S. 14f). Wiesner kommt zu einem anderen Schluss: „*Die Idee der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes (in einem homogenen Medium) bereitet bereits Grundschulern kaum noch Schwierigkeiten: Schattengrenzen werden weitgehend korrekt angegeben und die Verbindung zwischen Lichtquelle und Lichtfleck an der Wand geradlinig gezeichnet.*“ (Wiesner 1992, S. 287) Guesne merkt ebenfalls an, dass die befragten Kinder die relativen Positionen einer Lichtquelle, eines Objekts und des Schattens des Objekts richtig beschrieben, obwohl sie nicht auf das Erklärungsmodell mit dem Begriff des geraden Weges von Licht zurückgreifen konnten (Guesne 1985, S. 16).

¹² Guesne stellte ihnen dazu zwei Aufgaben zu dem Weg des Lichts. (Guesne 1985, S.15)

Eine weitere interessante Erkenntnis brachte ihre Untersuchung auch im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Licht und elektrischem Licht. Dabei ergab sich der Schluss, dass die Schülerinnen und Schüler in zwei Kategorien denken:

1. Mit Licht assoziieren sie „elektrisches Licht“¹².
2. Es gibt Tageslicht. Das ist jenes Licht, das von der Sonne zu uns kommt, ohne mit der Atmosphäre zu interagieren.

Dies wird bei einem Interview mit einem 14-jährigen Mädchen deutlich angesprochen (Guesne 1985, S. 22; übersetzt durch die Verfasserin):

I: Und hier in diesem Raum, ist hier irgendein Licht?

M: Nicht im Moment... Du musst es aufdrehen, hier...

I: Es gibt kein Licht im Moment?

M: Ja, Tageslicht... nicht nicht das, äh... elektrische Licht.

I: Ist das nicht das Gleiche?

M: Nein, weil hier ist Sonnenlicht, und dann gibt es Licht wie das.

I: Und das Sonnenlicht, ist das Licht?

M: Nun, ja... Weil man Licht machen kann... mit der Sonne...

Mit dem letzten Satz könnte laut Guesne auch eine Assoziation mit Solarzellen vorhanden sein, da hierbei elektrisches Licht durch Umwandlung von Lichtenergie der Sonne entsteht. In weiterer Folge argumentiert das Mädchen, dass man Licht aufdrehen muss, damit es hell ist. Die ist eine deutlich alltagsbezogene Sichtweise. Meiner Einschätzung nach kämpft das Mädchen mit der umgangssprachlichen Bedeutung von Licht. In vielen Redewendungen und Phrasen ist der Begriff Licht stark etabliert und weißt oft eine andere Qualität auf als das Tageslicht oder das Sonnenlicht, welche in dieser Studie von den Schülerinnen und Schülern hauptsächlich gleichgesetzt werden. Augenscheinlich ist es für Kinder und Jugendliche nicht ersichtlich, dass das Sonnenlicht und das elektrische Licht die gleichen Eigenschaften aufweisen – also beide die physikalisch gleiche elektromagnetische Strahlung sind.

Des Weiteren wird Licht mit Farben assoziiert und die Vorstellung vertreten, dass sich Licht mit der Entfernung ändert (Guesne 1985, S. 18). Als Erweiterung dieser Vorstellung stellte Wiesner fest, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler in der von ihm zitierten Studie von Wiesner und Claus der Meinung sind, dass sich Licht nur begrenzt ausbreitet (Wiesner, 1986). Meiner Interpretation nach sehen die Schüler/innen diese Begrenzung als eine Eigenschaft von Licht und machen diese beispielsweise nicht von der Streuung an Staubteilchen oder ähnlichem abhängig. Dafür würde auch der Umstand sprechen, dass viele Schülerinnen und Schüler in der Studie angaben, dass ein Beobachter außerhalb des Bereichs der Lichtausbreitung sehr wohl die Lichtquelle sehen könnte. Staubteilchen oder andere begrenzende Gegebenheiten sind nicht erwähnt, weshalb eine Streuungsvorstellung an Teilchen auszuschließen ist.

1.2.1.2 Schülervorstellungen zur Lichtstreuung und Reflexion

Eine korrekte physikalische Vorstellung zur Lichtstreuung ist essentiell für eine physikalisch richtige Sehvorstellung. Wiesner stellt fest, dass nach dem Einführungsunterricht in die Optik „häufig keine akzeptable Vorstellung der Streuung vorhanden“ (Wiesner 1986, S. 26) ist.

Häufig wird die Lichtstreuung unter dem Begriff diffuse Reflexion eingeführt. Als Folge verwenden die Schülerinnen und Schülern den Begriff Reflexion „sehr undifferenziert“ (Wiesner 1994, S. 11) und den Begriff der inkohärenten Streuung subsumierend: „*Alles Licht, das von Gegenständen zurückgeworfen wird, heißt „reflektiert“*“ (Herdt 1990, S.43). Daher ist die physikalisch sinnstiftende Sichtweise jene: Die Reflexion ist ein Sonderfall der Streuung. Auch in der Befragung von Guesne wird die Streuung mit der Reflexion gleichgesetzt (Guesne, 1985). Mit der Streuvorstellung geht auch das Verständnis einher, dass nicht selbstleuchtende Körper dennoch gestreutes Licht aussenden. Für Schülerinnen und Schüler ist dies jedoch keinesfalls trivial, wie folgendes Zitat aus einer Studie von Wiesner zeigt:

S: Ja, ich habe mir das nicht so vorgestellt, daß [sic!] das selbst leuchtet. Ich habe gedacht, das Licht strahlt das an, und dadurch wird die Farbe sichtbar. Aber nicht, daß [sic!] das dann selber noch einmal leuchtet. (Wiesner 1992, S. 288)

Offensichtlich ist die Streuung von Licht auf der Oberfläche von „normalen“ Gegenständen für Schülerinnen und Schüler keineswegs einsichtig. In einer weiteren Studie von Wiesner (Wiesner 1994) deutet ein Schüler an, dass er sich nicht vorstellen kann, dass ein Playmobil-Männchen Licht abstrahlen soll. Bei einem Spiegel ist die Situation anders. Auch in der Untersuchung von Guesne (1985) sprechen die befragten 13- und 14-jährigen Jugendlichen dem Spiegel ein Reflexionsvermögen zu, jedoch einem anderen Objekt, wie einem Blatt Papier, nicht. Auf ihnen bleibt das Licht sozusagen „*liegen*“ (Guesne 1985, S. 20). Bei schriftlichen Testsituationen sprechen allerdings 30 % der Befragten einer weißen Wand und 10 % der Befragten einer schwarzen Wand ein Reflexionsvermögen zu (Guesne 1985, S. 20). Doch das fehlende Verständnis von Lichtstreuung ist nicht auf Schüler und Schülerinnen begrenzt: Jung zitiert einen - nach seinen Angaben - hoch intelligenten 27-jährigen Mann: „*Licht ist doch überall, wenn die Lampe brennt*“ (Jung 1981a, S. 149) und ergänzt, dass hierbei nicht das Streulicht gemeint war, sondern sich das die Helligkeit der Lampe verbreitet.

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden, dass Schülerinnen und Schüler beleuchteten Gegenständen ein Abstrahlen von Licht absprechen und somit keine Streuvorstellung aufweisen. Wie bereits erwähnt wird dies jedoch „*dem Spiegel oder hochglänzenden Oberflächen zugestanden*“ (Herdt 1990, S. 42). Auf den Spiegel als solches wird in dem folgenden Kapitel eingegangen, jedoch sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Reflexion von Licht für Schülerinnen und Schülern zwangsläufig mit dem Spiegel verknüpft ist und dies möglicherweise den Grund darstellt, weshalb dies selten mit anderen Gegenständen verknüpft wird.

Daran anschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass das unterschiedliche Streuvermögen von beispielsweise weißem und schwarzem Papier nicht für die Erklärung der unterschiedlichen Wahrnehmung herangezogen wird (Wiesner, 1986). Diese Erkenntnis wird in folgendem Interviewausschnitt aus der Untersuchung von Jung deutlich (Jung 1981a, S. 145):

I: “Wie ist das mit diesem weißen Blatt Papier?”

S: “Reflektiert nicht!”

I: “Aber wie siehst du dann das Blatt?”

S: “Das ist die Farbe, die ich seh’!”

Im Gespräch davor spricht die interviewte Schülerin auch einem Aschenbecher ab, Licht zu reflektieren¹³. Anders ist auch hier die Situation beim Spiegel, denn der „reflektiert das Licht und dann wird's hell!“ (Jung 1981a, S. 145)

1.2.1.3 Schülervorstellungen zum Sehen

„Fast alle Schüler der Primarstufe und der Sekundarstufe I haben die folgende Vorstellung des Sehens: Das Licht macht (die Gegenstände) hell und ermöglicht zu sehen“ (Wiesner 1986, S. 26).

Die augenscheinlichste Erkenntnis aus dieser Feststellung ist jene der fehlenden Streuungsvorstellung und die fehlende Verbindung zwischen den Augen und dem Gegenstand. Erstere ist in der Mehrheit der Fälle nicht vorhanden, wie im vorangegangenen Kapitel ausführlich dargelegt wurde.

Guesne (1985) teilt in ihrer Untersuchung die Sehvorstellungen in folgende vier Kategorien ein:

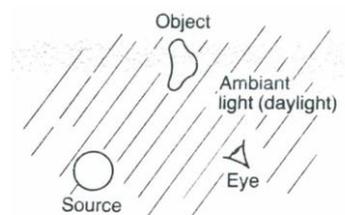


Abbildung 1: Schülervorstellung „Lichtbad“ (nach Guesne 1985, Figure 2.10)

Das Objekt, die Lichtquelle und das Auge befinden sich in einem „Bad aus Licht“¹⁴. Ohne das umhüllende Licht, könnte man nicht sehen.

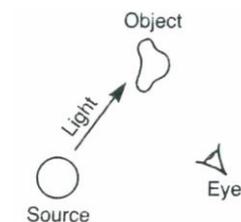


Abbildung 2: Schülervorstellung „Licht beleuchtet“ (nach Guesne 1985, Figure 2.11)

Die Lichtquelle beleuchtet einen Gegenstand, dann kann man ihn sehen. Allerdings besteht nur eine Verbindung zwischen dem Licht und dem Objekt.

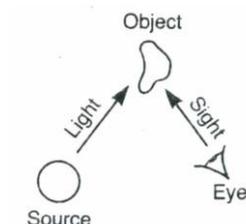


Abbildung 3: Schülervorstellung „Blickrichtung“ (nach Guesne 1985, Figure 2.12)

Das Objekt wird beleuchtet und es ist eine Bewegung vom Auge zum Objekt notwendig. Man sieht ein Objekt nur, wenn man aktiv in die Richtung dessen blickt.

¹³ An dieser Stelle wird bewusst der Begriff „reflektieren“ verwendet, da der Begriff der Streuung keine Erwähnung findet.

¹⁴ Häufig wird in der Literatur der Begriff „Lichtsee“ verwendet. Guesne spricht jedoch vom „bath of light“ (Guesne 1985, S. 27), weshalb an dieser Stelle die wörtliche Übersetzung verwendet wird.

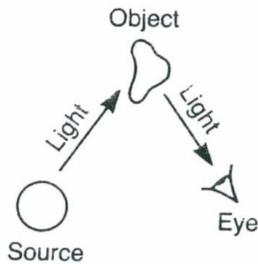


Abbildung 4: Physikalisch adäquate Beschreibung (SEV¹⁵) (nach Guesne 1985, Figure 2.13)

Das Licht einer Lichtquelle wird von nicht selbst leuchtenden Objekten gestreut¹⁶ und gelangt in das Auge des Beobachters.

Die „Lichtbad“-Vorstellung ist schon indirekt in den vorangegangenen Kapiteln angeklungen, da sehr häufig Licht im Sinne von Helligkeit beziehungsweise als Zustand angesprochen wurde.

Herdt führte 1990 eine Untersuchung zu Schülervorstellungen im Bereich der Optik durch. Dabei verglich er zwei Gruppen (Versuchs- und Kontrollgruppe) hinsichtlich ihrer Vorstellungen für ausgewählte Fragestellungen miteinander. Das Item V1 bezog sich direkt auf den Sehvorgang (Herdt 1990, S. 110d) und soll an dieser Stelle exemplarisch dargestellt werden, ohne jedoch auf die beiden Gruppen einzugehen.

Item:

V 1 | Oliver verbringt seine Ferien in Rom.
Er bewundert ein altes Bauwerk aus dem 15. Jahrhundert:

Schreibe a l l e Bedingungen auf, die Deiner Meinung nach erfüllt sein müssen, damit Oliver das Bauwerk s e h e n kann:

.....
.....
.....
.....

Du kannst auch in die Abbildung hineinskizzieren!

Antwortkategorien:

- Kategorien:
- 1: Anwendung der S-E-V; Lichtweg Sonne-Turm-Auge
 - 2: Die Sonne beleuchtet den Turm
 - 3: Licht / Helligkeit / Sonnenschein ("Es muß hell sein!")
 - 4: Physiologische Bedingungen ("Er darf nicht blind sein!")
 - 9: Sonstige oder fehlende Antwort

	K a t e g o r i e n:					n
	1	2	3	4	9	
Versuchsgruppe:	10 6,3 %	10 6,3 %	63 39,6 %	54 34,0 %	22 13,8 %	159
Kontrollgruppe:	8 7,0 %	3 2,6 %	61 53,5 %	32 28,1 %	10 8,8 %	114

Abbildung 6: Ergebnisse zu dem Item V1 (Herdt 1990, S. 116)

Abbildung 5: Item zum Sehvorgang (Herdt 1990, S. 110d)

Das Interessante an diesem Ergebnis (vgl. Abbildung 6) sind die prozentual häufigsten Antworten, nämlich die Kategorien 3 (*Licht/Helligkeit/Sonnenschein*) und 4 (*Physiologische Bedingungen*), welche sich meines Erachtens sehr deutlich mit der „Lichtbad“-Vorstellung decken. Licht wird auch in diesen Antworten als Zustand definiert, der ausreicht, damit der Sehvorgang stattfinden kann. Als zweites wichtiges Kriterium werden physiologische Bedingungen angeführt. Der Autor gibt als Beispielsantwort „*Er darf nicht blind sein!*“ an. Allerdings würde auch folgende Aussage aus der Studie von Jung zutreffen: „*Die Augen muss ich natürlich aufmachen, damit ich überhaupt ‘was seh.*“ (Jung 1981a, S. 143).

¹⁵ SEV = Sender-Empfänger-Vorstellung

¹⁶ In der Literatur wird meist der Begriff „reflektieren“ verwendet, jedoch stellt die Reflexion einen Sonderfall der Streuung dar (Wiesner et al 1995). Aus diesem Grund wird der Begriff Streuung hier bevorzugt, auch wenn – wie im Text erwähnt – die Schülerinnen und Schüler in der Untersuchung von Guesne den Begriff „Reflexion“ verwenden.

Auch die Kategorie 2 (*Die Sonne beleuchtet den Turm*) stimmt mit der Schülervorstellung in Abbildung 2 überein. Bei dieser Vorstellung erkennen die Schülerinnen und Schüler die Bedingung, dass Licht auf einen Gegenstand fallen muss, er also beleuchtet wird, jedoch fehlt jeglicher Zusammenhang mit dem Sehapparat. Meist geht mit dieser Vorstellung auch ein fehlendes Verständnis von Streuung einher. Laut Wiesner ist fast ein Drittel der befragten Schülerinnen und Schüler „*der Meinung, von wahrgenommenen Gegenständen brauche kein Licht in unser Auge einfallen, damit der Wahrnehmungsreiz ausgelöst wird.*“ (Wiesner 1992, S. 288) Ähnlich wie in der Kategorie 2 hält es ein befragter Schüler oder eine befragte Schülerin jedoch für wichtig, dass ein Gegenstand beleuchtet wird – es schwingt auch in gewisser Weise die „Lichtbad“-Vorstellung in der Antwort mit: „*Weil es in diesem Raum hier ziemlich hell ist und Licht drauffällt. Wenn es hier dunkel wäre, würde ich ihn nicht sehen.*“ (Wiesner 1992, S. 288)

Als dritte Sehvorstellung wurde jene mit einer konkreten Blickrichtung genannt. Im Gegensatz zur vorherigen Vorstellung verknüpfen hierbei die Schülerinnen und Schüler konkret das Objekt mit dem Auge: Um ein beleuchtetes Objekt zu sehen, müssen sie in dessen Richtung blicken.

Eine radikale Auslegung dieser Sehvorstellung ist jene von Hipparch, welcher von Sehstrahlen ausging, die ein Objekt abtasten und dadurch sichtbar machen. Ähnlich argumentierte Ptolemäus, welcher den Sehvorgang als Kombination von Sehstrahlen und Lichtstrahlen einer Lichtquelle ansah¹⁷. Von dieser Vorstellung wird jedoch nicht sehr häufig in der Literatur berichtet. In der Studie von Guesne (1985) wird ein 13-jähriger Bub angeführt, welcher diese Vorstellung als Argument dafür angibt, dass er in der Nacht sehen kann.

Vielmehr verbreitet sind die Sehvorstellungen mit expliziter Blickrichtung. Dabei erkennen die Schüler/innen, dass Licht von einem Körper ausgehen muss, jedoch fehlt die weitere Verknüpfung zum Auge durch das Licht. Es entscheidet demnach der „Blick“ ob ein Objekt wahrgenommen wird und bedeutet, dass der Beobachter mit seinen Augen aktiv auf das Objekt schaut. Diese Sehvorstellung beinhaltet eine teilweise richtige Vorstellung, da das Objekt als *sekundäre Lichtquelle* (Wiesner et al. 1995, S. 13) oder *Zwischensender*¹⁸ betrachtet wird. Dass diese Vorstellung nicht sofort einsichtig ist, bestätigt folgendes Zitat aus einer Studie: „*Ja, ich habe mir nicht vorgestellt, daß [sic!] das selbst leuchtet. Ich habe gedacht, das Licht strahlt das an, und dadurch wird die Farbe sichtbar. Aber nicht, daß [sic!] das dann selber noch leuchtet*“ (Wiesner 1992, S. 288).

Die physikalisch richtige Sehvorstellung ist in Abbildung 4 dargestellt und wird lediglich von einer kleiner Anzahl Schüler/innen (Guesne, 1985) vertreten. Diese begreifen die Streuung von Licht an Objekten sowie die Bedingung, dass zumindest ein Teil des Lichts auch in das Auge treffen muss, um auch eine Wahrnehmung auszulösen. Wiesner führt in seinem Optik-Lehrgang die Sender-Empfänger-Vorstellung als zielführenden Zugang an, damit Schüler/innen die physikalisch adäquate Sehvorstellung akzeptieren können (Wiesner et al., 1995).

¹⁷ Auf folgender Internetseite der LMU München findet sich eine kurze Beschreibung der „Vorstellungen vom Sehvorgang einst und heute“: http://www.leifiphysik.de/web_ph08/geschichte/01_sehvorgang/sehvorgang-geschichte.htm (22.5.2012)

¹⁸ Dieser Ausdruck hat sich ebenfalls im fachdidaktischen Wortschatz etabliert.

1.2.2 Schülervorstellungen zum ebenen Spiegel

Diese Arbeit fokussiert einen Lehr-Lernstrang, dessen physikalischen Inhalt der ebene Spiegel darstellt, weshalb auch nur Schülervorstellungen zu diesem Aspekt angeführt werden. Der Vollständigkeit wegen wird erwähnt, dass im Rahmen der Interventionen im Projekt Cross Age Peer Tutoring in anderen Schulklassen (auch am selben Schulstandort) das Thema Schatten adressiert wurde.

Der Spiegel stellt einen der vertrautesten Alltagsgegenstände dar. Der morgendliche letzte Kontrollblick in den Spiegel findet wohl in jedem Haushalt statt und auch das Schminken würde Frauen ohne dieses wichtige Utensil sehr schwer fallen. Auch Schaufensterscheiben werden häufig als Spiegel benutzt. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass nur wenigen bewusst ist, *weshalb* es physikalisch möglich ist, sich „im Spiegel“ zu betrachten. Schon die alltägliche Ausdrucksweise „ich sehe mich im Spiegel“ ist im physikalischen Sinne irreführend! Was bedeutet „im Spiegel sehen“? Ist dies auf die Lage des Spiegelbildes bezogen? Diese und andere Fragen sollen im Folgenden Beachtung finden.

1.2.2.1 Vorstellungen zum Spiegel

Laut Wiesner betrachten Schülerinnen und Schüler vor dem Optikunterricht den Spiegel als einen Licht zurückwerfenden Gegenstand, da sie dabei das „*Blenden mit dem Spiegel*“ (Wiesner 1986, S. 26) im Sinn haben.

Eine Vorstellung, die auch nach einer Thematisierung im Physikunterricht zahlreich vertreten ist, hängt mit der Größe des Spiegels zusammen. Jung (1981a) stellte Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I in einer Studie vor folgende Aufgabe:

„*Du kannst in einem Taschenspiegel, den du vor dich hältst, nicht dein ganzes Gesicht sehen. Was tun, um mehr vom Gesicht zu sehen?*“ (Jung 1981a, S. 147f).

Dabei gaben 95% der Befragten an, „*man müsse den Spiegel weiter weghalten*“ (Jung 1981a, S. 148)¹⁹. Als hauptsächlichen Grund dafür gibt Jung an, dass sich die Schülerinnen und Schüler in den Standpunkt des Spiegels hineinversetzen: „*Ist das Gesicht weiter entfernt, sieht es der Spiegel kleiner*“ (Jung 1981a, S. 148). Allerdings vergessen Schüler/innen bei ihrer Argumentation auf den Umstand, dass „*der Spiegel selbst als Gegenstand kleiner wird*“ (Jung 1981a, S. 148).

Auch Goldberg & McDermott (1986) legten College-Studierenden genau jene Fragestellung vor. Auch bei ihrer Untersuchung sprachen die Studierenden dem Spiegel einen Blickwinkel zu, wodurch beim Zurückgehen der gesamte Körper im Spiegel zu sehen ist. Die folgende Abbildung 7 gibt dazugehörige Skizzen der Befragten wieder:

¹⁹ In Studie wurden zwei Gruppen befragt. Die genaue Auflistung findet sich in Fußnote 21. An dieser Stelle sei gesagt, dass in der Gruppe B 3 Teilgruppen zu 100% diese Antwort wählten. Das lässt auf eine tief verwurzelte Vorstellung schließen.

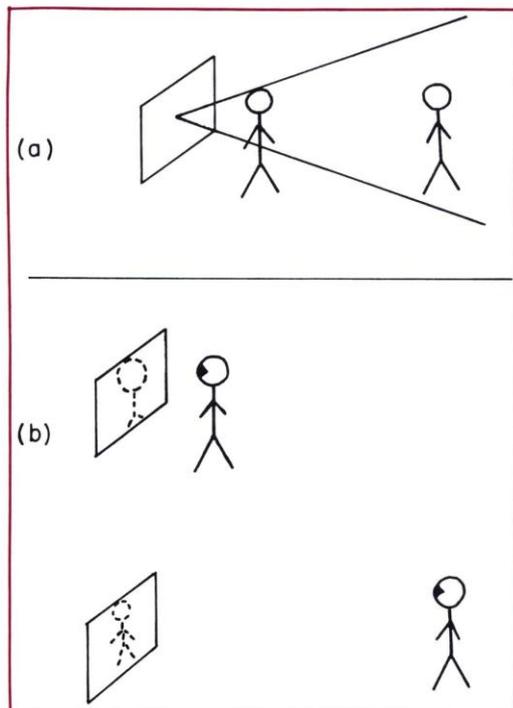


Abbildung 7: Vorstellungen zum ebenen Spiegel aus der Studie von Goldberg & McDermott (1986)

a) Dieser Skizze liegt die Vorstellung zu Grunde, dass der Spiegel die Person vor sich in einem fixen Blickwinkel „sieht“. Bewegt sich die Person nun nach rückwärts, so „passt“ sie schließlich in diesen Blickwinkel hinein und wird zur Gänze im Spiegel sichtbar.²⁰

b) In diesem Falle dient als Argument, dass der Spiegel ein Bild einer Person oder eines Gegenstandes „enthält“. Steht nun eine Person weiter von Spiegel entfernt, so passt ihr gesamtes Bild in den Spiegel.¹⁹

Goldberg & McDermott (1986) führen zwei weitere Gründe aus der Alltagserfahrung an:

1) Möchten Menschen ihren ganzen Körper im Spiegel sehen, dann stehen sie weiter entfernt vom Spiegel, benutzen allerdings einen großen Spiegel. Dadurch entsteht der Eindruck, dass man mittels größerer Distanz zum Spiegel den ganzen Körper sehen kann. Tatsächlich besteht der Unterschied in der Augenbewegung, wodurch der Sehwinkel verändert wird. Je näher man zum Spiegel steht, desto größer muss diese Augenbewegung ausfallen, um zum Beispiel die Füße zu sehen.

2) Im Alltag verwendet man kleine Taschenspiegel, um das eigene Gesicht zu betrachten. Dazu hält man den Spiegel möglichst nahe zum Gesicht, um ein klares, großes Bild zu erhalten. Aus diesen beiden Erfahrungen wurden möglicherweise falsche Rückschlüsse auf die Funktion des Spiegels gezogen, welche zu den in Abbildung 7 dargestellten Vorstellungen führte.

Jung führt noch weitere Wortäußerungen an, welche naive Vorstellungen zum Spiegel erkennen lassen (Jung 1981a, S. 148):

„Weil ein Spiegel ja alles spiegelt, was er ‚sieht‘“

„Denn durch den Spiegel, der ja beleuchtet ist, wird das Spiegelbild sichtbar gemacht“

Die erste Wortmeldung greift die zu Beginn erwähnte Vorstellung auf: Schülerinnen und Schüler tendieren dazu den Standpunkt des Spiegels einzunehmen und sprechen ihm dadurch die Möglichkeit des Sehens zu. Die zweite Aussage lässt erahnen, dass Schüler/innen auch der Auffassung sind, das Spiegelbild entstehe immer und wird erst durch Anwesenheit von Licht „sichtbar gemacht“.

²⁰ Im Original ist der Artikel in Englisch verfasst. Die relevante Stelle wurde sinngemäß übersetzt. (Goldberg & McDermott 1986, S. 478)

In einer weiteren Untersuchung von Jung wird die Funktion des Spiegels durch eine Interviewpassage sogar noch präzisiert (Jung 1983a in Herdt 1990, S. 49):

I: Was macht der Spiegel eigentlich?

S: Ja, das kommt also durch – das wirft also zurück – also behält nicht.

I: Was wirft's da zurück?

S: Das Bild wirft's zurück!

I: Du würd'st nicht sagen, er wirft das Licht zurück?

S: Das Licht wirft's auch zurück, aber alle Gegenstände, die man sehen kann, die wirft er auch zurück.

Der Spiegel ist ein Gegenstand, welcher das Bild eines Gegenstandes und Licht „zurückwerfen“ kann. Die zitierte Interviewpassage lässt allerdings keine Rückschlüsse auf eine Verknüpfung mit dem Auge zu, da nicht erwähnt wird, ob das Licht ins Auge treffen muss. In einer späteren Studie von Wiesner verneinen 28,5% der befragten Schüler/innen die Notwendigkeit, dass Licht über den Spiegel ins Auge treffen muss und „*verzichten sehr konsequent auf eine Skizze des Lichtwegs*“ (Wiesner 1992 in Müller et al. 2007, S. 80). Der/die befragte Schüler/in scheint das „Bild“ unabhängig von Licht zu sehen. Möglicherweise handelt es sich um keine physikalische Vorstellung des Begriffes Bild. In einer schriftlichen Befragung von Jung, Wiesner und Blumör (1986, 1988) begründen die Schülerinnen und Schüler, welche das Spiegelbild nicht als Bild ansehen, ihre Meinung damit, dass „*es nicht gemalt, fixiert, materiell o.ä. ist*“ (Blumör 1993, S. 93). Damit scheint die physikalische Deutung des Bild-Begriffes auch nach dem Optik-Unterricht nicht einsichtig zu sein.

Zusammenfassend können die Vorstellungen zum Spiegel wie folgt charakterisiert werden:

- Der Spiegel sieht.
- Der Spiegel besitzt einen festen Blickwinkel.
- Der Spiegel wirft Licht oder das Bild zurück.
- Der Spiegel enthält das Bild eines Gegenstandes.

Interessanterweise erstrecken sich diese Vorstellungen über mehrere Altersgruppen. In den vorgestellten Studien handelte sich einerseits um Schüler/innen der Sekundarstufe I und andererseits um Studierende am College. Somit ergeben sich mindestens vier Jahre Altersunterschied.

1.2.2.2 Vorstellungen zum Spiegelbild

Dieser Aspekt verdient einen eigenen Unterpunkt, da hierbei die fundamentalen Problempunkte im Verständnis lokalisiert sind.

In mehreren Studien (Jung 1981a und 1981b; Goldberg & Mc Dermott 1986; Herdt 1990; Jung et al. 1986, 1988 in Blumör 1993) wurde die Fragestellung der Lage des Spiegelbildes fokussiert und die Vorstellungen mit speziell entwickelten Items erforscht. Ein klassisches Beispiel ist Item 2A aus der Studie von Jung (1981b, S. 21), welches in Abbildung 8 angeführt wird.

Item 2A

Du stellst einen Fotoapparat in 1 Meter Entfernung vor einem Spiegel auf (Abbildung von oben gesehen). Du weißt vielleicht, daß der Apparat auf bestimmte Entfernungen eingestellt werden kann. Nur Gegenstände in dieser eingestellten Entfernung werden ganz scharf fotografiert. Auf welche Entfernung würdest Du den Apparat einstellen, damit er sich selbst scharf fotografiert?



		a	b	
1 Ein Meter	25	40,3%	23	41,1%
2 Zwei Meter	12	19,4%	14	25,5%
3 Rest	25	40,3%	19	33,9%
Summe	62		56	

Abbildung 8: Item 2A mit Antwortverhalten aus der Studie von Jung (1981b) zur Lage des Spiegelbildes

In den beiden Versuchsgruppen der Gruppe A²¹ kreuzten 40,3% beziehungsweise 41,1% der Schülerinnen und Schüler „ein Meter“ und 19,4% beziehungsweise 25,5% „zwei Meter“ als Antwort an. Die restlichen Antworten sind nicht näher definiert. Damit wird deutlich, dass knapp 2/5 der Schüler/innen das Spiegelbild auf der Spiegeloberfläche lokalisiert. Das Vorhandensein dieser Vorstellung bekräftigte das nächste Item 3A, welches in der Abbildung 9 angeführt ist.

Item 3A

Du (o) stehst vor einem großen Spiegel und betrachtest Dein Spiegelbild. mache ein Kreuz (x) dort hin, wo Du Dich im Spiegel siehst:



		a	b	
1 Auf dem Spiegel	59	95,2%	50	89,3%
2 Hint. d. Spiegel	0	0	4	7,1%
3 An ders. Stelle	1	1,6%	0	0%
0 Keine Antwort	2	3,2%	2	3,6%
Summe	62		56	

Abbildung 9: Item 3A mit Antwortverhalten aus der der Studie von Jung (1981b) zur Lage des Spiegelbildes

Überraschenderweise vertreten nun etwa 95% beziehungsweise 89% der Schülerinnen und Schüler die Ansicht, dass das Spiegelbild auf der Spiegeloberfläche liegt. Dadurch wird deutlich, dass es hierbei um eine sehr ausgeprägte Fehlvorstellung handelt. Außerdem gibt Item 3A auch Aufschluss darüber, dass fast alle Schülerinnen und Schüler, welche bei Item 2A die richtige Lösung („zwei Meter“) angekreuzt hatten, ein falsches Verständnis hinsichtlich der Lage des Spiegelbildes aufweisen!

In der Gruppe B waren die Fragestellungen anders formuliert, weshalb an dieser Stelle nur folgende Erkenntnis von Jung angeführt werden soll (Jung 1981b, S. 27):

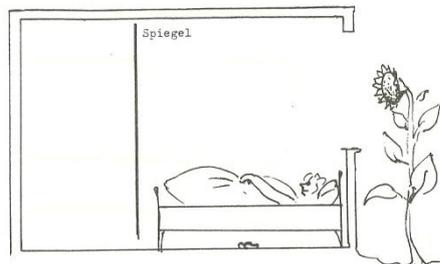
²¹ In dieser Studie wurden vergleichbare Fragebögenstudien durchgeführt (Jung, 1981b). Die Gruppe A enthielt zwei Förderklassen: a) zwei sechste Klassen vor dem Optikunterricht und b) eine sechste und eine siebte Klasse nach dem Optikunterricht. Gruppe B bestand aus vier Klassen, welche alle nach dem Optikunterricht getestet wurden: c) eine neunte Gymnasium-Klasse, d) eine achte Gymnasium-Klasse, e) eine neunte Hauptschulklasse und f) eine achte Realschul-Klasse. Alle Schulstufenangaben beziehen sich auf das deutsche Schulsystem.

„Die Verwechslung von “wirklich etwas in x sehen“ und “etwas Wirkliches in x sehen“ scheint ein wichtiger und schwieriger semantischer Gesichtspunkt bei der Beantwortung dieser Aufgabe zu sein.“

Die Sprache und Art der Formulierung von zu vermitteltem Wissen und von Vorstellungen scheint demnach eine wichtige Rolle einzunehmen und sollte daher meiner Einschätzung nach im Unterricht Beachtung finden.

Herdts (1990) Studie vor und nach dem Unterricht mittels des von ihm entwickelten Optiklehrgangs die Vorstellungen der teilnehmenden Schüler/innen. Das Item 2 (N2A und N2B) adressiert die Vorstellung zur Lage des Spiegelbildes und ist in Abbildung 10 abgebildet. Bei einem korrekten Verständnis liegt der konstruierte Spiegelbildort der Blume außerhalb des Zimmers. „Dieser besondere Umstand könnte Schüler, die kein ausreichend gesichertes Wissen bezüglich des Spiegelbildortes haben, dazu veranlassen, „umzukippen“ und den Ort des Spiegelbildes noch innerhalb des Zimmers anzugeben“ (Herdts 1990, S.277). Im Extremfall platzieren diese Schülerinnen und Schüler das Spiegelbild dann sogar auf dem Spiegel. Tatsächlich gaben in der Versuchsgruppe²² 73,7% (Herdts 1990, S. 281), in der Kontrollgruppe²³ jedoch nur 4,5% (Herdts 1990, S. 281) der Schüler/innen den korrekten Ort des Spiegelbildes an.

2. Als Claudia am anderen Morgen aufwacht, ist das Wetter wieder besser. Im Schrankspiegel sieht Claudia eine ihrer herrlichen Sonnenblumen:



N 2 A | Mache in der Abbildung an die Stelle ein Kreuz, wo Claudia das Spiegelbild der Blume sieht!

N 2 B | Erkläre durch Konstruktion in der Abbildung, wie es zur Entstehung des Spiegelbildes kommt!

Abbildung 10: Item 2 (Herdts 1990, S. 129b) zum Verständnis der Lage des Spiegelbildes

Aus diesen beiden exemplarisch dargebrachten Studien lässt sich eine Fehlvorstellung zum Spiegel ableiten: Das Spiegelbild eines Objektes liegt nicht hinter dem Spiegel.

Die häufigsten Alternativen sind folgende Vorstellungen (vgl. Jung et al. 1988 in Blumör 1993; Herdts 1990; Blumör 1993):

1. Das Spiegelbild liegt im Spiegel.
2. Das Spiegelbild liegt auf dem Spiegel.
3. Das Spiegelbild liegt vor dem Spiegel.

²² Diese Gruppe wurde mit dem entwickelten Lehrgang unterrichtet.

²³ Die Kontrollgruppe wurde „traditionell“ unterrichtet.

Letztere Vorstellung wird hauptsächlich in der Studie von Jung, Wiesner und Blumör aus dem Jahr 1988 angeführt (Blumör 1993). Blumör & Wiesner decken auch weitere Fehlvorstellungen in der vermeintlich richtigen Antwort („Das Spiegelbild liegt hinter dem Spiegel“) auf (Blumör & Wiesner 1992, S. 104):

1. *Man sieht das Spiegelbild hinter dem Spiegel aber es ist auf dem Spiegel. Dazu gehört auch die Variante: das Spiegelbild liegt auf der Rückseite des Spiegels oder zwischen zwei Wänden des Spiegels (und nur insofern auch dahinter).*
2. *Man sieht das Spiegelbild hinter dem Spiegel, aber es ist im Spiegel. Dazu gehört: „Spiegelwelt“ und „Spiegelinneres“.*

Außerdem halten Schülerinnen und Schüler das Spiegelbild mitunter auch für eine „optische Täuschung“, was in Aussagen „wie „es sieht so aus“ oder „man denkt“, das Spiegelbild sei dahinter“ (Blumör 1993, S. 100) deutlich wird. Auch Wiesner spricht diesen „Konflikt zwischen Wahrnehmung und Vorstellung“ (Wiesner 1986, S. 26) an.

Auch Goldberg & McDermott (1986) führten in ihrer Studie Aufgaben zur Lage des Spiegelbildes mit College-Studierenden durch. Bei der „einfachsten“ Aufgabe gaben einige der Befragten an, dass das Spiegelbild auf der Spiegeloberfläche liege. In weiterer Folge wurde der Beobachtungspunkt gewechselt. Nun vertraten viele Studierende die Meinung, sie müssten den Ort des Spiegelbildes nach rechts verschieben, wenn sich ihr Beobachtungspunkt nach links verschiebt. Abbildung 11 stellt die Fehlvorstellung dar: Die Studierenden konstruieren den Ort des Spiegelbildes, indem sie einen geraden Strahlenverlauf von dem Objekt zu ihrem Auge konstruieren und diese Gerade dann bis hinter dem Spiegel verlängern. Dadurch verschiebt sich der vorherige Spiegelbildpunkt aus der Frontalansicht nach rechts.

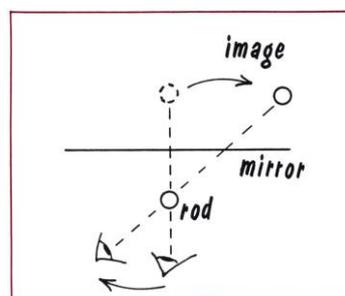


Abbildung 11: Inkorrekte Skizze des Strahlenganges bei einem ebenen Spiegel (Goldberg & McDermott 1986, S. 476)

Allerdings hinterfragten auch einige Studierende während des Interviews ihre Vorstellungen und waren anschließend in der Lage, ein korrektes Strahlen-Diagramm zu zeichnen und erkannten den Ort des Spiegelbildes als beobachterunabhängig (vgl. Goldberg & McDermott, S. 476). Auch in der Untersuchung von Jung, Wiesner und Blumör (1988) deutet knapp ein Viertel der Schülerinnen und Schüler „den Ort des Spiegelbildes in verlängerter Blickrichtung zum Gegenstand an“ (Blumör 1993, S. 92). In gleicher Weise werden den weiterführenden Aufgaben, welche die Vorstellungen zur Lage des Spiegelbildes adressieren, Skizzen mit derselben Fehlvorstellung wie in Abbildung 11 angefertigt (Goldberg & McDermott 1986). Allen angeführten Studien ist jedoch gemeinsam, dass die meisten Schülerinnen und Schüler nicht in der Lage sind, das Spiegelbild mittels korrekter Anwendung des Reflexionsgesetzes zu ermitteln.

Jung stellte fest, dass „gerade beim Spiegel der Vorstellungsrahmen vermengt werden. Das wird Licht reflektiert, der Lichtstrahl reflektiert, das Bild reflektiert, das Gesicht reflektiert“ (Jung 1981a, S. 148). Damit wird bereits deutlich, dass auch der physikalische Begriff „reflektieren“ von den Schülerinnen und Schülern ebenfalls vielschichtig gedeutet wird.

Ein klassisches Untersuchungsbeispiel, welches in vielen Studien adaptiert wurde, fand erstmals in der Untersuchung von Jung et al. 1988 Anwendung und ist in Abbildung 12 dargestellt.

Die Frage lautete
Klaus steht mit Freunden vor einem Spiegel.

a) Wen kann Klaus im Spiegel sehen?

Klaus	[]
Susi	[]
Peter	[]

b) Klaus kann mit der Taschenlampe auf den Spiegel leuchten, wohin er will. Wen kann er blenden?

Klaus	[]
Susi	[]
Peter	[]

Abbildung 12: Item zur Bild- und Strahlenreflexion (Wiesner 1992, S. 289)

Bei diesem Item wird die Bildreflexion „von etwa der Hälfte der Schüler intuitiv korrekt beantwortet, die Strahlenreflexion (bei stark unsymmetrischer Anordnung) zu etwa einem Drittel“ (Wiesner 1992, S. 289). In der Studie von Jung, Wiesner und Blumör wurde dieses Item verwendet und aus einer schriftlichen Befragung gefolgert: „Die (intuitive) Kenntnis des Reflexionsgesetzes beim Spiegel deckt sich demnach keineswegs mit einer Streuungsvorstellung bei einer weißen Wand“ (Blumör 1993, S. 97). Etwa die Hälfte der Befragten meint, dass „das Licht von der Taschenlampe auf der Wand liegen“ (Blumör 1993, S. 97) bleibt.

Beim Reflexionsgesetz ergeben sich demnach Schwierigkeiten beim Verständnis, was auch in der Untersuchung von Herdt sichtbar wird: 35 Schüler/innen in der Versuchsgruppe und nur 2 Schüler/innen in der Kontrollgruppe können den Ort des Spiegelbildes der Blume aus Item 2 korrekt mittels Reflexionsgesetz konstruieren (Herdt 1993). Wiesner führt in seinen Optik-Lehrgang die Darstellung mittels divergierender Lichtbündel ein (Wiesner et al. 1995), welche auch Herdt in seinem Lehrgang aufgreift. Nur mit einer richtigen Vorstellung zum Reflexionsgesetz kann die Lage des Spiegelbildes korrekt ermittelt und das Spiegelbild als virtuelles Bild angesehen werden.

Eine weitere Fehlvorstellung bezieht sich auf die Spiegelsymmetrie: Es ist eine weitverbreitete Vorstellung, dass der Spiegel links und rechts vertauscht (Wiesner 1986). Diese Vorstellung entsteht vermutlich dadurch, dass sich die betreffenden Personen in die Lage ihres Spiegelbilds hineinversetzen und somit die augenscheinliche Vertauschung von rechts und links wahrgenommen wird. In der Studie von Jung, Wiesner und Blumör () wurde die Thematik der Spiegeltransformation mittels „einer Reihe von Aufgaben mündlich und schriftlich getestet“ (Blumör 1993, S. 98). Bei der Vorhersage der Lage von Würfel Flächen im Spiegelbild ergaben sich keine Hinweise auf die Fehlvorstellung der Seitenvertauschung. Offensichtlich tritt die Fehlvorstellung bei Spiegelbildern von Menschen oder menschenähnlichen Spielfiguren gehäuft auf, da hier eine Identifikation mit dem Spiegelbild stattfindet.

1.3 Physikalische Grundlagen und zum Thema Licht und Spiegel und didaktische Überlegungen zum Thema Spiegelbild

Vor dem Hintergrund der wissenschaftlichen Erklärungen werden im folgenden Abschnitt die bereits unter Kapitel 1.2. eingebrachten physikalischen Konzepte zum Thema Licht und Spiegel konkreter und erweitert dargestellt. Als Grundlage dient hierfür das Themenheft „*Lichtquellen, Reflexion*“ aus dem *Band 1: Optik* aus der Reihe *Unterricht Physik* (Wiesner et al. 1995), in welchen die physikalischen Theorien in fachdidaktische Erkenntnisse eingebettet sind. Als weitere Literatur wird für dieses Kapitel das Lehrbuch „*Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*“ von Tipler & Mosca (2009) verwendet.

1.3.1 Licht

Dieser Abschnitt widmet sich den physikalischen Konzepten zum Thema Licht und wird die hauptsächlich adressierten Vorstellungen sowie den Aspekt des Sehens beinhalten.

1.3.1.1 Abstrahlung und Ausbreitung von Licht

Licht weist alle Eigenschaften einer elektromagnetischen Welle auf, das bedeutet es handelt sich um eine periodische Änderung des elektrischen und magnetischen Feldvektors, welcher normal zur Ausbreitungsrichtung steht. Somit handelt es sich beim Licht um eine Transversalwelle, deren Ausbreitungsgeschwindigkeit unabhängig von der Wellenlänge beziehungsweise Frequenz ist. Ein bestimmter Bereich dieser verschiedenen Wellenlängen des Lichts kann das menschliche Auge wahrnehmen und durch die Reizweiterleitung und deren Verarbeitung im Gehirn entsteht der Seheindruck. Je nach Wellenlänge empfinden wir jedoch das Licht in verschiedenen Farben und das Spektrum des „sichtbaren“ Licht liegt ungefähr zwischen 400nm (violett) und 780nm (rot). Die Lichtgeschwindigkeit kann mittlerweile sehr genau gemessen werden und ihr Wert liegt laut Literatur bei $299\,792\,458\,m\cdot s^{-1}$ (Tipler & Mosca 2009, S. 1196). Allerdings ist für praktische Anwendungen und den Schulunterricht ein genäherter Wert von $3\cdot 10^8\,m\cdot s^{-1}$ (Tipler & Mosca 2009, S. 1196) ausreichend²⁴.

Licht wird kontinuierlich abgestrahlt und breitet sich damit auch kontinuierlich aus²⁵. Es gibt zwei Formen von Lichtquellen (Wiesner et al., 1995):

1. **Primäre Lichtquellen:** Die Abstrahlung von Licht wird durch Erhitzen angeregt.
2. **Sekundäre Lichtquellen („Zwischensender“²⁶):** Licht bestrahlt ein Objekt und dieses sendet seinerseits Licht aus.

Licht kann sich also so lange kontinuierlich ausbreiten, solange in einer primären Lichtquelle (beispielsweise eine Glühbirne oder die Sonne) ein kontinuierlicher Vorgang abläuft, der das Abstrahlen von Licht ermöglicht. Selbiges gilt für das abgestrahlte Licht eines Zwischensenders, solange dieser von einer primären Lichtquelle bestrahlt wird. Zur Beschreibung der Ausbreitung des Lichts dient das Huygens'sche Prinzip:

²⁴ In Wiesner et al. (1995) wird als sinnstiftendes Beispiel für die Heranführung an die Lichtgeschwindigkeit im Physikunterricht die Entfernungsmessung Mond-Erde mittels Spiegel und Laser angeführt.

²⁵ Dies ist für Schülerinnen und Schüler nicht immer einsichtig, da diese dem Licht oftmals nur beim Einschalten der Taschenlampe einen Strömungscharakter und damit eine Ausbreitung zusprechen (Wiesner et al., 1995). Siehe dazu auch Kapitel 1.2.1.1

²⁶ Dieser Ausdruck ist – besonders in Bezug auf den dargestellten Lehrgang – „*treffender als die Bezeichnung sekundäre Lichtquelle*“ (Wiesner et al. 1995, S. 17). Daher wird dieser Begriff auch in weiterer Folge verwendet.

„Jeder Punkt einer bestehenden Wellenfront ist Ausgangspunkt einer neuen kugelförmigen Elementarwelle, die sich mit derselben Geschwindigkeit und Frequenz ausbreitet wie die ursprüngliche Wellenfront im betreffenden Medium. Die Einhüllende aller Elementarwellen ergibt die Wellenfront zu einem späteren Zeitpunkt.“ (Tipler & Mosca 2009, S. 1198)

Jeder Punkt einer bestehenden Welle stellt eine Punktquelle dar, von der sich die elektromagnetische Strahlung (das Licht) in alle Richtungen (kugelförmig) ausbreitet. Da nun eine Welle theoretisch unendlich viele Punktquellen aufweist, breitet sich von jeder dieser Punktquelle eine kugelförmige Elementarwelle aus, wodurch es zur Interferenz zwischen diesen Elementarwellen kommt. Die Einhüllende Welle stellt dann die sich tatsächlich ausbreitende Welle dar. Abbildung 13 skizziert das Huygens'sche Prinzip, wobei die türkisenen Halbkreise die Elementarwellen und die roten Punkte die Punktquellen darstellen. Erweitert man die Kreiswelle um die dritte Raumrichtung, so gelangt man zum Sachverhalt bei einer Kugelwelle.

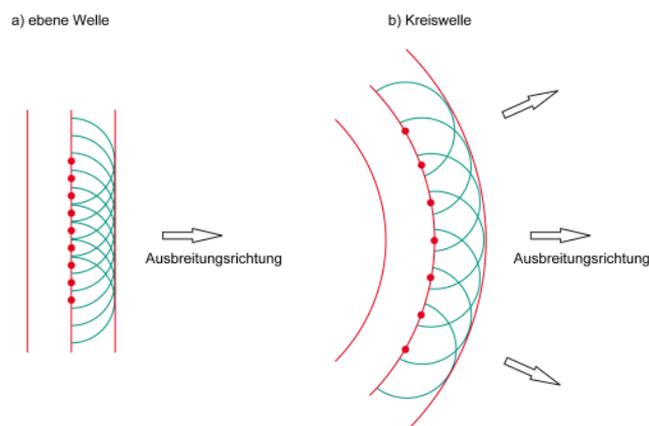


Abbildung 13: Huygens'sches Prinzip für eine ebene Welle und eine Kreiswelle²⁷

Angewandt auf das Licht, bringt das Huygens'sche Prinzip jedoch strenggenommen Probleme mit sich: Es „gibt keinen unendlich dünnen Lichtstrahl, weil jeder Punkt entlang des Lichtstrahls Ausgangspunkt einer Kugelwelle sein müsste [sic!]; das Licht müsste [sic!] nach allen Seiten „auseinanderlaufen“, ohne daß [sic!] sich die Kugelwellen zu Wellenfronten überlagern, die in eine bestimmte Richtung fortschreiten“ (Wiesner et al. 1995, S. 10). Dennoch weisen ebene Wellen eine ausgeprägte Ausbreitungsrichtung auf, welche man mit dem sogenannten *Poynting-Vektor* (Wiesner et al. 1995, S. 10) angibt, wodurch die Stärke und Richtung der Strahlungsenergie des Lichts gegeben ist. Da die Dimension des sichtbaren Lichts in einem schmalen Bereich weit unterhalb des sichtbaren Lichts befinden, kann die „Welle näherungsweise als Strahl auffassen und in der Regel mit den Gesetzen der geometrischen Optik arbeiten“ (Tipler & Mosca 2009, S. 1176). Die Beugungseffekte, welche „ein merkliches „Auseinanderlaufen“ der elementaren Kugelwellen“ bewirken würden, spielen daher keine Rolle. Selbst „ein millimeterdickes Lichtbündel breitet sich nach den Gesetzen der Strahlenoptik aus“ und wird „durch einen geometrischen Strahl (Mittellinie) repräsentiert“ (Wiesner et al. 1995, S. 10). Daher macht es Sinn im Unterricht das Modell des Lichtstrahls als erste Näherung zu verwenden, jedoch sollte in weitere Folge auf die Lichtbündel-Darstellung eingegangen werden, da beim Lichtstrahlmodell

²⁷ <http://psi.physik.kit.edu/147.php> (27.6.2012)

„Interferenz- und Beugungserscheinungen (hervorgerufen durch die Welleneigenschaften des Lichts) keine Rolle spielen“ müssen.

Des Weiteren beschreibt das Fermat'sche Prinzip ebenfalls die Ausbreitung des Licht und soll als wichtige Ergänzung an dieser Stelle angeführt werden:

„Der Weg, den das Licht von einem Punkt zu einem anderen einschlägt, ist stets derjenige, bei dem die dafür benötigte Zeit minimal ist.“ (Tipler & Mosca 2009, S. 1198)

Das Huygens'sches Prinzip und das Fermat'sche Prinzip werden beide für die Herleitung des Reflexions- und des Brechungsgesetzes herangezogen (für die Reflexion siehe Kapitel 1.3.1.3).

1.3.1.2 Sehvorgang mittels Sender-Empfänger-Vorstellung

Um die Sender-Empfänger-Vorstellung zu verstehen, müssen die Begriffe „primäre Lichtquelle“, „Zwischensender“ und die Ausbreitung von Licht geklärt werden²⁸. Abbildung 14 stellt den Sehvorgang mittels divergierender Lichtbündel nach der Sender-Empfänger-Vorstellung für primäre Lichtquellen (selbstleuchtend: Lampe) und Zwischensendern (nicht selbstleuchtend: Kind) dar.

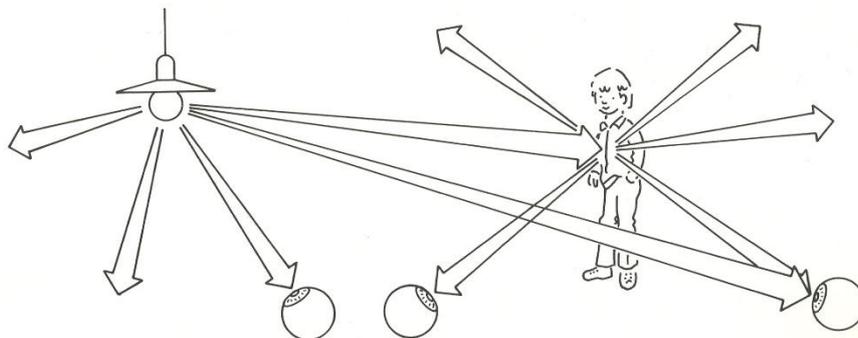


Abbildung 14: Physikalische Darstellung des Sehvorgangs nach der Sender-Empfänger Vorstellung (Wiesner et al. 1995, S. 67)

Wiesner et al. (1995) beschreiben die Sender-Empfänger-Vorstellung für selbstleuchtende Gegenstände wie folgt:

„Die Lampe, die Sonne, die Kerze, ... strahlen Licht nach allen Seiten ab. Wenn ein Teil davon in das Auge oder Modellauge fällt, entsteht auf der „Netzhaut“ ein Abbild des Gegenstandes, der das Licht abstrahlt“ (Wiesner et al. 1995, S. 16).

Der wichtige Aspekt ist dabei die Verknüpfung mit dem Auge und der Weg des Lichtes von der Lampe zum Auge, damit die drei Fehlvorstellungen in Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3 in Kapitel 1.2.1.3 möglichst früh erkannt und umgedeutet beziehungsweise richtig gestellt werden.

Für nicht leuchtende Gegenstände wird das Sender-Empfänger-Prinzip um den Zwischensender erweitert:

„Wenn das Licht der Sonne, einer Lampe o. ä. auf einen Körper fällt, dann strahlt auch dieser Licht ab, d.h., er wird zu einem Zwischensender von Licht“ (Wiesner et al. 1995, S. 17).

²⁸ Im Lehrgang nach Wiesner et al. (1995) erfolgt die Einführung dieser Begriffe erst nach der Erarbeitung der Sender-Empfänger Vorstellung.

Auch in diesem Fall muss eine Verknüpfung mit dem Auge geschaffen werden und wohl durchdachte Versuche können unterstützend wirken.

1.3.1.3 Streuung und Reflexion von Licht

Bei der Sender-Empfänger-Vorstellung wurde nicht thematisiert, welcher Vorgang zu dem Erneuten Abstrahlen von Licht beim Zwischensender führt. Trifft Licht auf die Oberfläche eines Objekts, regt es dort elektrisch geladene Teilchen an (durch die periodischen Änderungen des elektrischen Feldanteils), wodurch diese ebenfalls Licht abstrahlen (Wiesner et al., 1995). Ist die Oberfläche glatt, so sind die elektrisch geladenen Teilchen gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt, während sie bei einer rauen Oberfläche regellos angeordnet sind. Dies beeinflusst den Weg des Lichtes nach dem Auftreffen maßgeblich. Daher unterscheidet man zwei Fälle (Wiesner et al., 1995):

1. Streuung von Licht: Die Abstrahlung von Licht erfolgt in alle Richtungen.
2. Reflexion von Licht: Alle angeregten Teilchen liegen in einer Ebene und das Licht wird in eine Vorzugsrichtung abgestrahlt.

Die Streuung ist auch in Abbildung 14 dargestellt: Das Licht trifft auf die Körperoberfläche des Kindes und wird in alle Richtungen gestreut und ein Teil dieses gestreuten Lichtes gelang ins Auge der beobachtenden Person.

Die Reflexion an einer glatten Oberfläche kann, wie am Ende des Kapitels 1.3.1.1 erwähnt, mithilfe des Huygens'schen Prinzip erklärt werden.

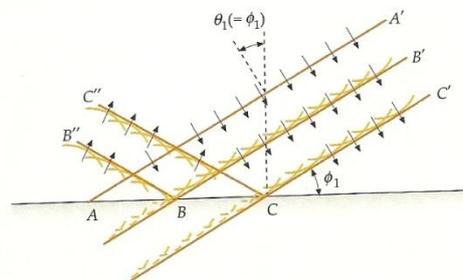


Abbildung 15: Darstellung der Reflexion einer ebenen Wellenfront an einem ebenen Spiegel. (Tipler & Mosca 2009, S. 1215 Abbildung 31.36)

In Abbildung 15 ist der Weg einer ebenen Wellenfront dargestellt, welche auf den Spiegel unter dem Winkel Φ_1 ²⁹ trifft. „Nach dem Huygens'schen Prinzip kann jeder Punkt auf einer gegebenen Wellenfront als Punktquelle einer sekundären Elementarwelle angesehen werden“ (Tipler & Mosca 2009, S. 1215). Der Teil C-C' bildet jenen Teil der Wellenfront, welcher noch nicht auf die Oberfläche getroffen ist, C-C'' bildet den Teil der Wellenfront, welcher bereits reflektiert worden ist. Selbiges gilt für die Wellenfront B-B' und B-B''. Die Wellenfront A-A' erreicht in der Skizze gerade die Spiegeloberfläche, sodass an dieser Stelle eine sekundäre Elementarwelle abgestrahlt wird. Die jeweils Einhüllende aller neu entstehenden Elementarwellen (primäre und sekundäre) stellt die sich ausbreitende Wellenfront dar. Anhand der Abbildung 15 ist deutlich zu erkennen, dass der Einfallswinkel der einfallenden Wellenfront gleich dem Ausfallswinkel der reflektierten Wellenfront ist.

²⁹ Wird die Richtung der ausbreitenden Lichtwelle als „Lichtstrahl“ mit einem „Strich“ symbolisiert, so werden als Einfallswinkel und Ausfallswinkel stets zum Lot angegeben. In der Abbildung 15 ist der Winkel zum Lot (entspräche dem Einfallswinkel bei der Lichtstrahldarstellung), aber auch zur reflektierenden Oberfläche eingezeichnet.

Somit ist eine eindeutige Vorzugsrichtung der abgestrahlten Strahlung der angeregten Teilchen auf der Spiegeloberfläche gegeben.

Auch das Fermat'sche Prinzip kann zur Erklärung der Reflexion herangezogen werden und wird in Abbildung 16 dargestellt.

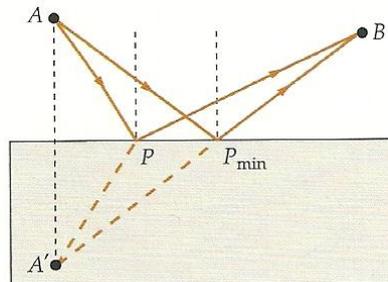


Abbildung 16: Darstellung der Reflexion an der Oberfläche eines ebenen Spiegels (Tipler & Mosca 2009, S. 1216 Abbildung 31.39)

In Abbildung 16 trifft ein Lichtstrahl aus dem Punkt A auf eine Spiegeloberfläche und erreicht nach anschließend als reflektierter Lichtstrahl den Punkt B. In der Skizze ist ersichtlich, dass die Strecke APB gleich groß ist wie die Strecke A'PB. „Der Punkt A' liegt ja auf dem durch A verlaufenden Lot auf der Spiegeloberfläche, und er ist ebenso weit von dieser entfernt wie A“³⁰ (Tipler & Mosca 2009, S. 1216). Damit die Laufstrecke des Lichts minimal wird, wird der Punkt P nach rechts bis zum Punkt P_{min} verschoben. Hier ist jener Reflexionspunkt, an dem das Licht die Strecke A'PB (beziehungsweise APB) minimal wird, da alle Punkte auf einer Geraden liegen. Bei der Reflexion im Punkt P_{min} ist der Winkel des einfallenden Lichtstrahls zum Lot gleich dem Winkel des ausfallenden Lichtstrahls zum Lot. Daraus ergibt sich das Reflexionsgesetz und folgender Merksatz: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel³¹ (Tipler & Mosca, 2009).

1.3.1.4 Das Spiegelbild

Das Spiegelbild liegt physikalisch hinter dem Spiegel und es handelt sich dabei um ein sogenanntes virtuelles Bild. Diese Vorstellung können Schüler/innen nur sehr schwer begreifen.

Jeder Gegenstand sendet Licht in alle Richtungen aus (primäre Lichtquelle oder Zwischensender) und dieses abgestrahlte Licht breitet sich mit geradliniger Ausbreitungsrichtung aus. Befindet sich ein Spiegel im Raum, so trifft ein Teil der Lichtstrahlen auf die Spiegeloberfläche und wird dort nach dem Reflexionsgesetz reflektiert. In Abbildung 17 ist dieser Sachverhalt symbolisch dargestellt: Vom Gegenstand P (z.B. eine „punktförmige“ Lichtquelle) wird Licht abgestrahlt und ein bestimmter Teil der Lichtstrahlen trifft auf die Spiegeloberfläche (die „Abgrenzung“ dieses Teils der Lichtstrahlen ist durch die beiden Randstrahlen gegeben). Alle Strahlen werden gemäß dem Reflexionsgesetz reflektiert und divergieren dadurch auseinander. Dies ist sehr gut durch den orange unterlegten Bereich visualisiert. Nur jene Strahlen, deren Ausbreitungsrichtung ins Auge der beobachtenden Person weist, werden wahrgenommen (vgl. SEV im Kapitel 1.3.1.2). „Die Eintrittsrichtung in

³⁰ Dieser Aspekt sei an dieser Stelle besonders hervorgehoben, da er für die Entstehung des virtuellen Spiegelbildes eine maßgebliche Rolle einnimmt!

³¹ Im Kapitel 4 wird noch deutlich werden, dass dieser Merksatz für das Verständnis der Entstehung des virtuellen Spiegelbildes hinderlich sein kann.

das Auge bestimmt die Richtung, in der das „Urbild“, der abstrahlende Gegenstand wahrgenommen wird“ (Wiesner et al. 1995, S. 11). Da sich Licht geradlinig ausbreitet, kann durch die minimalste gerade Verbindung der Spiegelbildort P' (Bild) ermittelt werden (vgl. Feramt'sches Prinzip im Kapitel 1.3.1.3). Das Auge akkommodiert die Augenlinse somit auf das Bild P' , welches sich hinter dem Spiegel befindet. Das Spiegelbild ist somit ein virtuelles Bild und stellt den Schnittpunkt aller von der Spiegeloberfläche divergierenden Lichtstrahlen dar³².

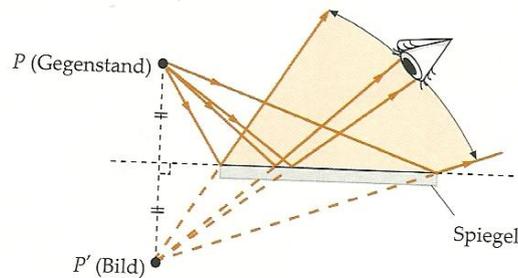


Abbildung 17: Entstehung des Spiegelbildes
(Tipler & Mosca 2009, S. 1238 Abbildung 32.1)

Der Gegenstand P befindet sich räumlich nicht „vor“ dem Spiegel. Damit ein Spiegelbild entstehen kann, muss als einzige Bedingung erfüllt sein, dass Licht von dem Gegenstand auf den Spiegel treffen und reflektiert werden kann. Dann existiert ein Beobachtungspunkt, „von dem aus sein Bild sichtbar ist“ (Tipler & Mosca 2009, S. 1238).

In Kapitel 1.2.2.2 wurden Schülervorstellungen zum Spiegelbild angeführt. Eine Vorstellung betrifft die „Spiegelsymmetrie“: Es ist eine verbreitete Fehlvorstellung, dass der Spiegel links und rechts vertauscht. Dieser Eindruck entsteht, da das virtuelle Bild hinter dem Spiegel aufgrund der Strahlensymmetrie genau gleich groß wie der Gegenstand selbst und aufrecht ist. In Abbildung 18 ist die Konstruktion des Spiegelbildes eines Pfeils mittels eines ausgezeichneten Lichtstrahls dargestellt. Dabei ist erkennbar, dass das Spiegelbild B des Pfeils dieselbe Größe aufweist und aufrecht ist. Der Grund dafür ist der gleiche Betrag von der Gegenstandsweite g (vom Punkt P zum Punkt A auf Spiegeloberfläche) und der Bildweite b (von A zu P'). Dies gilt für jeden beliebigen Punkt des Gegenstandes und des dazugehörigen Bildpunktes.

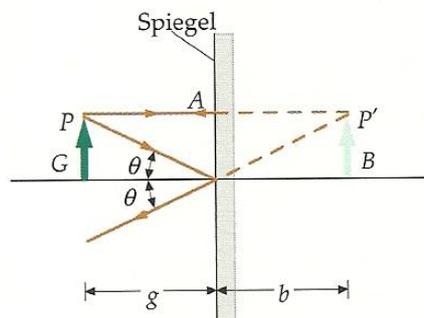


Abbildung 18: Konstruktion des Spiegelbildes eines Pfeils beim ebenen Spiegel
(Tipler & Mosca 2009, S. 1239 Abbildung 32.5)

³² Eine Abbildung kann physikalisch nur dann existieren, wenn alle Lichtstrahlen in einem Bildpunkt vereinigt werden.

Was vertauscht nun der Spiegel? Diese Frage ist vor allem im Schulunterricht nicht sehr einfach zu beantworten und lässt sich durch die Darstellung der Spiegelsymmetrie mittels kartesischen Koordinatensystems erklären (vgl. Abbildung 19).

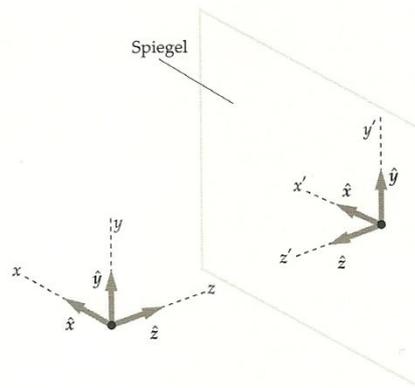


Abbildung 19: Abbildung eines rechtwinkligen Koordinatensystems durch einen ebenen Spiegel (Tipler & Mosca 2009, S. 1239 Abbildungen 32.4)

In Abbildung 19 ist ersichtlich, dass die *Richtung* der Einheitsvektoren \hat{x} und \hat{y} auch im Spiegelbild gleich bleibt, jedoch die Richtung des dritten Einheitsvektors \hat{z} umgekehrt wird. „Für die Einheitsvektoren des rechtshändigen Koordinatensystems gilt $\hat{x} \times \hat{y} = \hat{z}$. Sein Spiegelbild ist ein linkshändiges Koordinatensystem mit $\hat{x} \times \hat{y} = -\hat{z}$ “ (Tipler & Mosca 2009, S. 1238). Der Spiegel vertauscht demnach vorne und hinten.

Die Vertauschung von rechts und links wird hauptsächlich durch ein Hineinversetzen in das Spiegelbild suggeriert. Da der Mensch prinzipiell einen äußerlich symmetrischen Körperbau aufweist wirkt das Spiegelbild der rechten Hand so, als wäre es die linke die Hand.

1.3.1.5 Didaktische Überlegungen zum Spiegelbild

Im folgenden Unterkapitel werden einige didaktische Konzepte aus dem Themenheft „Lichtquellen, Reflexion“ aus dem *Band 1: Optik* aus der Reihe *Unterricht Physik* (Wiesner et al. 1995) vorgestellt.

Die Grundlage stellt die SEV dar, die laut Wiesner et al. (1995) folgende Begriffe und Konzepte enthalten muss:

- primäre und sekundäre (Zwischensender) Lichtquelle
- Weg des Lichts von einer Lichtquelle ins Auge, wobei hierbei wichtig ist, *wie* das Licht ins Auge eintritt (Beispiel Spiegelbild)
- Entstehung einer Abbildung auf der Netzhaut des Auges

Letzteres wird in dieser Arbeit außer Acht gelassen, da dieser Aspekt während des Projekts nicht thematisiert wurde. Die anatomischen Bedingungen für das Sehen wurden auf das Einfallen von Lichtbündel und die Augen reduziert.

Im Lehrgang werden außerdem von Beginn an Darstellungen mit divergierenden Lichtbündeln neben der Lichtstrahl-Darstellung verwendet. Ein Beispiel hierfür liefert Abbildung 14, welche bereits in der ersten Unterrichtseinheit sinnstiftend eingesetzt wird. Anschließend an die korrekte Einführung der oben genannten Konzepte und Begriffe, legt dieser Lehrgang auch besonderen Wert auf eine fachlich stimmige Klärung der Streuung von Licht. Dies wird einerseits über die Streuung von Licht an einer weißen Pappe eingeführt und

andererseits durch Streuung von Licht an farbigen Oberflächen erweitert³³. Darauf aufbauend wird die „*Streuung von Licht an Teilchen in der Atmosphäre*“ (Wiesner et al. 1995, S. 17) mithilfe von Demonstrationsexperimenten betrachtet, um eine Grundlage für die zweite Unterrichtseinheit „*Die Ausbreitung des Lichts*“ (Wiesner et al. 1995, S. 18) zu schaffen. In dieser Einheit finden folgende Aspekte Beachtung:

- die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts
- die kontinuierliche Strömung von Licht (ausgehend von Lichtblitzen, deren Frequenz sich steigert, bis die Lichtblitze nicht mehr getrennt, als kontinuierliche Beleuchtung wahrgenommen werden)
- geradlinige Ausbreitung von Licht

Die sechste Unterrichtseinheit ist gänzlich der Entstehung des Spiegelbildes gewidmet, weshalb diese nun ausführlicher dargestellt wird. Den Beginn stellt ein Vertraut machen mit den „*Eigenschaften des Spiegelbildes*“ (Wiesner et al. 1995, S. 32) dar, welches durch das Betrachten des Spiegelbildes einer Schachtel mit verschiedenfarbigen Kanten erreicht wird. Dabei wird gezielt die Frage nach der Vertauschung betrachtet.

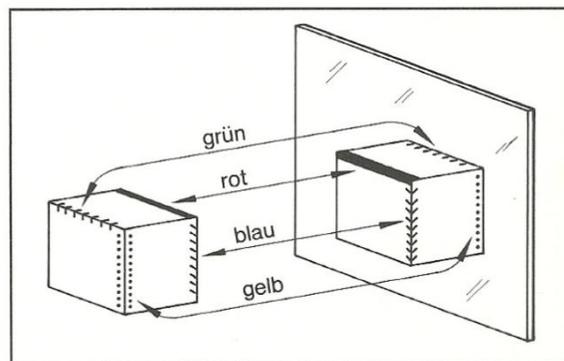


Abbildung 20: Vorschlag einer Tafelskizze zur Vertauschung durch den Spiegel (Wiesner et al. 1995, S. 32)

Abbildung 20 stellt den gleichen Sachverhalt dar, wie die abstraktere Abbildung 19 und dient der Erarbeitung der Vertauschung von vorne und hinten. An dieser Stelle ist es essentiell, die Schüler/innen mit ihren Fehlvorstellungen zu ihrem eigenen Spiegelbild zu konfrontieren. Als Zwischenschritt empfehlen Wiesner et al. (1995) die Beobachtung an einer Puppe. „*Ob man allerdings die sehr dominante Alltagsvorstellung nachhaltig ersetzen kann, ist doch mit einiger Skepsis zu beurteilen*“ (Wiesner et al. 1995, S. 33). Daran anschließend wird im Lehrgang ein Demonstrationsversuch zur Lage des Spiegelbildes angeführt, bei welchem eine Kerze an die Stelle des Spiegelbildes einer andren gleichaussehenden Kerze platziert wird³⁴. Mit diesem Versuch gelangen die Schüler/innen zu der Erkenntnis, dass die Lage des Spiegelbildes durch die Lage des Gegenstandes bestimmt ist und das Spiegelbild hinter der Spiegelfläche liegt.

In dem Lehrgang sind mehrere Schüler/innenversuche mit dem Entfernungsmesser³⁵ angeführt, wodurch die Erkenntnis des Kerzen-Versuches bestätigt werden. Außerdem können die Schülerinnen und Schüler die Entfernung zur Spiegeloberfläche und zur Lage des Spiegelbildes messen und dadurch miteinander vergleichen. Dadurch beobachten die

³³ Ausführliche Erklärungen sind in Wiesner et al (1995, S. 17) gegeben.

³⁴ Eine genauere Beschreibung findet sich unter 2. Schritt der 7. Unterrichtseinheit (Wiesner et al. 1995, S. 33).

³⁵ Der Entfernungsmesser besteht aus einer modifizierten Lochkamera und wird in der vorangegangenen Unterrichtseinheit erklärt und konstruiert.

Schülerinnen und Schüler: „*Das Spiegelbild liegt genauso weit hinter dem Spiegel, wie der dazugehörige Gegenstand vor dem Spiegel steht*“ (Wiesner et al 1995, S. 33). Die Bildweite ist gleich der Gegenstandsweite. Laut Wiesner et al. (1995) ist es sinnvoll, die aufwändigen Versuche mit dem Entfernungsmesser durchzuführen, da Schüler/innen die Lage des Spiegelbildes nur mit Schwierigkeiten akzeptieren können (vgl. dazu auch Kapitel 1.2.2.2). Im Rahmen des Cross Age Peer Tutoring fand ein anderes Experiment³⁶ zur Lage des Spiegelbildes Anwendung, welches ebenfalls diese Erkenntnis fördern sollte und ursprünglich für den Sachunterricht konzipiert wurde. Des Weiteren werden daran anknüpfende Lernschwierigkeiten aufgegriffen: Bei einem Wandspiegel liegt „*das Spiegelbild in oder sogar hinter einer dicken Mauer*“ und die „*Lage des Spiegelbildes hängt nicht vom Beobachter ab*“ (Wiesner et al. 1995, S. 34)! Letzteres können die Schüler/innen zu Hause selbst erfahren, in dem sie das Spiegelbild eines Gegenstandes aus verschiedenen Perspektiven betrachten.

Die Konstruktion des Spiegelbildes ist möglich, da dieses Beobachterunabhängig ist. Wichtig ist die gewonnen Erkenntnis, dass die Spiegeloberfläche eine Symmetrieebene darstellt. Die wird durch Anlegen eines Geodreiecks oder mittels Karopapier veranschaulicht. Ein häufiges Problem bei der Konstruktion ist die Glasdicke des Spiegels, welche oft durch zwei Linien symbolisiert ist, da die SchülerInnen sehr oft nicht wissen, „*welche der beiden Linien für die Konstruktion zu verwenden ist*“ (Wiesner et al. 1995, S. 35). Zur Konstruktion verwendet man die hintere Linie, denn dort findet die Reflexion statt. Die Brechung der Lichtbündel durch das Glas ist zu vernachlässigen. Demnach befindet sich die Symmetrieebene auch auf dieser hinteren Linie. Darauf aufbauend kann mittels Fotoapparat auf ein an der Wand hängendes gemaltes Bild und auf das Spiegelbild eines Gegenstandes entstehend durch einen Wandspiegel scharf gestellt werden. Dadurch soll folgendes erkannt werden: „*Das Spiegelbild hat räumliche Tiefe; bei der Fotografie oder beim Gemälde ist sie nur vorgetäuscht*“ (Wiesner et al. 1995, S. 35). Dieser Aspekt wurde situationsabhängig im Cross Age Peer Tutoring angeführt.

Die Unterrichtseinheit 7 fokussiert ausschließlich auf das Reflexionsgesetz. Der Begriff der Reflexion wird im Lehrgang von Wiesner et al. (1995) als Form der Lichtstreuung an sehr glatten Flächen. Betrachtet man vergleichsweise eine Matte Scheibe, so erkennt man, dass diese das Licht nur streut ohne es zu reflektieren. Dazu schlagen die Autoren einen Versuch vor, bei dem eine Mattscheibe und ein Spiegel mittels roten Lasers beleuchtet werden. Die Mattscheibe leuchtet dadurch ein Papier oder die Zimmerdecke farbig aus, während mittels Spiegel ein klar abgegrenzter roter Punkt sichtbar wird.³⁷ An dieser Stelle wird soll angemerkt werden: „*Auf ein mechanische „Billardkugel“-Analogon sollte verzichtet werden, damit die Reflexion am Spiegel später über die Anregung von Teilchen auf der Spiegeloberfläche und nicht durch ein quasimechanisches Abprallen beschrieben werden kann*“ (Wiesner et al. 1995, S. 36).

Die geometrische Beschreibung des Reflexionsgesetzes erfolgt mit Hilfe von Schüler/innenversuche mit Winkelscheibe oder etwa dem Spannen von Schnüren zwischen

³⁶ Dieser Versuch wird noch ausführlicher dargestellt werden, allerdings soll an dieser Stelle bereits auf die dazugehörige Internetseite der LMU München verwiesen werden: <http://www.supra.grundschuldidaktik.uni-bamberg.de/learnfeld-natur-und-technik/spiegel/einheit-5-wo-sehen-wir-das-spiegelbild.html?start=4> (28.6.2012)

³⁷ Dieser Versuch ist angeführt unter: Wiesner et al. 1995, S. 36

der Position zweier Schülerinnen und Schülern und dem Spiegel. Zum Abschluss wird das Reflexionsgesetz mit den Begriffen „*einfallendes Bündel*, *Einfallslot* und *reflektiertes Bündel*“ (Wiesner et al. 1995, S. 37) formuliert.

Die Konstruktion des Spiegelbildes erfolgt mittels Arbeitsblättern und die legt dabei besonderen Fokus auf die „*Wahrnehmung des Spiegelbildes durch den Beobachter*“ (Wiesner et al. 1995, S. 38), welche durch die Richtung aus der das Licht ins Auge fällt bestimmt wird. Die Konstruktion wird anschließend durch den reflektierten Strahl ergänzt, indem dieser rückwärts hinter dem Spiegel verlängert wird (siehe Abbildung 21).

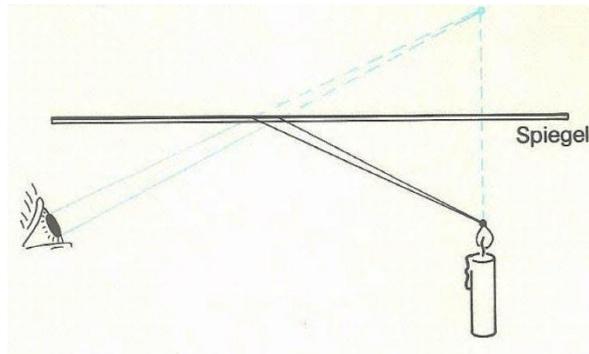


Abbildung 21: Skizze zur Konstruktion des Spiegelbildes auf dem Arbeitsblatt (Wiesner et al. 1995, S. 63)

„*Das Auge wird gewissermaßen „getäuscht“*, was die Richtung des **realen** Gegenstandes *anbelangt*“ (Wiesner et al. 1995, S. 39). Allerdings handelt es sich nicht um ein Scheinbild, sondern ein räumliches Bild, da es fotografiert werden kann. Als Ergänzung erscheint es auch sinnvoll, das Spiegelbild eines Gegenstandes aus der Sicht mehrerer Beobachter zu konstruieren, um die zuvor gewonnene Erkenntnis (Beobachtung des Spiegelbildes aus mehreren Perspektiven) zu bestärken. Außerdem kann als Erweiterung das Taschenspiegel-Item von Jung (1981b), welches in Kapitel 1.2.2.1 angeführt wurde, besprochen und durch Konstruktion veranschaulicht werden.

1.4 Cross Age Peer Tutoring

Dem Sparkling Science Projekt liegt die Cross Age Peer Tutoring-Methode zugrunde. Im Folgenden soll diese Methode und deren angenommener Nutzen dargestellt werden.

1.4.1 Hintergründe und Ablauf des Cross Age Peer Tutorings

Viele Untersuchungen von Peer Tutoring-Prozessen offenbarten einen positiven Effekt auf die kognitiven Leistungen sowohl der Tutoren als auch der Tutees (vgl. Fogarty & Wang, 1982; Gaustad, 1993). Ein Tutor beziehungsweise eine Tutorin ist ein Schüler oder eine Schülerin, die bereits das erforderliche Wissen aufweist und dem/der Tutee (anderer Schüler oder andere Schülerin) zu kognitiven Auseinandersetzungen anleitet und motiviert. Ziel ist es, dass bei beiden Gruppen die kognitiven Prozesse verstärkt angeregt werden und dadurch eine höhere Ausbeute an Verständnis und Wissenskonstruktion entsteht. Manche Unterrichtskonzepte (basierend auf Piaget) setzen solche soziale Interaktionen sogar ins Zentrum, um kognitive Entwicklung zu erlangen (Rohrbeck et al., 2003).

Für das Verständnis der Methode müssen einige Begriffe klassifiziert werden:

- Tutor/in: Ein Schüler oder eine Schüler, welche/r in besonderer Weise eine Einführung in ein Themengebiet erhalten hat und somit angeregt wurde, sich mit diesem intensiv auseinander zu setzen. Ein weiterer Aspekt ist das Bewusstsein für Fehlvorstellungen, welche er/sie selbst in die Einführung mitgebracht hatte und die möglicherweise zu größeren Verständnisschwierigkeiten beigetragen hatten. Mit diesem Wissen ausgestattet soll er seine Tutees nun ebenfalls zu kognitiven Lernprozessen anregen und bewusst deren Vorstellungen berücksichtigen.
- Tutee: Ein/e Tutee hat sich vor dem Tutoring noch nicht mit der zu behandelten Materie auseinander gesetzt und bringt möglicherweise typische Alltagsvorstellungen in die Lehr-Lern-Situation mit.
- Peer Tutoring: Der/die Tutor/in und der/die Tutee sind gleich alt. Damit findet zum Beispiel eine Interaktion innerhalb einer Klasse statt. (Gaustad, 1993)
- Cross Age Peer Tutoring: Der Tutor oder die Tutorin ist älter. Damit finden Prozesse zum Beispiel über mehrere Schulstufen statt. (Gaustad, 1993)
- Reciprocal Tutoring: Hierbei wechseln sich zwei Schüler/innen in der Rolle des/der Tutor/in ab und unterstützen sich gegenseitig beim Lösen von Problemen. (Wong et al., 2003)

Ergänzend dazu ist anzumerken, dass die Rolle des/der Tutor/in erfahrungsgemäß von den Tutees sehr stark auf der zwischenmenschlichen, freundschaftlichen Ebene wahrgenommen wird und erst sekundär auf der „Lehrer-Ebene“ (Fogarty & Wang, 1982). Dadurch unterscheidet sich die Rolle der Tutor/innen von jener der Lehrpersonen, da diese mit der gesamten Klasse interagieren müssen und beim Tutoring großen Wert auf die „Face-to-Face“-Situation gelegt wird. Aus diesem Standpunkt heraus argumentieren Fogarty & Wang (1982), dass Tutees ihre Tutoren/innen möglicherweise nicht als Lehrer/innen wahrnehmen, auch aufgrund des geringen Altersunterschiedes.

Rohrbeck et al. (2003) führt zwei wesentliche Vorteile von Peer-gestütztem Lernen an:

1. Peers agieren als naturgemäße Lehrpersonen, die eine kognitive Entwicklung stimulieren.
2. Peers können zum Erreichen von Aufgabenorientierung, Ausdauer und Motivation beitragen.

Tutorinnen und Tutoren werden außerdem dazu angeregt, ihr eigenes Verständnis zu hinterfragen und können daher Fehlvorstellungen und Wissenslücken bei ihren Tutees erkennen und beheben (Roscoe & Chi, 2008). In ihrer Studie konnten Roscoe & Chi (2008) außerdem zeigen, dass das Faktenwissen bei den Tutor/innen nach der Tutoring-Interaktion mit ihren Tutees maßgeblich gesteigert wurde. Dadurch kann dem Lehr-Lernprozess mit den Tutees ein positiver Einfluss auf den Lernprozess zugeschrieben werden.

Tutoren/innen müssen im Vorfeld „trainiert“ werden. Dies gestaltete sich in der Studie von Fogarty & Wang (1982) durch eine Art Mathematik-Förderunterricht von einem Team aus Forschern/innen und Klassenlehrern/innen, wobei dieser „Förderunterricht“ dreimal zu je 30 Minuten stattfand. In dieser Trainings-Zeit erhielten die Tutoren und Tutorinnen Gelegenheit, sich mit der zu behandelnden Materie sowie den zur Verfügung gestellten Materialien auseinanderzusetzen. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler ermutigt, mit den Klassenlehrerkräften eine Tutoring-Situation durch zu spielen. Ein Augenmerk wurde in diesen Einheiten dem Erkennen von Problemen und möglichen Lösungswegen gewidmet. Außerdem wurde darüber diskutiert, welche Aspekte sich positiv auf den Tutoringprozess auswirken und inwiefern die Tutorinnen und Tutoren Vorbilder für ihre Tutees sein könnten.

Beim eigentlichen Tutoringprozess wurden die Tutorinnen und Tutoren zufällig zwei Tutees zugeteilt mit denen sie zu unterschiedlichen Zeitpunkten arbeiteten (Fogarty & Wang, 1982). Ein Tutoring dauerte 30 Minuten. In anderen Studien kann dieses Setting abweichen, jedoch bleiben die Grundzüge gleich: Zuerst „Tutor-Training“ und danach das Tutoring mit den Tutees (Roscoe & Chi, 2008).

1.4.2 Herausforderungen und positive Einflüsse durch das Cross Age Peer Tutoring

Gaustad (1993) führt als zentralen Vorteil an, dass die Peer-Tutor/innen die Probleme ihrer Tutees besser nachvollziehen können als Erwachsene, da sie ihnen kognitiv näher sind und somit auch ihre Erklärungen sprachlich adäquat sind. Peer-Tutorinnen und Peer-Tutoren durchlebten ähnliche Probleme nur ein paar Jahre zuvor und können daher in der Situation auf diesen Erfahrungsschatz zugreifen. Für Erwachsene und Lehrpersonen mag die zeitliche Distanz für ein echtes Nachvollziehen schon zu groß sein.

Ein interessanter Aspekt bezieht sich auf die gesamte Schul-Atmosphäre. Gaustad (1993) führt eine Studie von Stofferahn (1988) an, wonach Eltern eine höhere Akzeptanz in den Klassen ihrer Kinder gegenüber Klassenkollegen/innen und den Peers feststellten. Außerdem beeinflusst das Cross Age Peer Tutoring auch maßgeblich die Einstellung von Tutor/innen gegenüber Lehrpersonen, gegenüber dem Schulalltag sowie die Selbstkonzepte in einer positiven Weise (vgl. Robertson 1971; Yamato & Klentschy, 1972 in Gaustad 1993). Meiner Einschätzung nach ist jedoch das wichtigste Argument für Peer Tutoring, dass erwiesenermaßen kognitive Entwicklungen sowohl bei Tutoren (Roscoe & Chi, 2008) als auch bei Tutees (vgl. Graesser & Person, 1994 in Roscoe & Chi, 2008) stattfinden. Roscoe & Chi (2008) widmeten sich in ihren Analysen vor allem der Fragestellung, welche Auswirkungen Fragen und Antworten im Tutoringprozess auf die Lernentwicklung der Tutoren/innen haben. Als erstes stellten sie fest, dass Peer-Tutoren/innen „*ziemlich effektive Ausbildner*“³⁸ sind. Des Weiteren stellte die Möglichkeit der Interaktion mit ihren Tutees eine Unterstützung für den Lernprozess der Tutorinnen und Tutoren dar, was sich auch in den Testergebnissen hinsichtlich der Definition von wichtigen Begriffen und Beantwortung von Verständnisfragen widerspiegelte (Roscoe & Chi, 2008).

Den interessantesten Aspekt stellt jedoch der Einfluss der gestellten Fragen seitens der Tutees dar. Roscoe & Chi (2008) teilten die gestellten Fragen in „oberflächliche“ (shallow) und „tiefe“ (deep) ein und beobachteten das folgende Antwortverhalten der Tutor/innen, welche sie in gleicher Weise kategorisierten: Die Ebene der Fragestellung korrelierte mit der Ebene der Antwort: Oberflächliche Fragen der Tutees führten in der Regel zu oberflächlichen Antworten, die keine kognitive Entwicklung hervorriefen. Tiefgreifenden Fragestellungen folgten jedoch auch tiefgreifende Antworten, die über das bloße Wiederholen von bereits Erklärten hinausgingen und zu einer kognitiven Auseinandersetzung mit der Materie führten. Dabei reflektierten oftmals die Tutorinnen und Tutoren ihre Wissensgebäude und adaptierten sie gegebenenfalls mittels neu dazugewonnener Erkenntnisse³⁹.

Einen kritischen Aspekt der Cross Age Peer Tutoring-Methode stellt laut Gaustad (1993) die Notwendigkeit des Trainings der Tutoren/innen dar: Nur trainierte Tutorinnen und Tutoren

³⁸ Sinngemäß durch die Autorin übersetzt. Original: „The peer Tutors were fairly effective instructors.“ (Roscoe & Chi 2008, S. 331)

³⁹ Roscoe & Chi führen dazu zwei sehr aussagekräftige transkribierte Tutoringpassagen an (Roscoe & Chi 2008, S. 341).

sein in der Lage eine effektive Übung zu meistern und über die benötigte Kommunikationsfähigkeit zu verfügen. Auch Roscoe & Chi (2008) betonen die Effektivität des Trainings, da trainierte Tutoren/innen ein höheres Lernergebnis erzielen als untrainierte. Des Weiteren merkt Gaustad (1993) an, dass für die Durchführung eines Cross Age Peer Tutoring oftmals die Bürokratie an den Schulen ein Hindernis darstellen kann. Dennoch überwiegen meiner Einschätzung nach die positiven Aspekte dieser Methode, sofern diese gut vorbereitet ist, da die Tutorinnen und Tutoren im Training und in der Interaktion mit ihren Tutees zum Reflektieren und Überdenken ihrer bisherigen Vorstellungen angehalten sind und auf diese Weise kognitiv angeregt werden. Für die Tutees wirkt sich der Prozess ebenfalls förderlich aus und sie fühlen sich vielleicht durch die altersmäßige Nähe zu Tutoren/innen besser verstanden, was sich wiederum positiv auf ihre Lernprozesse auswirken könnte.

Abschließend ist noch anzumerken, dass der Tutoringprozess - wie jeder von Menschen ausgeführte Prozess – stark von der persönlichen Motivation, dem Engagement und den Kompetenzen des/der Tutors/Tutorin (Roscoe & Chi, 2008) sowie der Lernbereitschaft der Tutees abhängt. Auf diese Aspekte wird im Kapitel 4 näher eingegangen.

1.4.3 Anwendung des Cross Age Peer Tutoring im Sparkling Science Projekt

Nach der allgemeinen Klärung soll an dieser Stelle eine kurze Darstellung des Ablaufs und der Anwendung dieser Methode im Sparkling Science Projekt erfolgen. Eine genauere Beschreibung dieser Arbeit zugrundeliegenden Settings erfolgt im Kapitel 2.1. Der Umfang der Lehr-Lern-Stränge variierte innerhalb der verschiedenen Schulstandorte, jedoch folgte jeder Tutoringprozess dem gleichen Schema:

1. Die ältesten Tutoren und Tutorinnen jedes Standortes erhielten ein sogenanntes Mentoring. Diese Einheit bot den beteiligten Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich aktiv mit den zu verwendeten Materialien⁴⁰ auseinanderzusetzen und eine fachliche Klärung vorzunehmen. Die Schüler/innen wurden ermutigt Skizzen und Notizen anzufertigen, welche sie im Tutoring verwenden durften.
2. Beim Tutoring standen den Tutorinnen und Tutoren dieselben Materialien zur Verfügung und in der Interaktion sollten sie ihr erworbenes fachliches, aber auch didaktisches Wissen nutzen, um ihre Tutees kognitiv anzusprechen.
3. Sofern die Tutees auch in weitere Folge die Rolle eines/einer Tutors/Tutorin einnehmen, folgte ein Mentoring für diese Schüler/innen, welches nach dem Prinzip unter 1. folgte. Bei manchen Settings erfolgte in dieser Stufe ein Wechsel des physikalischen Themas, wodurch sich die Materialien ändern konnten.
4. Im erneuten Tutoringprozess wandten die vormals Tutees und jetzt Tutoren/innen ihre Kompetenzen an und profierten möglicherweise von ihren Erfahrungen als Tutee.

In den meisten Standorten reihte sich mindestens eine weitere Mentoring-Tutoring-Schleife an und es ergaben sich Peer Tutoring-Konstellationen, wovon eine in der vorliegenden Arbeit fokussiert betrachtet wurde. Zusätzlich wurden die beteiligten Lehrkräfte und ausgewählte Schüler/innen mittels sogenannter Steuergruppentreffen begleitet, in denen sie nach einer allgemeinen Einführung in das physikalische Thema auch mit bekannten Schülervorstellungen sowie ihren eigenen Fehlkonzepten konfrontiert wurden.

⁴⁰ In den in dieser Arbeit beobachteten Mentoring-Einheiten handelte es sich um Utensilien für Schülerversuche zum ebenen Spiegel.

2. Forschungsdesign

Der folgende Abschnitt widmet sich dem Untersuchungsdesign, wobei ein besonderer Fokus auf die Auswahl der Stichprobe sowie auf die Erhebungsinstrumente gelegt wird.

2.1 Allgemeiner Ablauf

Das Sparkling Science Projekt „Cross Age Peer Tutoring in Physics“ startete bereits im Schuljahr 2010/2011 mit dem Themenbereich Elektrizitätslehre und fand im darauffolgenden Schuljahr 2011/2012 mit dem Themenbereich Optik seine Fortsetzung. Am Projekt nahmen Bildungsinstitutionen vom Kindergarten bis zur AHS- Oberstufe teil. Je nach Setting für die entsprechenden Interventionen variierte die fokussierte Thematik. Ziel dieses Projektes war eine Wissensweitergabe durch ältere Tutorinnen und Tutoren zu jüngeren Tutees. An einem Schulstandort wurde dieser Lehr-Lernstrang von der AHS - Oberstufe bis in den Kindergarten verwirklicht, wobei auch Quervernetzungen zwischen den Unterstufen von AHS und NMS stattfanden. An den anderen Schulstandorten fand die Wissensweitergabe in verschiedenen Kombinationen zwischen Sekundarstufe I, VS und Kindergarten statt.

Im Fokus der vorliegenden Arbeit stand ein Setting an einem niederösterreichischen Schulstandort, an welchen ein vollständiger Durchlauf mit Quervernetzungen innerhalb einer Altersgruppe verwirklicht wurde. Die Auswahl der betreffenden Klassen erfolgte nach dem Interesse der Autorin, wodurch der Lehr-Lernstrang von einer 7. Klasse AHS (7AHS) über eine 4. Klasse AHS (4AHS) zu einer 4. Klasse NMS (4NMS). Der physikalische Fokus wurde auf den Themenbereich ebener Spiegel gelegt.

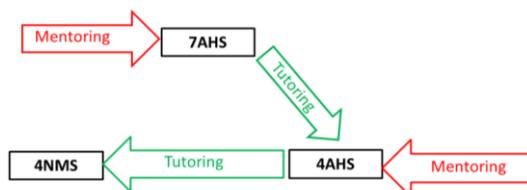


Abbildung 22: Ablauf der beobachteten Interaktionen⁴¹

Der Ablauf der Interventionen ist in Abbildung 22 dargestellt. Beim Mentoring wurden die physikalischen Inhalte geklärt. Die zukünftigen Tutorinnen und Tutoren erhielten die Möglichkeit, die vorgesehenen Experimente selbst durchzuführen und Unklarheiten zu besprechen. In den folgenden Tutoring-Einheiten übernahmen sie dann die Rolle einer Lehrperson und damit auch die Verantwortung für den Wissenserwerb ihrer Tutees.

2.2 Überblick über die Erhebungsinstrumente

Begleitend zu den Interaktionen wurden Wissenstests sowie Motivationsfragebögen von allen beteiligten Schülerinnen und Schülern ausgefüllt, welche je nach Rolle variierten. Abbildung 23 gibt eine Übersicht über die Art und die Zeitpunkte der verschiedenen Datenerhebungen.

⁴¹ Anmerkung: Die vorgenommene farbliche Kodierung wird in weiterer Folge fortgeführt.

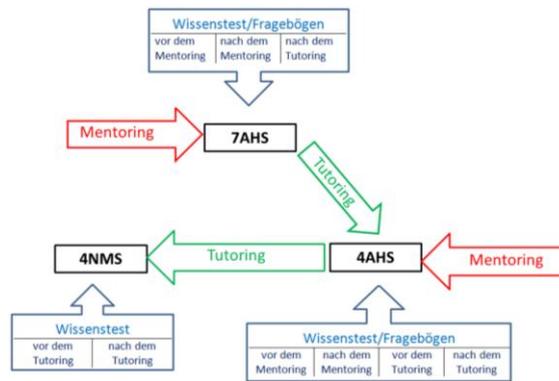


Abbildung 23: Übersicht über die Einbettung der Fragebogen-/Wissenstesterhebung in dem Ablauf der Interaktionen

Da es sich bei der vorliegenden Forschungsarbeit um eine qualitative Studie handelt, bilden Leitfaden- und Tiefeninterviews sowie Videoaufzeichnungen der Interventionen die Basis für die Datenanalyse und die Beantwortung der Forschungsfragen. Die Wissenstests wurden letztlich nicht für die Auswertung herangezogen. Je nach Interaktionszeitpunkt und thematischem Schwerpunkt wurden entweder Leitfadeninterviews oder leitfadenbasierte Tiefeninterviews durchgeführt. Den Abschluss bildete ein Tiefeninterview, bei welchem auch Videosequenzen angesehen und besprochen sowie ein mit ausgewählten Wissensfragen unterstütztes Interview zum physikalischen Verständnis eingebettet wurde. Eine Übersicht über den Umfang bietet Abbildung 24.

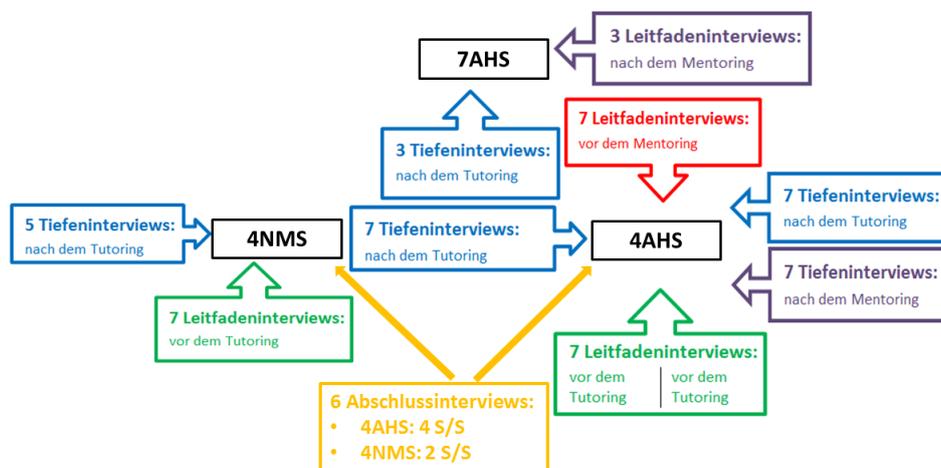


Abbildung 24: Übersicht über die durchgeführten Interviews

Zusätzlich zu den Leitfaden- und Tiefeninterviews wurden die Interaktionen begleitend mittels Videokamera (darüber hinaus auch noch unterstützend mit einem Diktiergerät) aufgezeichnet. Abbildung 25 bietet einen zeitlichen Überblick über der verschiedenen Erhebungszeitpunkte und Erhebungsmethoden. Abschließende Interviews (Follow-up Interviews) rundeten Ende Mai beziehungsweise Anfang Juni die Datenaufnahme ab. Insgesamt umfasst das Datenmaterial 66 Interviews (31 Leitfadeninterviews, 29 Tiefeninterviews, 6 Abschlussinterviews) und 4 Videos.

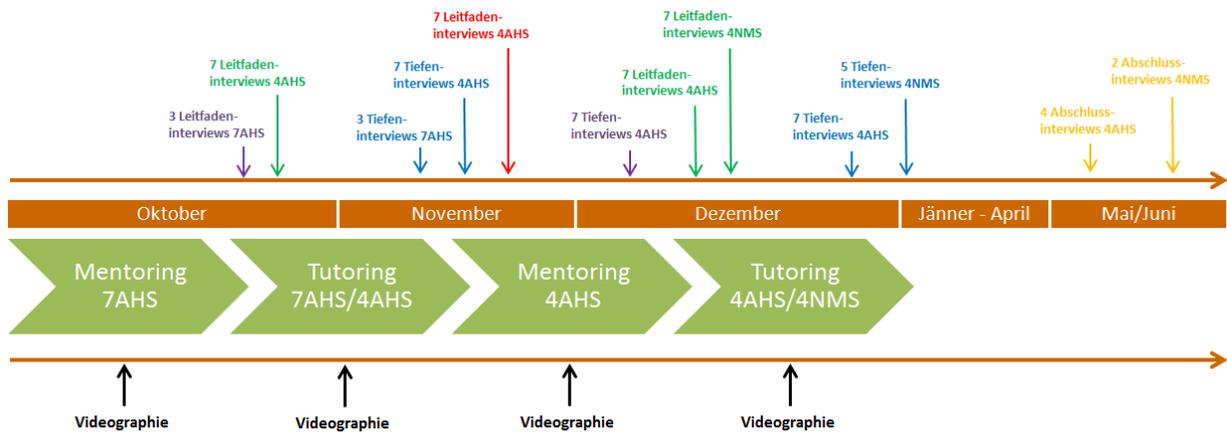


Abbildung 25: Überblick über das Untersuchungsdesign

2.3 Auswahl der Stichprobe

Der folgende Abschnitt beinhaltet einen Überblick über die Auswahl und Fokussierung der Stichprobe.

2.3.1 Auswahl der Schülerinnen und Schüler

Die Auswahl der zu beobachtenden Tutoren in der 7AHS erfolgte aufgrund der Daten des Wissenstest und des Motivationsfragebogens aus dem Vorjahr. Die Tutorin T_3 wurde aufgrund der Tatsache ausgewählt, da sie zu Beginn des Mentoring die einzige Schülerin in der Lerngruppe 7AHS war. In der 4AHS wurde die Auswahl ebenfalls aufgrund der Daten aus dem Vorjahr ermittelt und in den ersten Leitfadeninterviews bestätigt. Die Auswahl der Tutees der 4NMS erfolgte aufgrund der Einschätzung der Physik-Lehrerin und wurde erneut in den ersten Leitfaden-Interviews überprüft.

Dadurch ergab sich folgende Zusammensetzung:

7AHS (Tutoren/innen)	4AHS (Tutoren/innen & Tutees)	4NMS (Tutees)
T_1 : sehr guter Schüler	t_1 : sehr guter Schüler	a : schwache Schülerin
T_2 : schwacher Schüler	t_2 : sehr guter Schüler	b : sehr guter Schüler
T_3 : schwache Schülerin	t_3 : schwache Schülerin	c : guter Schüler
	t_4 : schwache Schülerin	d : durchschnittliche Schülerin
	t_5 : sehr guter Schüler	e : durchschnittlicher Schüler
	t_6 : durchschnittlicher Schüler	
	t_7 : durchschnittliche Schülerin	

Tabelle 1: Auswahl der für die Studie verwendeten Stichprobe⁴²

⁴² Die in der Tabelle verwendete farbliche Kodierung für die entsprechenden Klassen wird im Folgenden beibehalten.

Die in Tabelle 1 dargestellten Schülerinnen und Schüler wurden während der Interaktionen unter vielschichtigen Gesichtspunkten in Gruppen zusammengefasst und beobachtet. Im Zuge der Auswertungen der Interviews und Videos kristallisierte sich ein Fokus auf folgende Schülerinnen und Schüler heraus. Für die Auswertung und Interpretation der Daten in der vorliegenden Arbeit wurden daher nur mehr insgesamt acht Schüler/innen (zwei aus 7AHS, vier aus 4AHS und zwei aus 4NMS) verwendet (vgl. Abbildung 26).

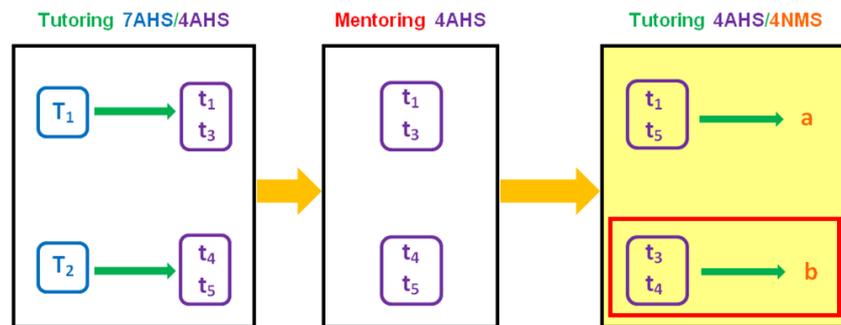


Abbildung 26: Veranschaulichung der Gruppenkonstellationen während den Interaktionen

Das Hauptinteresse liegt bei der Interaktion im Tutoring 4AHS/4NMS (gelb unterlegt) und dabei speziell in der Gruppe der beiden Tutorinnen t₃ und t₄ und dem zugeordneten Tutee b (siehe roter Rahmen in Abbildung 26). Die beiden Schülerinnen sind bezüglich ihrer fachlichen Kompetenz als schwach einzustufen, ihr Tutee dagegen gilt nach Einschätzung der Lehrerin als sehr guter Schüler. Die beiden Tutoren t₁ und t₅ dienen als Vergleichsgruppe, da es sich hierbei um sehr gute Schüler hinsichtlich ihrer kognitiven Leistungen handelt und ihr Tutee eine schwache Schülerin ist. Eine genauere Charakterisierung der betreffenden Schülerinnen und Schüler wird im Kapitel 4.4 dargebracht.

Für den Überblick ist es wichtig zu erwähnen, dass die beiden Tutorinnen t₃ und t₄ unterschiedliche Voraussetzungen und Vorbereitungen aufwiesen: t₃ wurde im ersten Tutoring mit der 7AHS zusammen mit t₁ dem kognitiv sehr guten Schüler T₁ zugeteilt. Ihre Kollegin t₄ wiederum war zusammen mit t₅ ein Tutee des eher als schwach einzustufenden Tutors T₂. Auch im Mentoring wurde diese Gruppenkonstellation beibehalten und erst im Tutoring mit der 4NMS aufgebrochen.

2.3.2 Gruppenkonstellationen im Tutoring 4AHS/4NMS

An dieser Stelle werden nur die beiden ausgewerteten Gruppen angeführt. Durch die Interviews und Videostudien aus dem ersten Tutoring mit der 7AHS wurde folgende Auswahl getroffen, welche anhand der augenscheinlichen Kompetenz der Schülerinnen und Schüler dargestellt wird (Vergleich mit Abbildung 26):

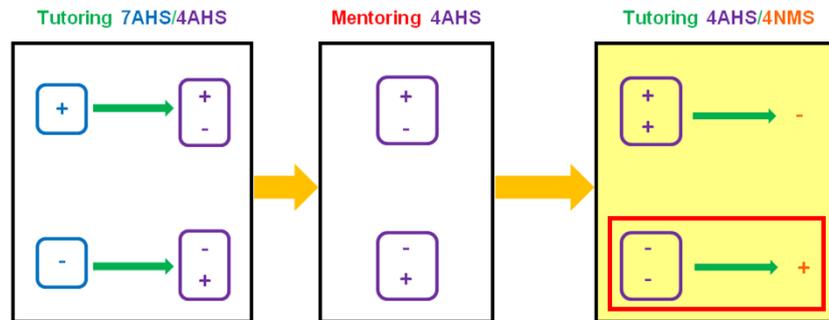


Abbildung 27: Gruppenkonstellationen in den Interaktionsprozessen hinsichtlich der fachlichen Kompetenzen der Schüler/innen

Die im Detail untersuchte Gruppe besteht also aus zwei schwachen Tutorinnen und einem guten Tutor hinsichtlich der fachlichen Kompetenz. Die andere Gruppe ist dazu gegensätzlich, nämlich mit zwei guten Tutoren und einer schwachen Tutee. In Abbildung 27 ist auch gut ersichtlich, dass alle vier Schülerinnen und Schüler der 4AHS aus gemischten Gruppen beim ersten Tutoring mit der 7AHS und dem Mentoring entstammen und erst im Tutoring mit der 4NMS in homogene Gruppen bezüglich ihrer Leistung eingeteilt wurden. Somit wurden die beiden Tutorinnen t_3 und t_4 (- und -) sowie die beiden Tutoren t_1 und t_5 (+ und +) jeweils unterschiedlichen Tutoren im ersten Tutoring zugeteilt.

Diese Zusammensetzung ermöglicht Vergleiche zwischen zwei leistungshomogenen Tutoren und Rückschlüsse auf mögliche Einflüsse in den im Vorfeld durchgeführten Interaktionen.

2.4 Beschreibung der Erhebungsinstrumente

In dieser Arbeit bilden Interviews die zentralen Erhebungsinstrumente. Der Vorteil bei dieser Datengewinnung ist eindeutig durch die Flexibilität der Erhebungsstruktur gegeben, da die Leitfäden immer wieder an neue Situationen angepasst werden können und auch während der Durchführung des Interviews auf Wortmeldungen eingegangen werden kann, welche beispielsweise bei einem Test als bloße Niederschrift ohne Erklärung vorhanden sind. Dieser Personenbezug bringt andererseits auch Nachteile, denn die Qualität eines Interviews korreliert sehr stark mit den Fähigkeiten des Interviewers beziehungsweise der Interviewerin, welche auch durch triviale Faktoren wie Müdigkeit beeinflusst werden können. Auch die interviewende Person stellt eine Unsicherheit dar, da auch hier die persönliche Verfassung, Charakterzüge sowie Sympathie (oder Antipathie) gegenüber der fragenden Person Einfluss nehmen können. Dennoch liegt in dieser persönlichen Ebene auch die große Stärke dieser Erhebungsmethode, da die forschende Person gerade in Interviewserien, wie dies in dem vorgestellten Untersuchungsdesign der Fall war, ihre Interviewpartner und -partnerinnen durch den intensiven Kontakt besser kennen und einschätzen lernt.

Das qualitative Interview dient in besonderer Weise, „*Meinungen, Werte, Einstellungen, Erlebnisse, subjektive Bedeutungszuschreibungen und Wissen zu erfragen*“ (Reinders 2005, S. 97). Viele dieser Aspekte befanden sich im Zentrum des forschenden Interesses. Durch die Interviews gewinnt der Forschende beziehungsweise die Forschende „*Informationen aus Sicht der Befragten*“ (Reinders 2005, S. 97) und zieht interpretativ Schlüsse. Der Sachverhalt wird somit rekonstruiert und nach verschiedenen Aspekten beleuchtet. Einen weiteren Vorteil stellt natürlich auch das Datenmaterial an sich dar. Interviews werden in irgendeiner Form aufgezeichnet und stehen für weitere Interpretation auch nach längeren Zeiträumen zur Verfügung.

2.4.1 Leitfadeninterviews

Bei den Leitfadeninterviews handelte es sich um sogenannte „teil-strukturierte“ (Reinders 2005, S. 99) Interviews, deren Verlauf sehr stark von den vorab formulierten Fragen geprägt wurde, wobei es jedoch erwünscht war, genügend Spontanität für eine etwaige Vertiefung interessanter Wortäußerungen oder ähnlichen zu gewährleisten. Ergänzend erhielten die Schülerinnen und Schüler auch die Möglichkeit, ihre Vorstellungen mittels Skizze zu Papier zu bringen – dies wurde jedoch nicht von allen in Anspruch genommen.

Generell bestand ein Leitfaden aus vier Teilen:

- 1) Warm Up mit aktuellem Bezug (z.B. „Wie waren deine Ferien?“) um Nähe zu schaffen.
- 2) Gezielte Fragen zum Rollenverständnis allgemein und in der Tutoring-Situation abhängig je nach Rolle, die die Probanden/innen dort einnahmen.
- 3) Fragestellungen zum Verständnis und den Vorstellungen hinsichtlich der physikalischen Inhalte.
- 4) Abschluss mit der Bitte um Äußerung fehlender wichtiger Aspekte und von Verbesserungsvorschlägen.

Ein solcher Leitfaden findet sich im Anhang 7.4. Diese Struktur wurde während der Interviewserie beibehalten, wobei die Reihenfolge von 2) und 3) variierte. Zusätzlich wurden Modifizierungen durch konkrete Fragestellungen zu Beobachtungen oder Wortmeldungen vorgenommen. Die Dauer schwankte innerhalb der Befragten und betrug im Schnitt etwa 20 – 30 Minuten.

2.4.2. Tiefeninterviews

Tiefeninterviews sind ebenfalls Leitfaden gestützt und dienen dem Erkennen von „Motivstrukturen einer Person“ (Reinders 2005, S. 126), welche bestimmten Beschreibungen und Bedeutungszuschreibungen zugrunde liegen. Prinzipiell sind bei einem Tiefeninterview die Fragestellungen konkret vorgegeben, jedoch deren Abfolge sehrfrei gestellt (Reinders, 2005). Der Interviewer oder die Interviewerin nimmt somit durch ihre eigene Interpretation des Gesagten maßgeblich Einfluss auf den Fortgang des Interviews. Somit ist das Tiefeninterview auch stark an die Kompetenzen dieser Person geknüpft.

Auch diese Interviews wiesen im Großen und Ganzen den Ablauf der im vorangegangenen Punkt beschriebenen Leitfadeninterviews auf, jedoch wurde zugunsten der Vertiefung auf ein breites Befragungsspektrum verzichtet. Zusätzlich wurden die in den Interventionen verwendeten Beispiele für den Erkenntnisgewinn der Schülervorstellungen herangezogen.

Diese Vertiefung wurde auch in der Dauer der Interviews spürbar, da diese in etwa eine Schulstunde (50 Minuten) in Anspruch nahmen.

2.4.3. Abschlussinterviews

Diese Interviews wurden erst nachträglich in das Untersuchungsdesign eingefügt und fanden in einem deutlichen zeitlichen Abstand nach den Interventionen statt. Dazwischen wurden die physikalischen Inhalte laut Schülerinnen und Schülern nicht im Unterricht thematisiert.

Grundsätzlich handelte es sich um teil-strukturierte Leitfadeninterviews, jedoch mit fokussierendem Aspekt. Im ersten Teil des Interviews wurde den Schülerinnen und Schülern eine Videosequenz aus dem Tutoring vorgeführt und die Bitte ausgesprochen, sie mögen sich in diese Situation hineinversetzen. Anschließend wurden die Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler besprochen und eine Reflexion über ihr Verhalten und ihre Kompetenzen in der Intervention angeregt. Dieser Abschnitt lässt sich als fokussierendes Interview (Reinders 2005) definieren, da mittels der Videosequenz ein Impuls geschaffen wurde und dessen Wirkung und Bedeutungszuschreibungen erfragt wurden.

Anschließend erfolgte eine Item-unterstützte Erhebung der Schülervorstellungen zu den physikalischen Inhalten. Diese Items erhielten auch Skizzen und Abbildungen, welche die Schülerinnen und Schüler nach eigenem Ermessen möglichst vervollständigen sollten. Dadurch waren die Möglichkeiten der Antworten eingeschränkt, da sie auf die einzelnen Items fokussiert waren, jedoch war auch die Flexibilität vorhanden, vertiefend auf Wortmeldungen oder Skizzen einzugehen.

Dieses Abschlussinterview beanspruchte ebenfalls eine Unterrichtsstunde je Schüler beziehungsweise Schülerin. Jedoch wurde die Stichprobe gegenüber den vorigen Interviews eingeschränkt.

2.5 Auswertung

Nach den Interviews erfolgte eine paraphrasierte Transkription, um die gewonnenen Erkenntnisse im nächsten Interviewschritt zu berücksichtigen und für weitere Gruppeneinteilungen heranzuziehen. Mit wachsendem Fokus wurden die Interviews der Schülerinnen und Schüler, welche von großem Interesse sind, volltranskribiert.

Die Videos wurden zunächst auf Auffälligkeiten durchgesehen, welche in den Interview-Leitfäden Beachtung fanden. Die Videos, in denen die für die Auswertung ausgewählten Schülerinnen und Schüler agierten, wurden volltranskribiert und mittels Videograph⁴³ nach verschiedenen Aspekten und unterschiedlichen Kategoriensystemen ausgewertet.

Für jeden Schüler beziehungsweise jede Schülerin der 4AHS ergeben sich demnach vier Komponenten, die für die Beantwortung der Forschungsfragen und Charakterisierung der Kompetenzen, welche in Abbildung 28 dargestellt sind.

⁴³ Dieses Programm wurde am IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel von Rolf Rimmele entwickelt. (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/htmStart.htm>, 27.6.2012)

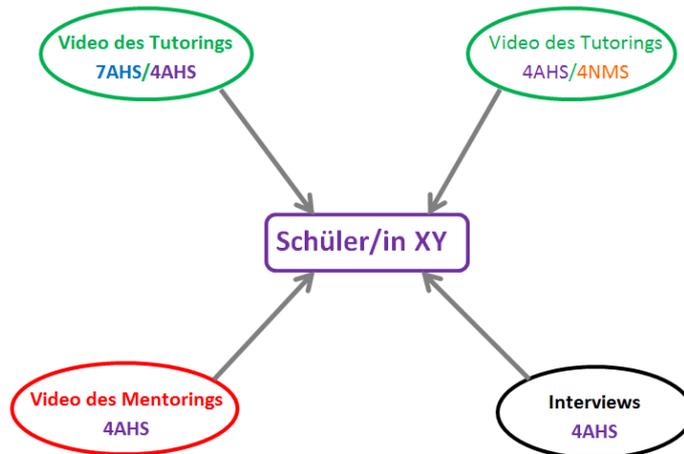


Abbildung 28: Diagramm mit den Kriterien für die Charakterisierung und Beantwortung der Forschungsfragen bezüglich der 4AHS

Für die Schüler/innen der 4NMS ergibt sich ein reduziertes Diagramm mit den Kriterien zur Beantwortung der Forschungsfragen, welches in Abbildung 29 dargestellt wird.

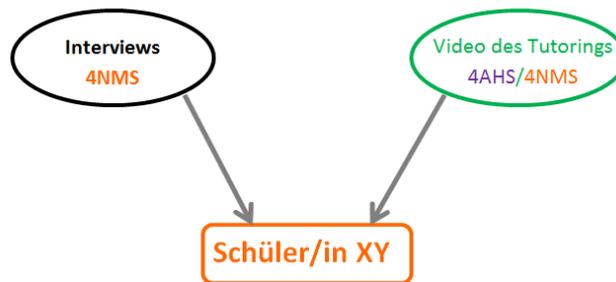


Abbildung 29: Diagramm mit den Kriterien für die Charakterisierung und Beantwortung der Forschungsfragen bezüglich der 4NMS

3. Ziele und Forschungsfragen

Im folgenden Abschnitt werden die Ziele dieser Arbeit und die Forschungsfragen sowie die daraus abgeleiteten Hypothesen dargestellt.

3.1 Ziele

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, die durch das (Cross Age) Peer Tutoring erhofften Lernprozesse und kognitiven Entwicklungen abzubilden sowie die Einflüsse der fachlichen und sozialen Kompetenzen der Tutor/innen darzustellen. Dadurch soll der Versuch eine Bewertung der Einsatzmöglichkeiten der Methode Cross Age Peer Tutoring im Unterricht erfolgen.

3.2 Forschungsfragen und Hypothesen

Mit besonderem Fokus auf die Vorstellungen und das Rollenverständnis der Schülerinnen und Schüler wurden folgende Forschungsfragen formuliert und in Hinblick auf ihre Teilaspekte präzisiert:

- F1 Welche Schülervorstellungen bringen die Tutoren/innen und Tutees in die Mentoring- und Tutoringprozesse mit, in welcher Weise werden diese von den Akteuren wahrgenommen und wie schätzen die Beteiligten ihren Lernerfolg ein?
 - F1_1 Können die Tutoren/innen die Vorstellungen der Tutees erkennen und wie gehen sie auf diese ein?
 - F1_2 Wie schätzen Tutoren/innen und Tutees ihre eigenen Vorstellungen und jene der Tutees ein?
- F2 Welche Rollenverständnisse bringen die Tutoren/innen und Tutees in die Mentoring- und Tutoringprozesse mit und in welcher Weise unterliegen diese noch Änderungen?
 - F2_1 Welches Rollenverständnis lässt sich bei den Tutoren/innen und Tutees im Rahmen der einzelnen Interventionen hinsichtlich der kognitiven Aktivierung mit Hilfe der Vorhandenen Materialien identifizieren?
 - F2_2 Wie wird das Rollenverständnis von den Tutoren/innen und Tutees selbst im Hinblick auf den Lernprozess wahrgenommen?

Aufgrund dieser Forschungsfragen lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

- H1 Die Vorstellungen der Schüler/innen sind zu Beginn den typischen Alltagsvorstellungen zu zuordnen und unterliegen während des Cross Age Peer Tutorings einem Wandel zu fachlich teilweise richtigen oder sogar fachlich korrekten Vorstellungen.
 - H1_1 Tutoren/innen mit geringer fachlicher Kompetenz erkennen die Vorstellungen ihrer Tutees nicht. Tutoren/innen mit hoher fachlicher Kompetenz sind in der Lage Fehlvorstellungen ihrer Tutees zu erkennen.
 - H1_2 Tutoren/innen mit geringer fachlicher Kompetenz erkennen ihren eigenen Lernerfolg und den ihrer Tutees in geringerem Ausmaß als jene Tutoren/innen mit hoher fachlicher Kompetenz.

H2 Tutoren/innen fühlen sich als Lehrpersonen und werden auch als solche von ihren Tutees wahrgenommen.

H2_1 Tutoren/innen mit geringer fachlicher Kompetenz nutzen die Aufgabenkärtchen intensiver und sind kaum in der Lage kognitiv anregende Fragen zu stellen. Hingegen setzen Tutoren/innen mit höherer fachlicher Kompetenz eher das vorhandene Experimentiermaterial zur kognitiven Anregung der Tutees ein.

H2_2 Tutoren/innen erkennen einen Zusammenhang zwischen ihrem Verhalten als Tutoren/innen und dem Erkenntnisgewinn ihrer Tutees.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die Interviews und Videos herangezogen.

4. Auswertung

In diesem Kapitel wird die Auswertung des Datenmaterials unter verschiedenen Gesichtspunkten dargestellt.

4.1 Charakterisierung der Stichprobe

In diesem Kapitel werden die ausgewählten Schülerinnen und Schüler der fokussierten Stichprobe ausführlicher beschrieben, die in Kapitel 2.3.1 zusätzlich angeführten Schüler/innen werden nur ergänzend erwähnt.

4.1.1 Auswahl der Stichprobe in der 7AHS

Die Auswahl der zu beobachtenden Schüler/innen der 7AHS erfolgte aufgrund des subjektiven Eindrucks der Autorin sowie den Erfahrungen aus dem Vorjahr, in dem das Sparkling Science Projekt an derselben Schule zum Thema Elektrizitätslehre durchgeführt wurde, und den Ergebnissen aus dem vorjährigen Wissenstest, welche jedoch anonymisiert waren und daher erst nach Abgleich mit den jeweiligen Schüler/innen zur Verfügung standen. Die Klasse wies nur zwei Schülerinnen auf, weshalb aufgrund der größeren Wahrscheinlichkeit zwei Schüler ausgewählt wurden:

- **T₁:** Dieser Schüler zog durch gute physikalische Erklärungen und sichtlich bemühten Einsatz im Mentoring die Aufmerksamkeit der Autorin auf sich und wurde auch als sehr guter Schüler anhand der Daten aus dem Vorjahr bestätigt. Sein Interesse für das Fach Physik ist durchaus in großem Ausmaß vorhanden, da Physik seiner Ansicht nach die Welt erklärt.
- **T₂:** Dieser Schüler war auch in den Untersuchungen im Vorjahr als „schwacher“ Tutor hinsichtlich seiner fachlichen Kompetenzen ausgewählt worden. Dies bestätigten sowohl die Daten aus dem Vorjahr als auch die subjektive Wahrnehmung der Autorin. Sein Interesse für das Fach Physik ist stark auf die Relevanz für die Zukunft gerichtet: „Wichtige“ Aspekte interessieren ihn.

Im Kapitel 2.3.1 ist dargestellt, dass auch eine Schülerin T₃ in die Stichprobe aufgenommen wurde. Aufgrund der Fokussierung der Stichprobe entfiel jedoch eine Auswertung und Interpretation dieser, da sie mittlere fachliche Leistungen erbrachte und vor allem unter dem Aspekt einer weiblichen Probandin in das Datenmaterial aufgenommen wurde.

4.1.2 Auswahl der Stichprobe in der 4AHS

In der 4AHS standen der Autorin für die Auswahl die Ergebnisse der Fragebögen zur motivationalen Einstellung und zur Einstellung zum Lernen in Fach Physik sowie die Ergebnisse aus den Wissenstests des Vorjahres durch die Projektleitung zur Verfügung. Da alle Daten anonymisiert sind, erfolgte die tatsächliche Auswahl auch in diesem Fall rein auf Basis der Daten und erst im nächsten Schritt wurden die zugehörigen Schüler/innen zu den Codes ermittelt. Die Geschlechter-Zugehörigkeit beeinflusste die Auswahl somit nicht. Die Werte aus den Fragebögen und Tests wurden weitgehend durch die einführenden Leitfadenterviews bestätigt, wodurch sich folgende Charakterisierung der Stichprobe ergibt:

- **t₁:** Dieser Schüler war stark motiviert und auch sein Interesse für das Fach Physik ist groß, wobei ihn spezielle Themen besonders faszinieren. Er erzielte gute Ergebnisse bei den Wissenstests.

- **t₃**: Das Interesse für das Fach Physik ist bei dieser Schülerin „abwechselnd“ vorhanden und ist stark an die Themenbereiche gekoppelt (der Themenkreis Optik ist für sie von geringem Interesse). Laut Auswertung ist ihre Motivation hinsichtlich des Projektes im unteren Bereich anzusiedeln, ebenso die Ergebnisse aus den Wissenstests.
- **t₄**: Diese Schülerin ist generell nicht an Naturwissenschaften interessiert, dennoch ist ihre Motivation hinsichtlich des Projektes sehr hoch. Die Ergebnisse aus den Wissenstests lassen auf geringe fachliche Kompetenz schließen.
- **t₅**: Bei diesem Schüler ist die Begeisterung für das Fach Physik stark an die Themen gekoppelt, jedoch interessiert ihn prinzipiell alles. Seine Motivation hinsichtlich des Projektes liegt knapp über den Mittelwert und er erzielte gute Ergebnisse bei den Wissenstests.

Die weiteren angeführten Schüler/innen in Kapitel 2.3.1 bestehen aus einem sehr guten und motivierten Schüler t₂ und zwei durchschnittlich fachlich versierten Schüler/innen t₆ und t₇, wobei t₇ nicht sehr an Physik interessiert ist und eine geringe Motivation aufweist. Diese Schüler/innen werden jedoch in der Auswertung und Interpretation nicht berücksichtigt.

4.1.3 Auswahl der Stichprobe in der 4NMS

Anders als bei den zuvor erwähnten Schulklassen erfolgte die Auswahl auf Basis der Einschätzung der Lehrperson und die Auswertung des Fragbogens zur Motivation. Ergänzt durch die einführenden Leitfadenterviews ergibt sich folgende Einschätzung:

- **a**: Diese Schülerin erbringt schwache Leistungen im Fach Physik und ihr Interesse ist Themenbezogen, jedoch eher kaum vorhanden. Sie war letztes Jahr nicht im Projekt involviert.
- **b**: Dieser Schüler ist sehr interessiert im Fach Physik und erbringt sehr gute Leistungen. Er ist sehr motiviert, da ihm das Projekt bisher gut gefallen hat.

Auch in dieser Klasse bestand die Stichprobe zusätzlich aus einem guten, sehr interessierten und sehr motivierten Schüler c und zwei durchschnittlich interessierte und fachlich kompetente Schüler/innen d und e (vergleiche Kapitel 2.3.1). Auch diese Schülerinnen und Schüler finden in der Auswertung und Interpretation keine Beachtung.

4.1.4 Gruppenkonstellationen

Im Kapitel 2.3.1 wurden die jeweiligen Gruppenkonstellationen in Abbildung 26 visualisiert und die Gründe für die Zusammenstellung angedeutet.

Aufgrund der in den vorhergehenden Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.3 geschilderten Beschreibungen erfolgte die Einteilung der jeweiligen Gruppen.

4.1.4.1 Tutoring 7AHS/4AHS

Für diesen Tutoringprozess wurde großen Wert auf sehr heterogene Gruppen hinsichtlich der fachlichen Kompetenzen gelegt, um die Auswirkungen auf den Lernprozess und das Rollenverständnis eines sehr guten Tutors und eines schwachen Tutors abschätzen zu können. Die Paarung der beteiligten Schüler/innen erfolgte unter Einhaltung der Heterogenität zufällig.

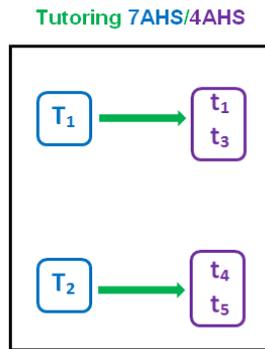


Abbildung 30: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS

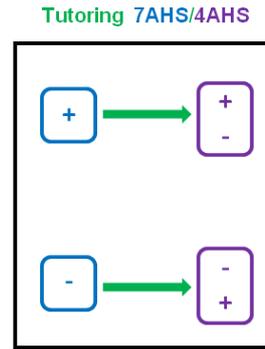


Abbildung 31: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS hinsichtlich der fachlichen Kompetenz

Abbildung 30 stellt erneut die Gruppenkonstellationen im Tutoringprozess 7AHS/4AHS hinsichtlich der beteiligten Schülerinnen dar. In der Abbildung 31 ist der Fokus auf die fachliche Heterogenität der Gruppen erkennbar. Alle Auswertungen und Interpretationen klammern einen Geschlechterbezug aus, da dieser aufgrund der Auswahl der Stichprobe keinerlei Relevanz beitrug. Die Heterogenität der Tutees hinsichtlich des Geschlechts ist somit nur ein Nebeneffekt. Auch etwaige Sympathien oder Antipathien innerhalb der Stichproben waren nicht bekannt und wurden somit auch nicht berücksichtigt.

4.1.4.2 Mentoring 4AHS

Im Mentoring bildeten die gleichen Tutees erneut eine Gruppe. Der Hauptgrund hierfür lag den zu erwartenden Interaktionen zwischen Schüler/innen, um auf diese Weise eine mögliche Unterstützung der „schwachen“ Schülerinnen durch die „guten“ Schüler hinsichtlich ihrer Vorbereitung für das bevorstehende Tutoring mit der 4NMS zu fördern. Aus Platzgründen arbeiteten die jeweiligen Gruppen mit anderen Klassenkollegen/innen zusammen.

4.1.4.3 Tutoring 4AHS/4NMS

Für diese Peer Tutoring-Interaktion wurden die Gruppen erstmalig gemischt. Durch die Auswahl in der 4NMS ergaben sich sehr unterschiedlich versierte Tutees, weshalb die Gruppenzusammenstellung basierend auf deren fachlichen Kompetenzen erfolgte. Augenmerk wurde hierbei auf fachlich möglichst gegensätzliche Tutoren/innen gelegt und die dadurch möglicherweise initiierten Auswirkungen auf den Lernprozess und das Rollenverständnis in den Fokus der Beobachtung gelegt.

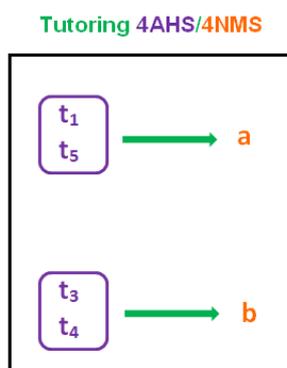


Abbildung 32: Gruppeneinteilung im Tutoring 4AHS/4NMS

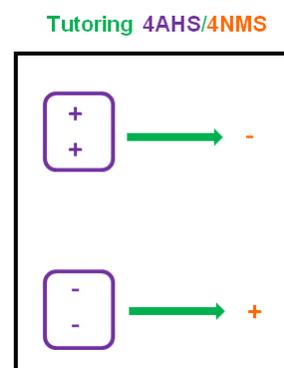


Abbildung 33: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS hinsichtlich der fachlichen Kompetenz

Abbildung 32 stellt die Gruppenzusammensetzung hinsichtlich der beteiligten Akteure dar. In Abbildung 33 ist selbige mittels der fachlichen Kompetenzen angeführt. Auch in diesem Fall ist der Geschlechter-Zugehörigkeitsaspekt ohne Relevanz.

4.2 Datenquelle: Videos

Wie in Abbildung 25 dargestellt, wurde während der beiden Tutoringseinheiten und während des Mentorings videographiert. Die Aufnahmen des Tutorings 7AHS/4AHS wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für den Lernprozess⁴⁴ volltranskribiert und hinsichtlich der Sprechzeiten mittels Videograph ausgewertet. Die Videos des Tutoringprozess der 4AHS/4NMS wurden volltranskribiert⁴⁵ und mit Hilfe eines Kategoriensystems mit der Auswertungssoftware Videograph analysiert. Die Auswertung des Mentorings erfolgte nach thematischen Gesichtspunkten und diente zur Beobachtung der Qualität der Vorbereitung. Eine Auswertung mit Videograph erfolgte nicht.

4.2.1 Darstellung der Videos

Im Folgenden Abschnitt werden der Ablauf sowie die Inhalt der videographierten Sequenzen und deren Auswertung dargestellt.

4.2.1.1 Tutoring 7AHS/4AHS

Zunächst werden die verwendeten Beispiele mittels Kurzbeschreibung und hinsichtlich des adressierten Inhalts in Tabelle 2 vorgestellt.

Beispiel	Kurzbeschreibung	adressierter Inhalt
1	Licht einer Lampe fällt auf eine Alufolie und auf einen Spiegel. Warum ist die Lampe im Spiegel besser zu erkennen als in der Folie?	Streuung von Licht an einer Alufolie, Reflexion von Licht an der Spiegeloberfläche
2	Klaus hat nun eine Taschenlampe in der Hand und leuchtet auf verschiedene Stellen am Spiegel. Er kann sich selbst blenden. Wen kann er noch blenden, wenn er auf den Spiegel leuchtet?	Reflexion von Licht an der Spiegeloberfläche und Formulierung des Reflexionsgesetzes.
3	Ein Friseur sieht das Spiegelbild einer Brille. Wie muss die Brille tatsächlich vor dem Spiegel liegen?	Eigenschaften des Spiegelbildes, Vertauschung von vorne und hinten
4	Ein Holzquader mit markierten Seiten liegt vor dem Spiegel. Was vertauscht der Spiegel?	Vertauschung von vorne und hinten
5	Variation von Beispielen ⁴⁶	Vertauschung von vorne und hinten, Lage des Spiegelbildes
6	Stelle dich vor einen Spiegel. Schließe ein Auge und klebe einen Aufkleber genau an die Stelle, wo du das geschlossene Auge im Spiegle siehst. Vertausche nun geschlossenes und geöffnetes Auge. Was stellst du fest?	Vertauschung von vorne und hinten, Reflexionsgesetz
7	Du möchtest dein Gesicht gut ausleuchten und nimmst zwei Schreibtischlampen zu Hilfe, eine mit und eine ohne Lampenschirm. Wann ist ein Spiegelbild zu sehen?	Reflexionsgesetz, Sehvorgang

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Beispiele

⁴⁴ Gespräche, welche inhaltlich am Thema vorbeiführten oder deren Fokus auf einem anderen physikalischen Hintergrund lag, wurden ausgelassen.

⁴⁵ Hierbei wurden auch weniger sinnstiftende Kommentare und Gesprächsteile volltranskribiert und lediglich der „Smalltalk“ nach der Durchführung in der für das Tutoring zur Verfügung stehenden Zeit außer Acht gelassen.

⁴⁶ Diese Beispiele wurden auch im Mentoring der 4AHS und dem Tutoring 4AHS/4NMS verwendet und sind samt Internetquelle unter Anhang 7.1. zu finden. Es handelt sich dabei um Beispiele der Einheiten 4 und 5 zum Thema Spiegel der SUPRA-Seite der Otto-Freidrich-Universität Bamberg und der Ludwig-Maximilians-Universität München, welche in leichte geänderter Formatierung zum Einsatz kamen.

Als Materialien standen Taschenlampen, Spiegelfliesen (etwa Größe A5), Spielfiguren, Plüschwürfel, Holzquader und Knetmasse zur Verfügung.

Im Folgenden wird der Ablauf des Tutorings in den einzelnen Gruppen dargestellt.

Gruppe A:

Tutor: T₁

Tutees: t₁, t₃, t₂ (wird allerdings in der Beschreibung und Auswertung nicht beachtet)

Dauer der Tutoringsequenz ohne organisatorische Inhalte gesamt⁴⁷: 38 Minuten

Dauer der effektiven Tutoringssequenz⁴⁸: 29 Minuten und 30 Sekunden

Ablauf des Tutoring nach Reihenfolge der Beispiele und an den Gesprächen beteiligten Schüler/innen:

- Beispiel 1: T₁, t₁, t₃
- Beispiel 2: T₁, t₁, t₃
- Beispiel 3: T₁, t₁, t₃
- Variation des Beispiel 4: T₁, t₁
- Beispiel 5: 1) Versuch 7⁴⁹: T₁, t₃
2) Versuch 4: T₁, t₁, t₃
- Beispiel 6: T₁, t₃
- Beispiel 7: T₁, t₁, t₃
- Beispiel 5: Versuch 6: T₁, t₁, t₃
- Abschluss: Wiederholung des Reflexionsgesetzes / Frage ob alles verständlich sei

Der Tutor T₁ agierte somit stark nach der Reihenfolge der Beispielvorlage und bei drei Beispielen war jeweils nur ein Tutee in die verbale Klärung involviert.

Gruppe B:

Tutor: T₂

Tutees: t₄, t₅

Dauer der Tutoringsequenz ohne organisatorische Inhalte gesamt⁵⁰: 38 Minuten

Dauer der effektiven Tutoringssequenz⁵¹: 29 Minuten und 50 Sekunden

⁴⁷ Dies ist die Zeitspanne ab der Erlaubnis für den Beginn des Tutorings und bis zur Bitte um Beendigung durch die Projektmitarbeiterin. Alle Instruktionen vorab, die Gruppeneinteilungen, die Nachbesprechung und das Ausfüllen der Fragebögen und Wissenstests ist nicht inkludiert.

⁴⁸ Dies ist die Zeitspanne, in der sich der Tutor mit seinen Tutees mit den Inhalten des Tutorings beschäftigt hat.

⁴⁹ Die Versuche von Beispiel 5: siehe Anhang 7.1.1 und 7.1.2

⁵⁰ Dies ist die Zeitspanne ab der Erlaubnis für den Beginn des Tutorings und bis zur Bitte um Beendigung durch die Projektmitarbeiterin. Alle Instruktionen vorab, die Gruppeneinteilungen, die Nachbesprechung und das Ausfüllen der Fragebögen und Wissenstests ist nicht inkludiert.

⁵¹ Dies ist die Zeitspanne, in der sich der Tutor mit seinen Tutees mit den Inhalten des Tutorings beschäftigt hat.

Ablauf des Tutoring nach Reihenfolge der Beispiele und an den Gesprächen beteiligten Schüler/innen:

- Beispiel 1: T₂, t₄, t₅
- Beispiel 2: T₂, t₄, t₅
- Beispiel 3: T₂, t₄, t₅
- Variation des Beispiel 4: T₂, t₄, t₅
- Beispiel 6: T₂, t₄
- eigenes Beispiel: T₂, t₄
- Beispiel 5: 1) Versuch 7: T₂, t₄, t₅
 2) Versuch 4: T₂, t₄, t₅
 3) Versuch 5: T₂, t₄, t₅
 4) Versuch 6: T₂, t₄, t₅
- Beispiel 7: T₂, t₄, t₅
- Abschluss: Wiederholung Beispiel 1, Reflexionsgesetz / Frage, ob alles verständlich sei

Auch der Tutor T₂ agierte geleitet durch die Reihenfolge der Beispielvorlage, jedoch fügte er ein Beispiel ein, welches einer Testaufgabe des Wissenstests für die 7AHS ähnlich war. Bei zwei Beispielen fand das Gespräch ausschließlich zwischen T₂ und t₄ statt.

4.2.1.2 Mentoring 4AHS

Im Mentoring wurden die beiden Themengebiete Schatten und Spiegel mittels Experimentieraufgaben (für den Bereich Spiegel siehe Anhang 7.1.1 und 7.1.2) adressiert und die physikalischen Inhalte geklärt. Als Materialien standen weiße Platten als Leinwand (etwa Größe A4), Spielfiguren, Taschenlampen, Spiegelfliesen (etwa Größe A5), Plüschwürfel, Holzquader und Knetmasse zur Verfügung. Der allgemeine Ablauf des Mentorings ist in Tabelle 3 dargestellt.

Zeit (min)	Thema	Bemerkungen
0:00 – 2:30	Schatten: Einführung in das Thema, Instruktionen und Vorgehensweise	Vorgehensweise nach folgendem Ablauf: Vorhersage – Durchführung – Erklärungen
2:30 – 19:00	Schatten: Bearbeitungsphase	Durchführung der Aufgaben in Gruppen
19:00 – 47:40	Schatten: Nachbesprechung, gemeinsame Durchführung einer speziellen Aufgabe, Klärung des physikalischen Hintergrunds zum Licht und Sehvorgang	Merksatz: Licht strömt in alle Richtungen geradlinig von der Lichtquelle weg. Sehvorgang anhand eines Legosteins.
47:40 – 55:20	Pause	
55:20 – 59:58	Schatten: Gemeinsame Durchführung einer Aufgabe	

59:58 – 1:08:56	Spiegel: Wiederholen der Aufgaben aus dem Tutoring mit der 7AHS	
1:08:56 – 1:23:25	Spiegel: Nachbesprechung; Vertauschung von vorne und hinten, Lage des Spiegelbildes; Gemeinsame Durchführung des Versuch 7	Das Spiegelbild liegt hinter dem Spiegel → Tafelbild: Spiegelbild eines Bleistiftes mittels Strahlenkonstruktion
Ab 1:23:25	Ausfüllen der Fragebögen und Besprechung von organisatorischen Inhalten	Für die Auswertung nicht relevant

Tabelle 3: Ablauf des Mentorings der 4AHS

Einteilung der Gruppen:

Gruppe a: t_1 , t_3 und t_2 ⁵²

Gruppe b: t_4 , t_5 und t_8, t_9 ⁵³

Wie in Tabelle 3 erwähnt, diente dieses Mentoring bezüglich des Spiegels zur Wiederholung der Experimentieraufgaben sowie der Klärung der physikalischen Inhalte und damit dem Erreichen von Fachkompetenz. Ein besonderes Augenmerk wurde auch auf das Verständnis des Sehvorgangs und die Entstehung des Spiegelbildes mittels Strahlenkonstruktion gelegt.

4.2.1.3 Tutoring 4AHS/4NMS

Bei dem Tutoring 4AHS/4NMS fanden die im Anhang 7.1.1 und 7.1.2 angeführten Aufgabenkarten Anwendung. Als Materialien standen erneut Spiegelfliesen (etwa Größe A5), Spielfiguren, Plüschwürfel, Holzquader und Taschenlampen zur Verfügung. Außerdem waren die Tutoren/innen angehalten mittels vorgelegtem Fragebogen die Vorstellungen ihrer Tutees zu erfahren.

Im Folgenden werden die Gruppeneinteilung und der Ablauf des Tutorings in den Gruppen dargestellt.

Gruppe 1:

Tutoren: t_1 und t_2

Tutee: a

Dauer der Tutoringsequenz ohne organisatorische Inhalte gesamt⁵⁴: 34 Minuten

Dauer des effektiven Tutoringsequenz⁵³: mindestens⁵⁵ 27 Minuten und 10 Sekunden

Ablauf⁵⁶ des Tutoring nach Reihenfolge der Beispiele und an den Gesprächen beteiligten Schüler/innen:

- Besprechung des Reflexionsgesetzes: t_1
- Versuch 1: t_1 , a

⁵² t_2 ist für die Interpretation nicht relevant.

⁵³ t_8 und t_9 sind ebenfalls für die Interpretation ohne Relevanz.

⁵⁴ Hierbei gilt selbiges wie für das Tutoring 7AHS/4AHS.

⁵⁵ Die Videoaufnahme startete aus technischen Gründen verspätet. Über die fehlende Zeit kann keine Angabe gemacht werden, allerdings bearbeitete diese Gruppe bis auf wenige kurze Unterbrechungen bis zum offiziellen Tutoringende.

⁵⁶ Dies bezieht sich auf die zur Verfügung stehende Aufnahme. Nachdem der Fragebogen ausgefüllt ist, kann davon ausgegangen werden, dass die beiden Tutoren vor dem Aufnahmebeginn die Vorstellungen ihrer Tutee erfragt haben.

- Lage des Spiegelbildes/Vertauschung durch den Spiegel mittels Plüschwürfel vor dem Spiegel: t₁, t₅, a
- Versuch 2: t₁, a
- Versuch 3 (Angewandt auf die Lage des Spiegelbildes): t₅, t₁, a
- Versuch 4: t₁, t₅, a
- Versuch 5: t₁, t₅, a
- Versuch 6: t₁, t₅, a
- Versuch 7: t₁, t₅, a
- Besprechung: Reflexion und Streuung: t₁, t₅, a
- Beispiel 6 (aus dem Tutoring 7AHS/4AHS): t₁, t₅, a
- Versuche und Erklärungen zum Thema Schatten aus dem Gedächtnis
- Beispiel 3 (aus dem Tutoring 7AHS/4AHS): t₁, t₅, a

Die beiden Tutoren folgen in der Reihenfolge der Versuche der Nummerierung, prüfen diese jedoch hinsichtlich ihres Erklärungspotentials und betten die Beispiele demnach in ihre Erklärungen ein. Außerdem bringen sie eigene Ideen und Beispiele aus dem Tutoring mit der 7AHS ein. Bei drei Beispielen agiert der Tutor t₅ zurückhaltend.

Gruppe 2:

Tutorinnen: t₃ und t₄

Tutee: b

Dauer der Tutoringsequenz ohne organisatorische Inhalte gesamt⁵⁷: 34 Minuten

Dauer des effektiven Tutoringsequenz⁵⁶: 20 Minuten

Ablauf des Tutoring nach Reihenfolge der Beispiele und an den Gesprächen beteiligten Schüler/innen:

- Fragebogen: t₃, t₄, b
- Versuch 1: t₄, b
- Versuch 2: t₃, t₄, b
- Versuch 3: t₄, b
- Versuch 4: t₄, b
- Versuch 5: t₄, b
- Versuch 6: t₃, t₄, b
- Versuch 7: t₃, t₄, b
- Frage nach Reflexionsgesetz: t₄, b
- Beispiel 6 (aus dem Tutoring 7AHS/4AHS): t₄, b
- nochmaliges Erklären des Reflexionsgesetzes: t₄, b
- Frage: Was vertauscht der Spiegel?: t₄, b

In nur drei Aufgabenstellungen war die Tutorin t₃ aktiv beteiligt, die restlichen hinsichtlich des Beispiels sinnstiftenden Gespräche verliefen ausschließlich zwischen der Tutorin t₄ und dem Tutee b. Das Beispiel 6 aus dem Tutoring der 7AHS wurde durch die betreuende Studentin angeregt.

⁵⁷ Hierbei gilt selbiges wie für das Tutoring 7AHS/4AHS.

Nach der Beschäftigung mit der letzten Frage im Ablauf folgte Smalltalk.

4.2.2 Auswertung der Videos

In diesem Abschnitt werden die Erkenntnisse aus den Auswertungen der Videos dargestellt. Eine Bewertung und Interpretation erfolgt jedoch erst im Kapitel 5.

4.2.2.1 Tutoring 7AHS

Das Tutoring wurde hinsichtlich der Sprechzeiten der Akteure mittels Videograph ausgewertet und mit dem Microsoft-Programm Excel dargestellt.

Gruppe A:

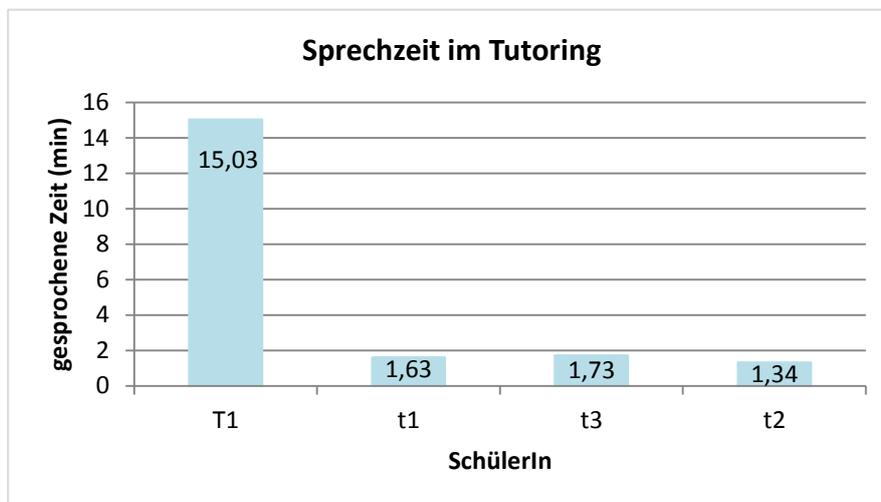


Abbildung 34: Absolute Sprechzeit nach den beteiligten Schüler/innen dargestellt

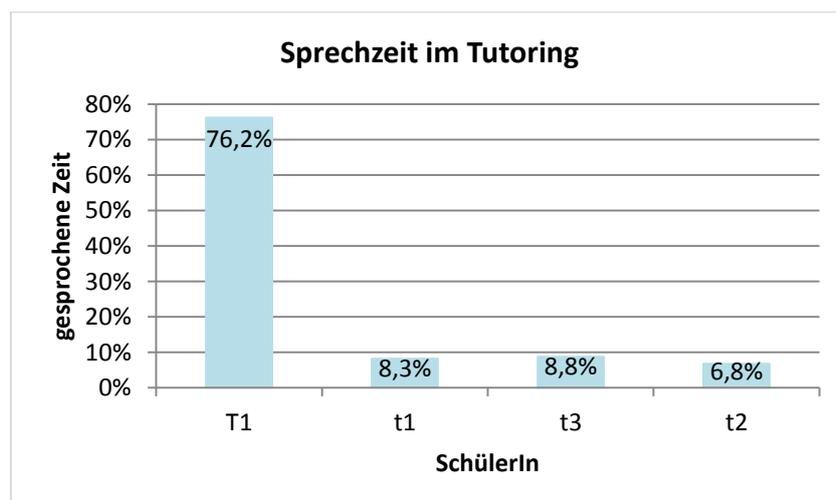


Abbildung 35: Anteil der Akteure an der gesprochenen Zeit in Prozent

Diskussion:

Die Abbildung 34 stellt die absoluten Anteile der beteiligten Schüler/innen an der gesprochenen Zeit während des Tutorings dar. Daraus ergibt sich eine gesamte kodierte Sprechzeit von 19,73 Minuten beziehungsweise – in gewohnter Weise - gerundet 19 Minuten

und 44 Sekunden. Die restlichen 9 Minuten und 46 Sekunden auf die effektive Tutoringssequenz entfallen auf die Durchführung der Beispiele. Damit wird ersichtlich, dass der „Redeanteil“ sehr dominant ausfällt, jedoch sind hierbei auch Erklärungen des Tutors während der Demonstration eines Versuches inkludiert. Generell lässt sich feststellen, dass der Tutor T₁ mit etwa 76% (die genauen Zahlen sind in Abbildung 35 angegeben) den größten Anteil an der gesprochenen Zeit ausmacht. T₁ erklärt seinen Tutees sehr genau, wie ein Beispiel durchgeführt werden soll, allerdings fallen seine physikalischen Erklärungen dazu im Vergleich meiner Einschätzung nach eher kurz aus. Im Gegensatz dazu sind die Wortmeldungen seiner Tutees sehr kurz, wodurch auch alle drei absolut unter der „2 Minuten“-Grenze liegen.

Folgende Passage aus dem Transkript der Tutoringsequenz soll dies verdeutlichen:

T₁: Die Frage ist, wenn der (,) Wenn der jetzt mit drei verschiedenen Winkeln auf den Spiegel leuchtet. Ja? Also einmal so, einmal so, und einmal so. Ja? Welche der zwei kann er noch blenden, außer sich selber. Verstehst du? [t₁ probiert aus](-) Vielleicht sollten wir noch ein bisschen in die Mitte gehen. Sonst geht sich das nicht aus so.

t₁: Hm (--) Keine Ahnung.

T₁: Siehst dus? Eine Idee?

t₃: Ich glaub der links ist zu weit außen, oder?

T₁: Das hättest du auch gesagt, oder?

t₂: Ja.

T₁: Ja. Das ist eben auch wieder (-) Es ist immer dasselbe. Im Grunde ja?(--) Also es ist (,) Es geht, wenn man das Reflexionsgesetz hat, kann man sichs logisch meistens erklären und es ist genau deswegen, weil wenn er grad draufleuchtet, kann er sich nur selber blenden beim Spiegel, weils so glatt ist, dass es nur zu ihm selber zurück kommt. Und wenn er dann so schräg leuchtet, kann sich das vom Winkel gar nicht ausgehen, ja? Das sieht man. Deswegen steht er, deswegen steht er auch so abseits. das soll das verdeutlichen anscheinend. Was is denn B? Wähle die beste physikalische Begründung für deine Antwort (-) Ah (-) Beste physikalische Begründung!

t₃: Das letzte, gell?

T₁: Mhm (-) Das ist eh (--) Das ist wieder dasselbe, wie das da am Spiegel, wenn man die Folie weggibt. Das ist (-) Ja, wie gesagt, das ist irgendwie meistens nur das Reflexionsgesetz, dass irgendwie die Begründung liefert. Noch was? Ah (-) Du hast keine Brille, gell? (--) Wurscht, wir bauen irgendwas anderes. Und zwar ist die Frage, bevor wir das machen (-) Ähm (-) Welches Bild dazu gehört? (-) Versteht's ihr? Das ist das Spiegelbild und das ist das ri (,) Das ist das virtuelle Bild im Spiegel (-) Und das sind die richtigen. Und welches dazugehört. Überlegts das mal [Sprechpause: 10 Sekunden] Weißt dus?

t₂: Ja.

Die drei Tutees weisen in etwa die gleiche Sprechzeit auf, jedoch ist hierbei anzumerken, dass t₁ und t₂ hauptsächlich durch Erklärungen auffallen. Die Wortmeldungen von t₃ fallen eher fragend und verneinend ausfallen.

Gruppe B:

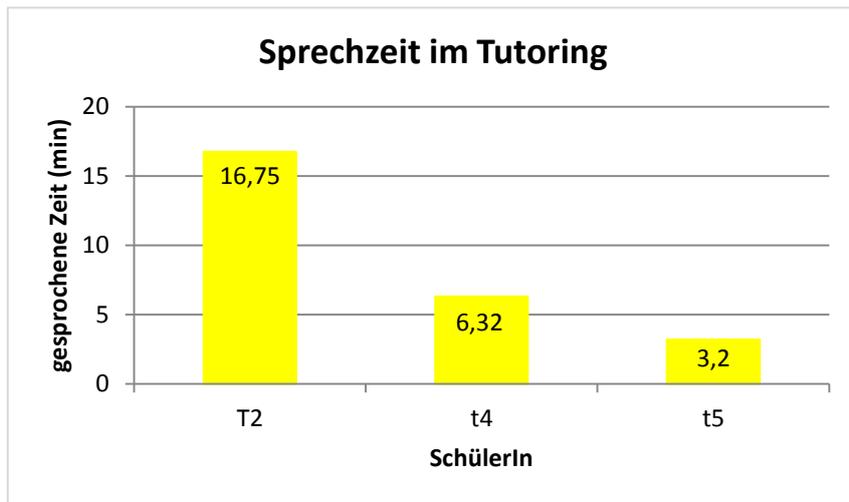


Abbildung 36: Absolute Sprechzeit nach den beteiligten Schüler/innen dargestellt

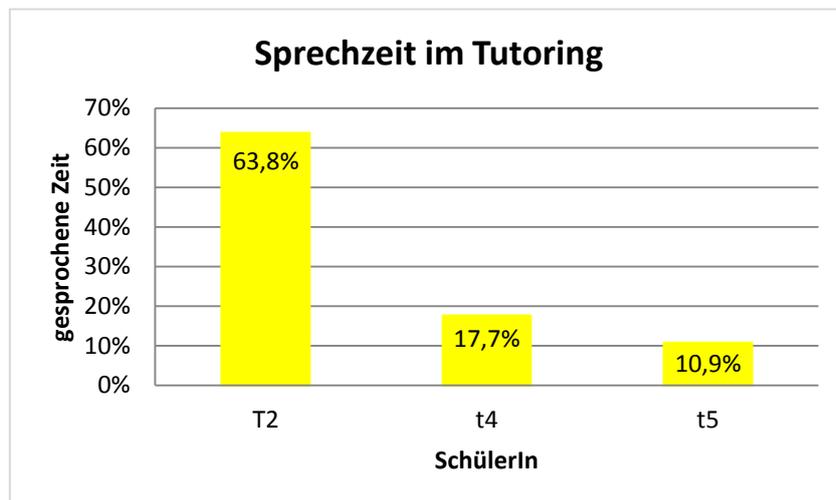


Abbildung 37: Anteil der Akteure an der gesprochenen Zeit in Prozent

Diskussion:

Die Abbildung 36 stellt die absoluten Anteile der drei Schüler/innen an der gesprochenen Zeit dar. Dadurch ergibt sich eine gesprochene Gesamtzeit von 26,27 Minuten beziehungsweise 26 Minuten und 17 Sekunden. Die restlichen 3 Minuten und 33 Sekunden auf die effektive Tutoringszeit beinhalten die reine Durchführung der Experimente ohne Wortmeldungen. In der Abbildung 37 sind die prozentualen Anteile angeführt. Im Vergleich mit Gruppe A entfällt hier ein um 12,4 % geringerer Anteil an den Tutor. Beide Tutees weisen eine höhere Sprechzeit auf, als die beiden Tutees in Gruppe A. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass sie nur zu zweit von T₂ betreut wurden, während T₁ drei Tutees zugeteilt bekommen hatte. Bemerkenswert ist auch, dass Tutee t₄ einen relativ hohen prozentualen Wert aufweist. Dies zeigt, dass die Kommunikation zwischen Tutor T₂ und seinen Tutees verstärkt über Tutee t₄ stattfand. Dennoch fällt mit 10,9% der Anteil von Tutee t₅ auch höher aus, als die prozentualen Werte von den Tutees in Gruppe 1. Dies legt nahe, dass in Gruppe 2 die Wortmeldungen und damit möglicherweise auch die Erklärungen der Tutees ausführlicher sind. Der geringere Anteil von Tutor T₂ gegenüber Tutor T₁ liegt auch in den kürzeren

Erklärungen, welche T₂ seinen Tutees gibt. Folgende Passage aus dem Transkript der Tutoringsequenz soll dies verdeutlichen:

t₄: Im Frisiersalon: Eine Kundin hat ihre Brille vor dem Spiegel liegen gelassen. Der Friseur sieht das Spiegelbild der vergessenen Brille. Spiegelbild der Brille. (-) Wie liegt die Brille.

T₂: Also was würdet's ihr sagen ändert sich an der Nahansicht, wenn ihr in den Spiegel schaut's? Was ändert sich da?

t₅: Links und rechts.

T₂: Hab ich zuerst auch geglaubt, aber nein, es ist vorne und hinten. (-) Also es vertauscht sich einfach. (-) Und von dem her, was würdet's ihr sagen, welches Bild stimmt? (-) Da unten von diesen vier Bildern. (-) Wenn jetzt (-) sag ma (-) Der Stift da vorne liegt.

t₄: Dass da [zeigt auf das 2. Bild]

T₂: Äh (-) Ja (-) Moment! [Er steht auf und geht zu ihnen hinüber und betrachtet die Bilder, t₄ zeigt erneut auf das zweite Bild] Ja! Das stimmt. [Geht Richtung Platz, ändert dann die Richtung und kehrt zurück] Moment! Moment! Moment!

t₄: Nein, das stimmt. [zeigt auf das dritte Bild]

T₂: Das stimmt nicht ganz. (-) Ja genau, das stimmt (-) Das dritte Bild.

t₅: Das vertauscht die Seite.

T₂: Eben, weil vorn und hinten vertauscht wird. (-) Und das halt

t₄: Vorne und hinten wird vertauscht?

T₂: Ja.

Im Vergleich zu der Transkriptpassage bei Gruppe A sind die Ausführungen von T₂ kürzer und der Ausschnitt verdeutlicht auch, dass tendenziell t₄ sich häufiger zu Wort meldet als t₅.

4.2.2.2 Mentoring 4AHS

Die Beobachtungen aus dem Mentoring sind für das Kapitel 5 von besonderem Interesse. An dieser Stelle werden daher nur kleine Teilaspekte beleuchtet.

Ein interessanter Aspekt stellen die Wortmeldungen und Antworten auf Fragen dar.

1.) Schatten:

- t₁: 4 Wortmeldungen
- t₃: 2 Wortmeldungen
- t₅: 1 Wortmeldung

2.) Spiegel:

- t₁: 3 Wortmeldungen

Schüler t₁ beantwortet insgesamt sieben Fragen, die von der Projektleiterin ans Plenum gestellt werden. Auch die Schülerin t₃ meldet sich beim Thema Schatten zweimal zu Wort,

während t_5 ebenfalls nur beim Thema Schatten eine Frage beantwortet. Auffallend ist an dieser Stelle, dass die betreffenden Schüler/innen bei der Klärung der physikalischen Inhalte des Themengebietes Spiegel eher zurückhaltet hinsichtlich ihrer Wortmeldungen sind. Schülerin t_4 meldete sich nie zu Wort.

Die anderen Beobachtungsaspekte werden im Kapitel 5 angeführt werden. An dieser Stelle soll jedoch noch erwähnt sein, dass ein verstärktes Augenmerk bei der Klärung der physikalischen Inhalte der Sehvorgang und die Entstehung des Spiegelbildes mittels Strahlenkonstruktion gelegt wurden. Der Versuch 7 wurde im Plenum besprochen und in besonderer Weise auf die Lage des Spiegelbildes eingegangen.

4.2.2.3 Tutoring 4AHS/4NMS

Die Videos des Tutorings 4AHS/4NMS wurden unteren mehreren Aspekten ausgewertet.

Gruppe 1:

Im Fokus der Gruppe 1 standen hauptsächlich die Handlungen der beteiligten Schüler/innen. Mittels Videograph wurde das Video der Gruppe 1 nach folgendem Kategoriensystem ausgewertet:

Kategorien	Beschreibung
1	t_1 stellt basierend auf den Aufgaben der Arbeitskärtchen frei formulierte Fragen
2	t_1 leitet die Versuche mit Hilfe des experimentellen Equipments an und greift korrigierend ein
3	t_1 erklärt und/oder überprüft das Verständnis
4	t_1 und t_5 kommunizieren miteinander und stimmen sich ab
5	t_5 greift ergänzend und stellt frei formulierte Fragen
6	a führt die Versuche aus, denkt nach und/oder antwortet auf Fragen
7	a stellt Fragen

Tabelle 4: Kategoriensystem für die Gruppe 1

Das für die Auswertung verwendete Kategoriensystem ist in Tabelle 4 dargestellt. Die einzelnen Kategorien wurden mehrfach adaptiert und schlussendlich nur jene ausgewählt, die sinnstiftende Zusammenhänge darlegen.

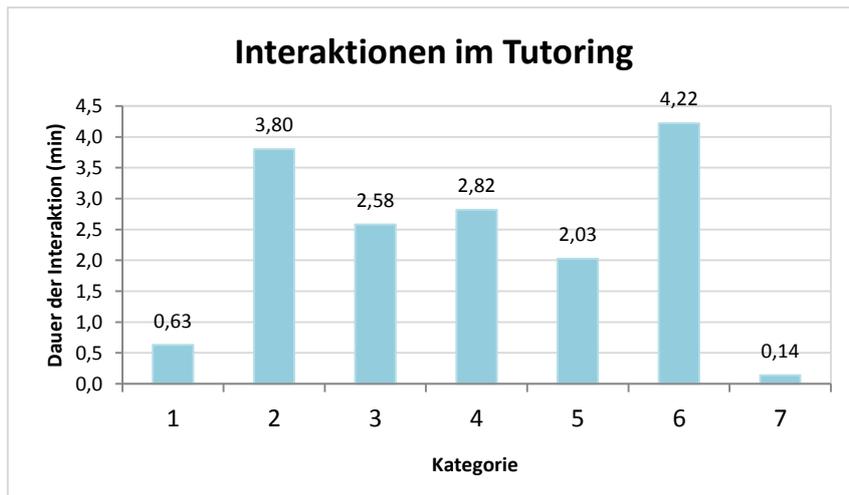


Abbildung 38: Dauer der Interaktionen im Tutoring der Gruppe 1

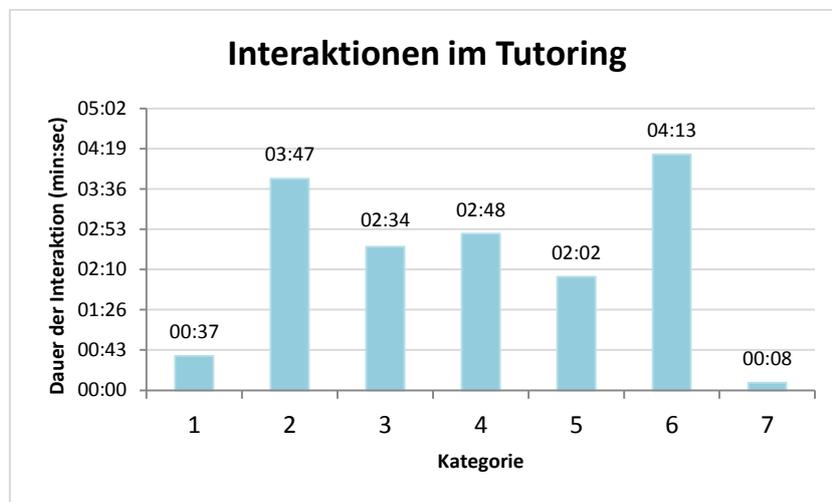


Abbildung 39: Dauer der Interaktionen im Tutoring der Gruppe 1 in Minuten und Sekunden

Gesamte Dauer der Interaktionen: 16,22 Minuten (16 Minuten und 9 Sekunden)

Dauer der effektiven Tutoringsequenz: 18,40 Minuten (18 Minuten und 24 Sekunden)

Die Abbildung 38 zeigt die Dauer der einzelnen Kategorien in Minuten und die Abbildung 39 stellt dies im gewohnteren Minuten-Sekunden-Format dar.

Diskussion:

Anhand des Vergleiches der effektiven Tutoringsequenz und der Gesamtdauer der Interaktionen ist zu erkennen, dass die gewählten Kategorien etwa 88 % der Tutoringsequenz mit durch diese Kategorien abgedeckt sind. Dies bestärkt den Eindruck, dass diese Gruppe die ihr zur Verfügung stehende Zeit hauptsächlich zum Durchführen der Versuche genutzt zu haben scheint.

Die Kategorie 6 und die Kategorie 2 sind am häufigsten vertreten, was darauf schließen lässt, dass sich für Tutee a viele Möglichkeiten zum Ausprobieren und Nachdenken boten, sie jedoch stark von ihren Tutoren angeleitet wurde.

Interessant ist auch die relativ hohe Ausprägung des Balkens von Kategorie 4, da dies verdeutlicht, dass diese beiden Tutoren sich absprachen und miteinander kommunizierten.

Gruppe 2:

Sprechzeit: Mittels Videograph wurde die Tutoringsequenz hinsichtlich der gesprochenen Zeit ausgewertet und mittels Excel dargestellt. Dabei wurden für alle beteiligten Schüler/innen folgende 2 Kategorien gebildet:

1. $t_3/t_4/b$ sagt etwas, das mit den Inhalten des Tutorings zu tun hat
2. $t_3/t_4/b$ sagt etwas, das nichts mit den Inhalten des Tutorings zu tun hat

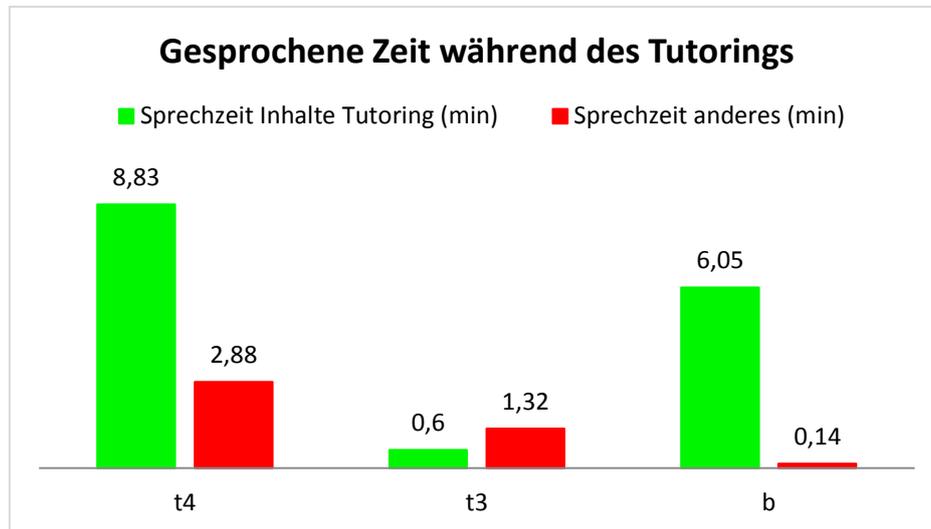


Abbildung 40: Absolute Sprechzeiten aller beteiligten Schüler/innen in Gruppe 2

Gesamtsprechzeit über Inhalte des Tutorings: 15 Minuten und 26 Sekunden

Gesamtsprechzeit über sonstiges: 4 Minuten und 19 Sekunden

Gesamtzeit der effektiven Tutoringsequenz: 20 Minuten und 25 Sekunden

Aus diesen Daten geht hervor, dass im Prinzip während des gesamten Tutorings gesprochen wurde. Beim Betrachten des Videos fällt auch auf, dass Tutee b sehr viel während dem Ausprobieren erklärt und auch Tutorin t_4 viele angeleitete Fragen stellt und jeden Versuchsaufbau und –ablauf erklärt. Tutorin t_3 ist im Vergleich zu ihrer Kollegin sehr inaktiv was die Wortmeldungen anbelangt und der Anteil an Themen, welche nicht zum Inhalt des Tutoring passen überwiegt. Auch bei t_4 ist der Anteil an Inhalten, welche nicht für das Tutoring relevant sind, sehr hoch.

Beispiele für solche Wortmeldungen:

t_4 : Na klar (-) Wurst (-) Wir sind ur gscheid.

t_3 : Wir haben keinen Teddybär bekommen.

t_3 : Wieso steht da eigentlich ein Klotz dahinter, wenn ichs halten muss?

t_4 : Wir sind gleich fertig

t_4 : Soll ich weitermachen oder willst du mal?

t_3 : Mm (verneinend) ... Du kannst das eh.

Interaktionen im Tutoring

Auch in dieser Gruppe wurden die Interaktionen mittels Kategoriensystems betrachtet und mit Videograph sowie Excel ausgewertet.

Kategorien	Beschreibung
1	t ₃ schaut in den Unterlagen nach und bestätigt/sagt die richtige Lösung
2	t ₄ fragt geleitet nach den Arbeitskärtchen
3	t ₄ beschreibt den Ablauf der Experimente ausgehend von den Informationen auf den Arbeitskärtchen und leitet b an
4	t ₄ kontrolliert die Ergebnisse mit den Arbeitskärtchen
5	b führt die Experimente durch
6	b antwortet auf Fragen
7	b zeigt weiterführendes Wissen

Tabelle 5: Kategoriensystem für die Interaktionen in der Gruppe 2

Das für die Auswertung verwendete Kategoriensystem ist in Tabelle 5 dargestellt. Die einzelnen Kategorien wurden mehrfach adaptiert und schlussendlich nur jene ausgewählt, die sinnstiftende Zusammenhänge darlegen.

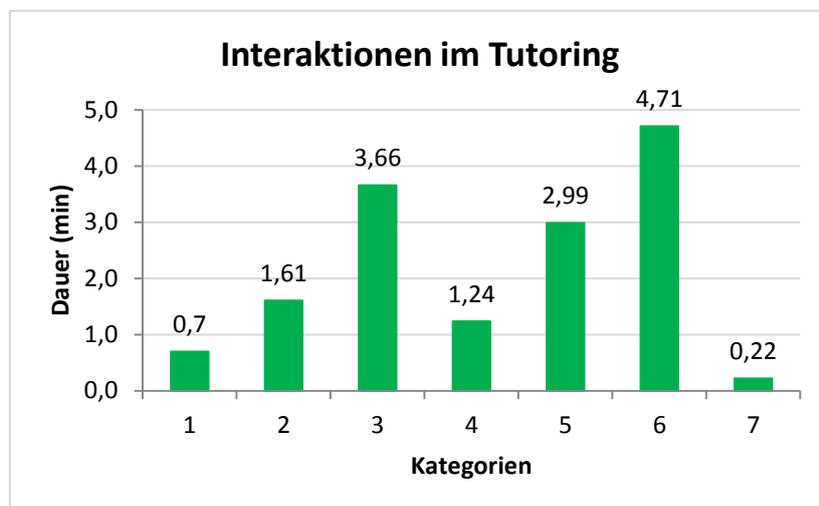


Abbildung 41: Dauer der einzelnen Interaktionen im Tutoring innerhalb der Gruppe 2

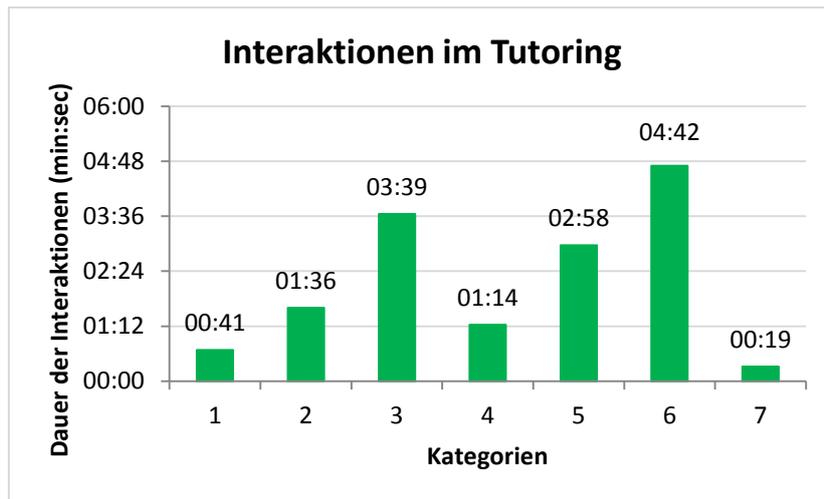


Abbildung 42: Dauer der einzelnen Interaktionen im Tutoring innerhalb der Gruppe 2 (in Minuten und Sekunden)

Gesamtdauer der einzelnen Kategorien: 15 Minuten und 9 Sekunden

Gesamtzeit der effektiven Tutoringsequenz: 20 Minuten und 25 Sekunden

Bis auf 5 Minuten deckt das Kategoriensystem die Tutoringsequenz sehr gut ab. In diese 5 Minuten fallen Unterbrechungen durch die Betreuungspersonen und ähnliches sowie nicht kodierte Abläufe.

Diskussion:

Am stärksten ist die Kategorie 6 vertreten sowie die Kategorie 3. Diese beiden Kategorien hängen auch stark voneinander ab: t_4 stellte viele angeleitete Fragen und ihr Tutee b antwortet stets darauf. Oft handelte es sich hierbei auch um Beschreibungen des soeben Gesehenem und fallweise auch Verständnisfragen („*Hast du das verstanden?*“). Auch Kategorie 5 ist stark vertreten, da Tutee b sämtliche Versuche selbst durchführte.

Überraschenderweise konnte Tutee b in der Tutoringsequenz nur selten sein weiterführendes Wissen unter Beweis stellen und auch die Kategorie 4 fällt niedriger als erwartet aus. Allerdings ist in diesem Zusammenhang zu sagen, dass die Momente des „Nachschauens“ bei Lösung und des aufgrund der Lösung zu Wort Meldens sehr überlappend sind. Einige Male las t_4 auch die Lösung vor. Kategorie 1 fällt auch nicht sehr hoch aus, da t_3 nur dreimal in den Unterlagen nach Informationen suchte.

4.3 Datenquelle: Abschlussinterviews

In diesem Abschnitt werden hauptsächlich die abschließenden Interviews Ende Mai/Anfang Juni dargestellt und die Ergebnisse mit der Studie von Herdt (1990) verglichen.

4.3.1 Darstellung der Abschlussinterviews

Die Leitfaden-Interviews und Tiefeninterviews dienen dem Erkennen von Vorstellungen und der Identifizierung des Rollenverständnisses. Beide Aspekte werden im Kapitel 5 Beachtung finden.

Für das Abschlussinterview wurde ein zweiteiliger Leitfaden, welcher auf jede/n betreffende/n Schüler/in zugeschnitten ist, entwickelt, der das Betrachten von

Videsequenzen und das Herausfiltern von Schülervorstellungen mittels Items ermöglichte. Anhang 7.3 findet sich der Leitfaden mit den Items.

Die Items orientierten sich sehr stark an den Items von Herdt (1990) und wurden teilweise direkt oder leicht verändert übernommen. Die anderen restlichen Items (5 und 7) wurden leicht modifiziert von Wiesner (1995) übernommen (Die konkrete Quellenangabe findet sich bei dem zugehörigen Item im Anhang 7.3).

4.3.2 Auswertung der Abschlussinterviews

Die Auswertung der Items erfolgt für jede/n einzelne/n Schüler/in und wird mit den Kategoriensystemen und Ergebnissen von Herdt (1990) verglichen.

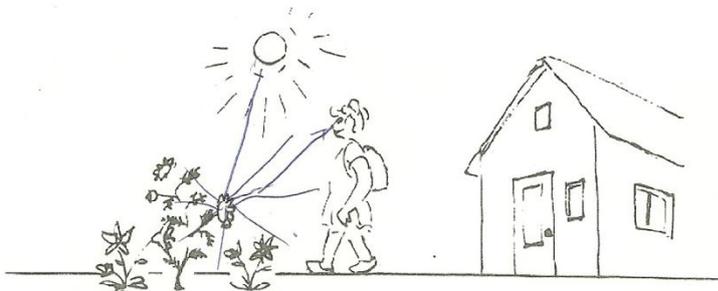
Aus Zeitgründen, da nur je eine Unterrichtsstunde pro Schüler/in zur Verfügung stand, konnten nicht bei jedem Abschlussinterview alle Items bearbeitet werden. Daher variiert die Anzahl der ausgewerteten Items innerhalb der Stichprobe. Es werden für die Auswertung die nach Einschätzung der Autorin aussagekräftigsten Items angeführt und verglichen. Exemplarische Ausschnitte aus den transkribierten Abschlussinterviews werden sinnstiftend bei den Ergebnissen angeführt.

Gruppe 1:

Schüler t₁:

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:



Der Schüler t₁ ergänzte die Abbildung im Item 1, um einen physikalisch korrekten Sehvorgang darzustellen.

Abbildung 43: Ergänztes Item 1 aus dem Abschlussinterview mit t₁

In Abbildung 43 ist das bearbeitete Item dargestellt und es ist deutlich ein Lichtstrahl von der Sonne zur Blume zu erkennen, welcher sich in mehrere Strahlen aufteilt, wovon einer genau in Claudias Auge trifft.

Der Schüler t₁ argumentiert im Abschlussinterview wie folgt:

„Naja (.) Das Licht fällt auf die Blume und von der Blume ins Auge und dadurch sieht’s halt zum Beispiel die gelbe Blume“

„Es ist zum Beispiel nicht so, dass vom Licht aus oder vom Auge aus irgendwas auf die Blume kommt. (-) Die ist so, dass das Licht von der Sonne auf die Blume kommt und dann sieht man das Licht von der Blume“

Auf die Frage, ob nur ein *gebrochener*⁵⁸ Strahl ins Auge gelangt, meint t₁:

„Nein, natürlich nicht! denn das Licht breitet sich ja überallhin aus! Also, von da aus gehen die Strahlen überall hin.“

„Nein! Natürlich nicht (!) Egal wo ich stehen, schaut die Blume immer gleich aus“

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990)⁵⁹:

Schüler t₁ ist der Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V – ohne Hinweis auf die Streuung“ (Herdt 1990, S. 163) zuzuordnen. Er argumentiert richtig nach der Sender-Empfänger-Vorstellung (S-E-V), jedoch ist er der Meinung, das Licht werde an der Blume gebrochen. Allerdings befindet sich dieser Schüler auf einer guten Vorstufe zu der physikalisch korrekten Kategorie 1, da aus dem vorangegangenen Verlauf des Interviews belegt ist, dass er bereits eine richtige Vorstellung zum Begriff der Streuung besitzt, diese jedoch noch nicht adäquat anwenden kann. Außerdem bietet seine Ergänzung der Abbildung mögliche Anknüpfungspunkte, da die von der Blume wegführenden Strahlen auch als gestreute Lichtstrahlen des einfallenden Sonnenlichtstrahls gedeutet werden könnten.

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:

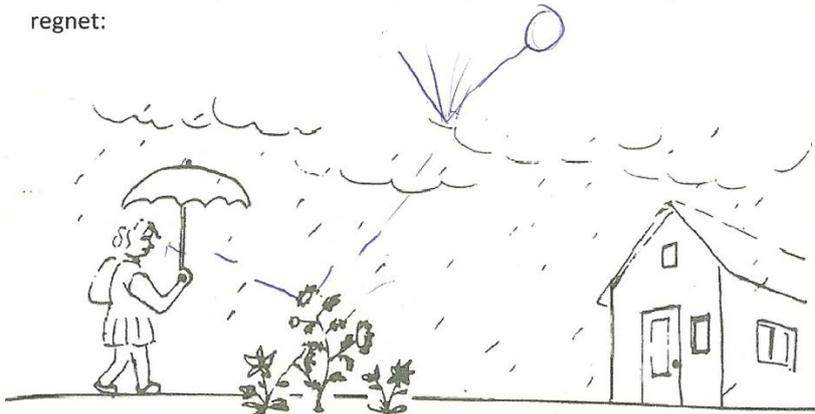


Abbildung 44: Durch t₁ ergänztes Item 2

Der Schüler ergänzt die Abbildung wie folgt: Ein Teil des Sonnenlichts wird an der Oberseite der Wolken (Strahlen, die von dem einen Punkt wegführen) reflektiert, dadurch gelangt weniger Licht durch die Wolken (strichliert) und von diesem durchgegangenen Licht trifft nur ein Teil in Claudias Auge.

In Abbildung 44 ist erkennbar, dass t₁ nach demselben Prinzip wie in Item 1 den Sehvorgang richtig erklärt, jedoch fehlt erneut der Hinweis auf die Streuung des Lichts an der Blume. Außerdem spricht explizit eine Abschwächung des Lichtes an:

„Ich glaub, dass vor den Wolken ist es ganz normal das Licht von der Sonne (-) Dann kommt 's zu den Wolken hin und ein Teil vom Licht kommt durch (-) Trifft auf die Blume, daher ist es weniger. Und noch immer kommt dann was in die Augen und dadurch sehen wir halt bisschen dünkler alles.“

In weiterer Folge argumentiert t₁, dass ein Teil des Sonnenlichts an der Oberseite der Wolken *reflektiert* wird.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Auch in diesem Falle ist die Antwort von t₁ der Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V mit unbestimmten Hinweisen auf „schwächeres“ Licht“ (Herdt 1990, S.173) einzuordnen, jedoch

⁵⁸ Er argumentiert davor auf die Frage, was beim Auftreffen des Lichts auf die Blume vorgehen könne, dass das weiße Sonnenlicht gebrochen wird.

⁵⁹ Im Anhang 7.3 sind die zu diesem Item und Item 2 gehörigen Kategorien im Leitfaden Items angeführt.

führt sie noch weiter, da t_1 einen bestimmten Hinweis für das schwächere Licht angibt: Es wird reflektiert. Außerdem könnte der Gebrauch des Wortes „reflektieren“ auch ein Artefakt aus der Mentoringsequenz sein, wo explizit von Reflexion statt Streuung gesprochen wurde. Da dem Schüler jedoch das Wort „Streuung“ bekannt ist, könnte es sich auch um eine Vermischung der Begriffe handeln. An einer anderen Stelle des Interviews erklärt er nämlich:

t_1 : [...] Sag ma mal es kommen Strahlen parallel drauf (-) Und werden parallel abgeleitet

S: Okay (,) Das ist jetzt (,) Was ist das?

t_1 : Das ist jetzt spiegeln

S: Spiegeln okay (,) Kannst du mir das noch dazu schreiben, damit ich das nachher weiß?

t_1 : Und zerstreuen ist: wenn das jetzt so ne kantige Oberfläche ist (-) Wo das drauf (-) Also, wieder parallel drauf

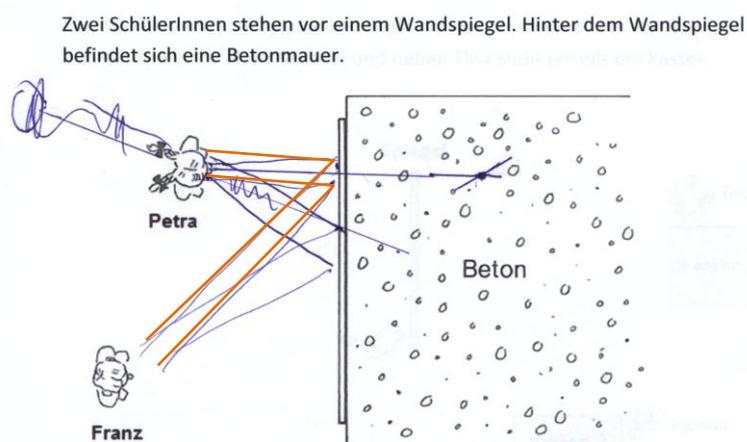
S: Okay

t_1 : Nur, dass es jetzt nicht mehr so abgeleitet (,) Sondern es geht ein Strahl dort rüber, dann geht der andere dort (-) Also, es ist alles abgeleitet (,) Und nicht parallel“

Damit wird deutlich, dass es in seinem Vokabular anscheinend eine Gleichsetzung des Wortes *spiegeln* bei der physikalisch korrekten Anwendung des Begriffes *reflektieren* gibt. In dem dargebrachten Auszug verwendet t_1 sehr sicher und physikalisch korrekt den Begriff *zerstreuen*. Allerdings könnte auch hier eine Gleichsetzung in seinem Vokabular gegeben sein, da er an anderen Stellen das Wort *reflektieren* bei einem Streuungsvorgang gebraucht.

Aus diesen Gründen ist seine Vorstellung nicht gänzlich physikalisch korrekt einzuordnen, jedoch ist auch in diesem Falle seine Argumentation in die richtige Richtung ausbaufähig. Vermutlich bedarf es bei diesem Schüler um eine Klärung der Begriffe, da die grundsätzlichen Vorstellungen der physikalischen Vorgänge eine gute Basis bieten.

Item 5



In Abbildung 45 sind die Ergänzungen von t_1 dargestellt. Eine Lichtquelle bestrahlt Petra. Sie senden dadurch ebenso Licht aus, welches am Spiegel in Richtung von Franz „reflektiert“ wird. Das Spiegelbild von Petra liegt genauso weit hinter dem Spiegel, wie sie vom Spiegel entfernt steht.

Abbildung 45: Ergänzungen von t_1 zum Item 5 zur Erklärung der Lage des Spiegelbildes

Gleich zu Beginn merkt t_1 das Fehlen einer Lichtquelle an, womit er die Grundlage für einen physikalisch richtigen Sehvorgang schafft:

„ Ja (,) Ich bräucht irgendwo ein Licht“

Des Weiteren überprüfte der Schüler t_1 während des Gesprächs seine Skizze und veränderte den Strahlengang des Lichtes, welches von Petra abgestrahlt wird. Dieser Verlauf genügt nun nicht mehr dem Reflexionsgesetz und ist orange hervorgehoben. Seine Argumentation:

t_1 : Falsch! (,) Falsch! (-) Das brauch ma überhaupt nicht! (--) So, da kommt jetzt von irgendwo das Licht her (-) Das ist wie bei der Petra

S: Sie wird beleuchtet, okay

t_1 : Das wird dann reflektiert daher (-) Und geht jetzt (-) Wenn das jetzt drei Zentimeter davor ist (-) Da hinten (-) Circa da das Bild.

In diesem Ausschnitt aus dem Transkript des Abschlussinterviews wird deutlich, dass sich der Schüler t_1 die Lage des Spiegelbildes aus den Interaktionen bewusst gemerkt hat. Seine Begründung „*der Franz sieht das Ganze dann da hinten*“ lässt die Interpretation zu, dass er das Spiegelbild als virtuelles Bild auffassen könnte. Der Satz „*Das brauch ma überhaupt nicht*“ bezieht sich auf die Lichtquelle, welche er auch überstreicht. Allerdings lässt er in seinen weiteren Ausführungen nicht außer Acht, dass das Licht „*von irgendwo*“ auf die Petra strahlt.

Das Item 5 ist dem Item N2A und N2B (Herdt 1990, S. 129b) nachempfunden. Bei Herdt ergeben sich zwei Kategoriensysteme, weshalb nun auch an dieser Stelle die Abbildung 45 mittels dieser zwei Kategoriensysteme betrachtet wird.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Bezüglich des Ortes des Spiegelbildes ist die Ergänzung von t_1 in die physikalisch richtige Kategorie 1 „*Kreuz für Spiegelbildort **hinter** dem Spiegel, im richtigen Abstand*“ einzuordnen.

Für das zweite Kategoriensystem, bei dem die Erklärung des Spiegelbildes mittels Reflexionsgesetz adressiert wird, muss die Darstellung der Kategorie 3(i) *Verletzung des Reflexionsgesetzes: Bild hinter dem Spiegel*⁶⁰ zugeordnet werden, welche in Abbildung 46 dargestellt wird.

- 3: Verletzung des Reflexionsgesetzes:
(i) Bild bei N2A hinter dem Spiegel

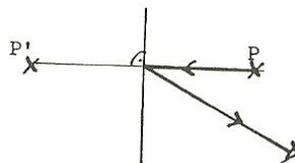


Abbildung 46: Kategorie zu Item N2B von Herdt (Herdt 1990, S. 288)

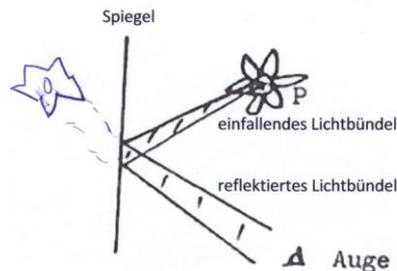
Vor der Revidierung des Strahlenganges, wäre die Ergänzung von t_1 sogar der Kategorie 2(i) *Nur korrekte Anwendung des Reflexionsgesetzes: Fehlende Verknüpfung zwischen Reflexion und Spiegelbild: Bild hinter dem Spiegel*⁶¹ zuzuordnen gewesen.

⁶⁰ vgl. Herdt 1990, S. 288; Die Formulierung wurde geringfügig verändert.

⁶¹ vgl. Herdt 1990, S. 288; Die Formulierung wurde geringfügig verändert.

Item 6

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und
das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.



Das eingezeichnete Spiegelbild der Blume liegt hinter dem Spiegel. Die reflektierten Strahlen wurden scheinbar rückwärtig verlängert.

Abbildung 47: Item 6 durch t_1 ergänzt

Die Lage des Spiegelbildes befindet sich konsistent mit dem Item 5 hinter dem Spiegel. Allerdings ist in Abbildung 47 erkennbar, dass die Bildweite geringer ausfällt als die Gegenstandsweite. Aufgrund der Aussagen im Interview und der Bearbeitung des Items 5 kann hierbei von einer „Zeichnungsungenauigkeit“ ausgegangen werden.

„Das war das, dass der Stift immer so weit vorm Spiegel ist, wie er hinterm Spiegel ausschaut (-) Das heißt, wenn er zehn Zentimeter vorm Spiegel ist, schaut 's aus, als wär er auch zehn Zentimeter hinterm Spiegel.“

Die scheinbare richtige Verknüpfung zwischen dem Reflexionsgesetz und dem Spiegelbild durch die Verlängerung der reflektierten Strahlen stellte sich jedoch als Irrtum heraus:

t_1 : Da sieht er die Blume (-) Weil eigentlich sieht ers da hinten. Er glaubt es ist da hinten.

S: Aha, da muss man die Lichtstrahlen verlängern.

t_1 : Nein, die Lichtstrahlen nicht er glaub nur, dass es da hinten ist

Diese Äußerung könnte ein Hinweis auf die Interpretation des Spiegelbildes als virtuelles Bild sein. Als Entstehungsort des Spiegelbildes gibt t_1 die Spiegeloberfläche an:

„Was aber natürlich nicht ist, denn das Bild entsteht ja am Spiegel, aber man sieht es hinterm Spiegel“

Unbewusst verknüpft der Schüler t_1 den Verlauf der Lichtstrahlen sehr wohl mit der Entstehung des Spiegelbildes, jedoch ohne die Lage des Spiegelbildes miteinzubeziehen.

Vergleich mit den Kategorien nach Herdt (1990):

In diesem Falle könnte die Ergänzung von t_1 unter die in Item 5 vorgestellte Kategorie 2(i) eingeordnet werden, jedoch nur unter der Prämisse, dass die korrekte Anwendung des Reflexionsgesetzes mit Skepsis betrachtet wird. Das Item 6 beinhaltet eine Skizze mit bereits eingezeichnetem Lichtbündel, welches dem Reflexionsgesetz genügt.

Diskussion:

Auffälligerweise stößt sich t_1 nicht an diesem Umstand, obwohl er zuvor bei Item 5 nach Überprüfung Lichtstrahlen eingezeichnet hat, welche dem Reflexionsgesetz nicht genügen. Möglicherweise verleitet der vorgegebene Lichtweg, diesen als richtig zu akzeptieren, ohne

die eigenen Konzepte zu beachten. Auch könnte die Darstellung in Item 5 eine „current construction“ (vgl. Kapitel 1.1.1) sein, die zu einem Fehlerhaften Ergebnis geführt hat. Der restliche Verlauf des Interviews legt nahe, dass t_1 die Vorstellung vertritt, dass das Licht beim Auftreffen auf die Spiegeloberfläche dem Reflexionsgesetz nach abgelenkt wird – er nennt dies dann *spiegeln* (Abbildung 48):



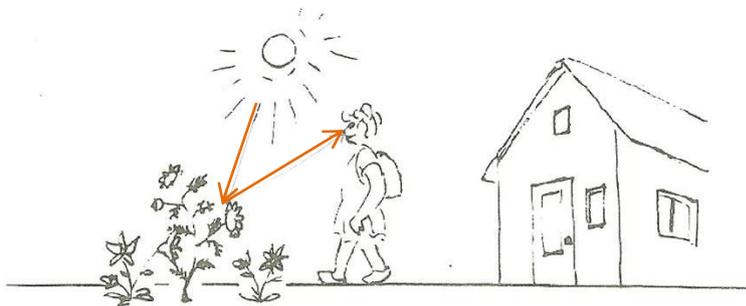
Abbildung 48: Skizze zum Verlauf des Lichtes, welches auf eine Spiegeloberfläche auftrifft

Die Darstellung der Lichtbündel ist für t_1 physikalisch korrekt und erscheint ihm aufgrund der Darstellungen beim Wissenstest vertraut. Meiner Einschätzung nach bieten seine Ergänzungen eine gute Möglichkeit, um die physikalisch korrekte Entstehung des Spiegelbildes mittels Strahlenkonstruktion zu erarbeiten.

Schüler t_5 :

Item 1:

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:



Licht von der Sonne trifft auf die Blumen und wird von dort in Claudias Augen hineinreflektiert.

Abbildung 49: Ergänztes Item 1 zum Sehvorgang

In Abbildung 49 sind die Lichtstrahlen von der Sonne zur Blume und von der Blume in Claudias Auge farblich hervorgehoben, da t_5 für das Einzeichnen einen Bleistift verwendet hatte.

Bei diesem Item ist bemerkenswert, dass t_5 den richtigen Verlauf des Sehvorganges skizziert, jedoch ausdrücklich von der Reflexion an der Blume spricht obwohl er eine sehr konsistente Vorstellung zur Streuung besitzt:

S: Okay. Ähm (-) Und von der physikalischen Sicht her, würdest du jetzt sagen, wie ist es möglich, dass die Claudia (,) zum Beispiel die Blume dort sehen kann?

t₅: Weil die Sonne schickt's Licht halt aus und das tut auch die Blume und das wird dann ins Auge reinreflektiert.

Zerstreuen bedeutet für ihn, „dass aus einem Strahl meist mehrere werden“.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Die Darstellung von t_5 kann ebenso wie bei Schüler t_1 in die Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V – ohne Hinweis auf die Streuung“ (Herdt 1990, S. 163) eingeordnet werden. Allerdings bietet die vorhandene Vorstellung zur Streuung von Licht einen möglichen Anknüpfungspunkt für eine physikalisch richtige und konsistente Vorstellung.

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:



Das Licht breitet sich wie im Item 1 aus, wobei das Licht aufgrund der Wolken nicht mehr so leicht zu den Blumen gelangt.

Abbildung 50: Darstellung des Sehvorgangs bei Regen

Das Prinzip des Sehvorganges ist ident mit jenem in Item 1 (siehe Abbildung 50), jedoch interagiert das Licht Sonne mit den Wolken und gelangt dadurch „nicht so gut“ zu den Blumen:

„Weil die Wolken (-) halt auch mit dem Wasser (-) Die haben halt auch Wasser und dadurch wird's die ganze Zeit gespiegelt und es kommt halt schwer her (-) Zu der Blume.“

Unter spiegeln versteht t_5 folgendes:

„Ja, dass es hineinkommt und wieder (,) Direkt als Ganzes herauskommt. (-) Also, der Strahl“

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

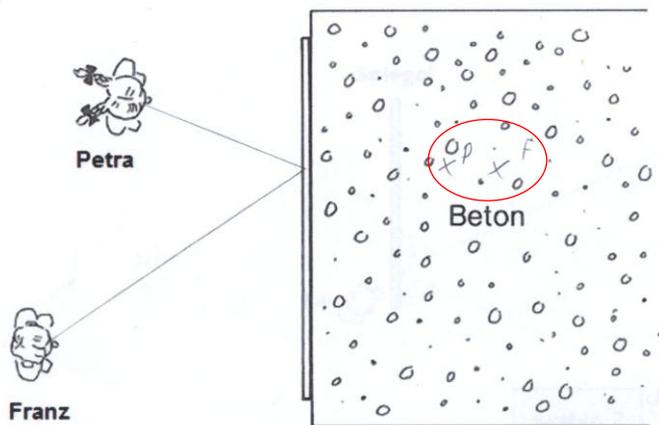
Bei diesem Item ergibt sich keine eindeutige Zuordnung. Die Kategorie 1 „Anwendung der S-E-V mit ausdrücklichen Hinweis auf die Streuung an Wolken- oder Regentropfen“ (Herdt 1990, S. 173) trifft nicht gänzlich zu, da t_5 argumentiert, dass das Licht in den Wolken durch die Wassertropfen *gespiegelt* wird. Allerdings ist ein eindeutiger Hinweis auf die Wolken vorhanden, ein Fehlen dieses wäre in Kategorie 2 gefordert, und auch der ablaufende Prozess deckt sich weitestgehend in seiner Beschreibung mit dem physikalischen Vorgang der Streuung. Zerstreuen bedeutet für t_5 (wie in Item 1 mittels Zitat belegt), dass aus einem Strahl mehrere werden. Für den Vorgang in den Wolken gilt:

„Das leitet es halt (-) Stärker ab [...] in verschiedene Richtungen“

Daher darf der Schluss gezogen werden, dass t_5 mit seinem Begriff *spiegeln* eigentlich einen Streuvorgang beschreibt und daher ist meiner Einschätzung nach eine Zuordnung in die Kategorie 1 angemessen.

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer. *und neben Tina steht jeweils ein Kasten*



Das Licht von Petra wird gemäß dem Reflexionsgesetz an der Spiegeloberfläche reflektiert. Franz sieht das Spiegelbild von Petra hinter den Spiegel versetzt am Ort der Reflexion. Ebenso Petra jenes von Franz.

Abbildung 51: Lage der Spiegelbilder von Petra und Franz

In Abbildung 51 ist die Lage der Spiegelbilder von Franz und Petra eingekreist. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass die beiden Spiegelbilder genau auf einer Geraden mit dem Reflexionspunkt des eingezeichneten Lichtstrahles liegen, allerdings rückwärtig hinter den Spiegel versetzt. Folgende Zitate skizzieren diese Vorstellung:

„Also (-) Theoretisch müsst's so sein, dass (-) Wenn sie so schaut (-) Dass im selben Winkel das Licht wieder austritt“

„Dass, der, den man sieht (-) Den wird das Licht halt gestrahlt und (-) Der reflektiert's dann und über den Spiegel kommt das dann in ihr Auge“

t₅: Weil er sieht (-) er sieht sie ja nicht direkt da hinten, sondern beim Spiegel halt versetzt.

S: Okay, dann mach einmal ein Kreuz dahin (-) Aha (-) Beim Spiegel versetzt?

t₅: Weil das ist ja der Abstand (-) den sieht er ja auch.

S: Aha, okay.

t₅: Das heißt eigentlich muss er sie da hinten virtuell sehn

Virtuell bedeutet für t_5 , dass Petra „ja nicht wirklich dort“ steht und dass Franz nur glaubt, sie befinde sich dort („Aus seiner Sicht ist sie dort“). Diese Vorstellung des virtuellen Bildes ist physikalisch nicht korrekt formuliert, da seiner Erklärung nach auch ein reelles Bild ein virtuelles sein. An dem Bildort des reellen Bildes z.B. einer Sammellinse befindet sich ebenfalls „nicht wirklich“ der Gegenstand. Das virtuelle Spiegelbild entsteht durch die Akkommodation des Auges auf den scheinbaren Ursprungsort der divergierenden an der Spiegeloberfläche reflektierten Strahlen. Insofern stimmt die vage Aussage, dass das Spiegelbild aus Sicht des Beobachters sich an diesem Ort befindet.

Die Richtung des eingezeichneten reflektierten Lichtstrahls ist umkehrbar, je nachdem ob Franz oder Petra der/die Beobachtende ist. Außerdem versetzt t_5 den Ort des Spiegelbildes von Franz ein Stück hinter jenem von Petra, da Franz auch weiter entfernt zum Spiegel steht. Dies ist eine „halbrichtige“ Anwendung der Spiegelsymmetrie, da zwar die Gleichheit der

Bildweite und Gegenstandsweite berücksichtigt wurde, jedoch das Spiegelbild an der falschen Stellen eingezeichnet wurde.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Die Vorstellung von t_5 ist in keiner Kategorie vertreten. Abbildung 52 stellt die beiden möglichen Kategorien von Herdt dar.

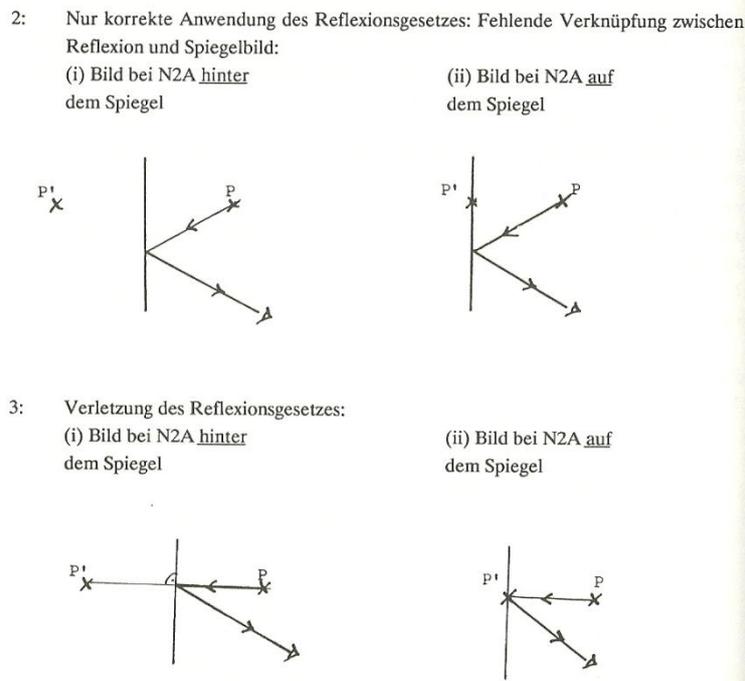


Abbildung 52: Kategorien 2 und 3 zum Item N2A und N2B (Herdt 1990, S. 288)

Ein Vergleich zwischen den Kategorien in Abbildung 52 und der Skizze von t_5 legen nahe, dass die Vorstellung von t_5 eine Mischung der beiden darstellt:

1. In Kategorie 2(i) muss die Verknüpfung zwischen Spiegelbild und Reflexion fehlen. Doch diese ist – wenn auch falsch – in der Vorstellung von t_5 gegeben.
2. In Kategorie 3(i) findet zwar eine Verknüpfung zwischen Spiegelbild und Reflexion statt, jedoch wird das Reflexionsgesetz verletzt. Dieses wird jedoch in der Abbildung 51 korrekt angeführt.

Demnach muss die Vorstellung von t_5 unter die weniger aussagekräftige Kategorie „*Sonstige oder fehlende Bearbeitung*“ (Herdt 1990, S. 288) eingeordnet werden. In der Studie von Herdt wurde bei einigen Lösungen „*der Spiegelbildort (zu N2A) an der Reflexionsstelle, also auf dem Spiegel angekreuzt*“ (Herdt 1990, S. 293), jedoch findet sich kein Hinweis auf eine rückwärtige Versetzung hinter den Spiegel am Reflexionsort.

Trotz der Problematik mit dem falschen Ort des Spiegelbildes hinsichtlich der Spiegelsymmetrie, bietet die Vorstellung von t_5 jedoch eine gute Basis für eine fachlich korrekte Klärung.

Item 6 und Item 7

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

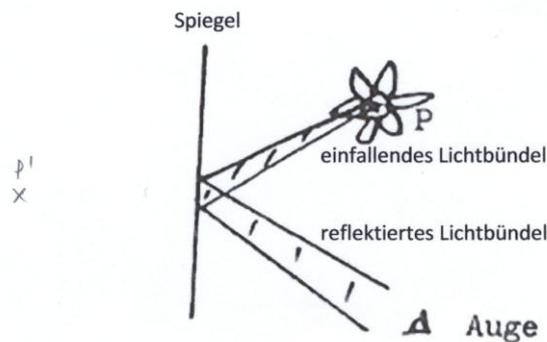


Abbildung 53: Item 6 mit falschem Spiegelbildort (korrekte Reflexion durch Angabe vorgegeben)

Kai, Tina und Michael spielen im Kinderzimmer verstecken. Vor Kai befindet sich ein Spiegel. Neben Michael und neben Tina steht jeweils ein Kasten.

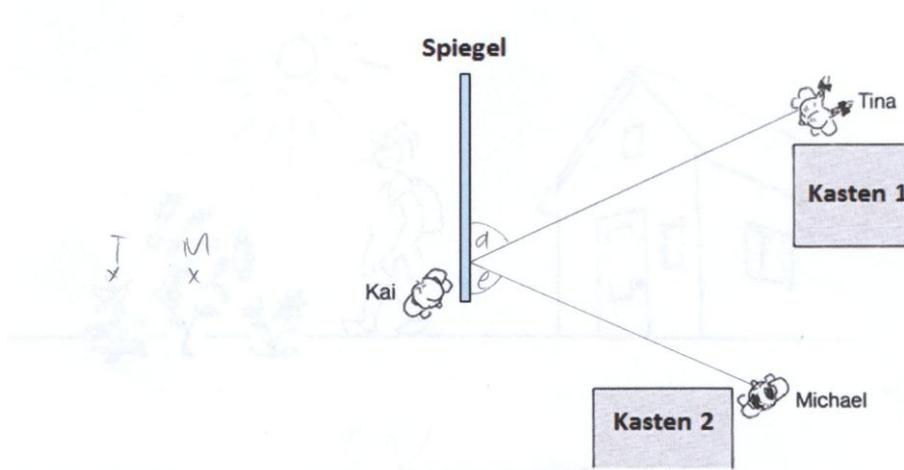


Abbildung 54: Item 7 mit korrekter Anwendung des Reflexionsgesetzes, aber falschem Spiegelbildort

In der Abbildung 53 und Abbildung 54 sind die ergänzenden Lagen der einzelnen Spiegelbilder abgebildet. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass sich die bei Item 5 beschriebene Vorstellung der rückwärtigen Versetzung des Spiegelbildes am Ort der Reflexion konsistent hält. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Schüler t_5 die Notwendigkeit des Reflexionsgesetzes erkannt und dieses auch für essentiell hinsichtlich der Entstehung des Spiegelbildes hält, jedoch diese Verknüpfung falsch darstellt. Bei allen drei Items 5-7 spricht t_5 außerdem die Notwendigkeit einer Lichtquelle an und die Lichtbündeldarstellung aus Item 6 bewertet er als physikalisch sinnvoll, da:

„das Licht geht in die verschiedenen Richtungen geht“

„Eigentlich diese ganze Fläche (-) ist eigentlich Licht“ (damit ist der Bereich um die Blume gemeint)

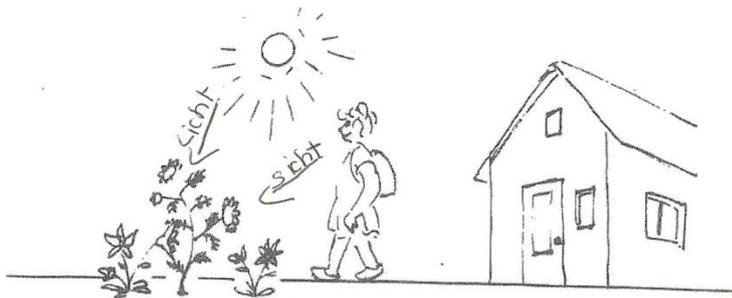
Diskussion:

Schüler t_5 erklärt den Sehvorgang physikalisch korrekt, jedoch findet anscheinend eine Vermischung der Begriffe zerstreuen, reflektieren und spiegeln statt. Bezüglich der Entstehung des Spiegelbildes weist t_5 eine sehr konsistente Vorstellung⁶² auf, bei der das Reflexionsgesetz korrekt angewendet wird und auch bereits mit dem Spiegelbildort verknüpft wird, jedoch in fehlerhafter Weise. Diese Vorstellung ist meiner Einschätzung nach ausbaufähig zu einem physikalisch richtigen Konzept.

Schülerin a:

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezoenen Blumen:



Sonnenlicht trifft auf die Blumen und ist „immer da“. Claudia muss auf die Blumen blicken, damit sie diese sehen kann.

Abbildung 55: Item 1 zum Sehvorgang ergänzt von Schülerin a

Die Skizze in Abbildung 55 ergänzte Schülerin a nach dem Besprechen des Items 3, welches nicht in die Auswertung aufgenommen wurde. Zu Beginn vertrat sie die Meinung, dass nur Licht für den Sehvorgang notwendig sei:

S: Was ist dazu notwendig?

a: Licht

S: Licht (,) Okay (,) Ja

a: Ja (---) Sonst eh nix

S: Und Licht ist da, weil

a: Ja, weil die Sonne scheint

S: Woher kommt das Licht

a: Ja, von der Sonne

Außerdem würde sie noch einen „Winkel“ einzeichnen, jedoch konnte sie im Interview nicht genau beschreiben wo und in welcher Weise. Ergänzend meinte Schülerin a nach der Klärung ihrer Vorstellungen zu Item 3: „Du musst ja hinschaun, damit's das Objekt siehst“. Danach ergänzte sie die Skizze mit einem Pfeil von Claudias Augen zu den Blumen und erklärte, dass dies die *Sicht* sei.

Streuungsvorstellungen oder eine Vorstellung nach der das Licht an den Blumen reflektiert würde, lassen sich nicht feststellen. Außerdem konnte mittels Item 4 (siehe Anhang 7.3)

⁶² Hierbei handelt sich eindeutig um eine *deep structure* (Niedderer 1996 in Duit & von Rhöneck) Vorstellung, welche sich anscheinend bewährt hat und damit konsequent Anwendung findet.

geklärt werden, dass sie nicht die Lichtbad-Vorstellung vertritt, was mit der Aussage „*Licht ist immer da*“ suggeriert werden könnte. Sie stellt sich einen *Lichtfluss* von der Sonne zu den Blumen vor.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Durch die nachfolgende Klärung mittels Item 3 und 4 lässt sich die Vorstellung der Schülerin a in die Kategorie 4 des Items N1A von Herdt einordnen: „*Die Sonne beleuchtet die Blumen, ohne physikalisch sinnvolle Einbeziehung des Auges*“ (Herdt 1990, S. 162). Das Auge wird zwar miteinbezogen, allerdings nur im Sinne einer Blickrichtung. Ob diese Vorstellung von Herdt in für diese Kategorie vorgesehen wurde, lässt nicht anhand der in der Studie angeführten Zitate überprüfen. Meiner Einschätzung nach ist jedoch eine Zuordnung zu Kategorie 6 „*Beschreibung des Sehvorganges vom Auge ausgehend – Blickrichtung u.ä.*“ (Herdt 1990, S. 163) nach Abgleich mit den für diese Kategorie exemplarisch dargebrachten Zitaten nicht zielführend. Eine Alternative wäre die Einordnung in Kategorie 9 „*Sonstige oder fehlende Antworten*“ (Herdt 1990, S. 163) jedoch unterscheiden sich auch hier exemplarischen Zitate maßgeblich von der hier dargebrachten Vorstellung der Schülerin a.

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:



Licht von der Sonne trifft auf die Blume und Claudia muss in Richtung der Blumen blicken, um diese zu sehen. Das Licht ist nun dunkler.

Abbildung 56: Sehvorgang bei Regen in Item 2

In Abbildung 56 ist der gleiche Sehvorgang zu erkennen, allerdings gibt es sehr wohl einen Unterschied bezüglich des Sonnenlichtes:

S: Was passiert mit dem Licht der Sonne, jetzt wo Wolken da sind?

a: Das geht durch (,) Also, nicht durch, aber

S: Versuch es zu beschreiben!

a: Ja (,) Eh durch (-) Aber es scheint halt dann nicht die Sonne, weil die Wolken davor sind, sag ma so (-) Halt wir sehn die Sonne nicht

Bezüglich des Vorhandenseins von Tageslicht und der wahrgenommenen Helligkeit hat Schülerin a eine klare Meinung:

„Die Sonne kann ja verschwinden auch und es ist trotzdem hell.“

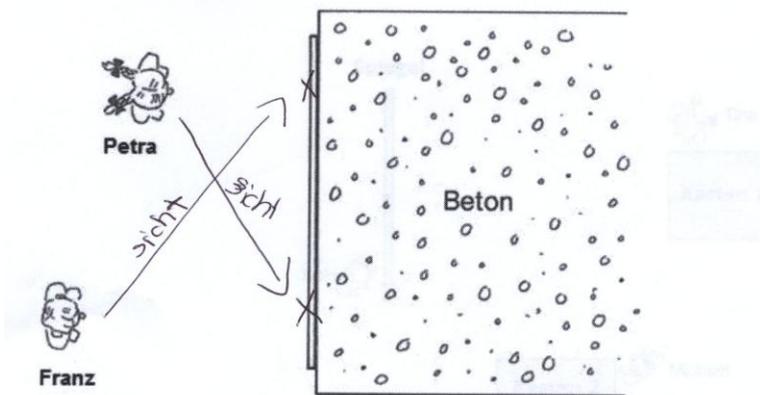
„Nein, es ist dünkler (---) Weil die Sonne ja nicht mehr da ist (,) Also, nicht direkt hinunter scheint“

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Für Item 2 ist eine Kategorisierung mittels Kategorie 5 „Schwächere Beleuchtung der Blumen“ (Herdt 1990, S. 174) sinnstiftend. Am Sehvorgang ändert sich nichts, jedoch verwendet Schülerin a keine der von Herdt angeführten Sehvorstellungen.

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer. *und neben Tap steht jeweils ein Kasten*



Franz sieht das Spiegelbild gegenüber von Petra auf der Spiegeloberfläche. Ebenso sieht Petra das Spiegelbild von Franz gegenüber von ihm auf der Spiegeloberfläche. Die Spiegelbilder befinden sich auf der Spiegeloberfläche.

Abbildung 57: Vorstellung zur Lage des Spiegelbildes in Item 5

Schülerin a beschreibt die Lage des Spiegelbildes ausschließlich mittels „Sichtpfeilen“ (siehe Abbildung 57):

S: Zeichne ein Kreuz ein, wo Franz Petra sehen kann!

a: Da

S: Wieso da?

a: Na, weil die Petra ja direkt davor steht und (,) Ja (,) er braucht nur rüberschaun

Ein Einfluss vom Licht bleibt auch im Gespräch unerwähnt:

S: Wie würdest du den Sehvorgang einzeichnen?

a: Ja (,) So ein Pfeil hier

S: sind das Sichtpfeile?

a: Ja

S: Muss man noch was ergänzen, damit sie sich sehen können?

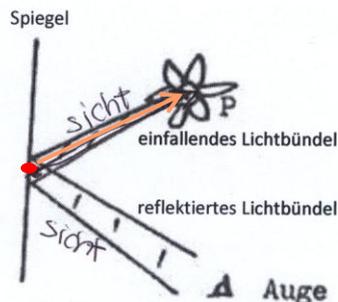
a: Nein

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

In diesem Fall bietet sich die Kategorie 9 des Beispiels N2B an: „Sonstige oder fehlende Bearbeitung“ (Herdt 1990, S. 288). In den anderen Kategorien wird der Weg des Lichtes mit oder ohne Reflexion dargestellt, jedoch klammert Schülerin a diesen Aspekt vollkommen aus.

Item 6

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P. In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.



Das Spiegelbild der Blume liegt an der Stelle des roten Punktes an der Spiegeloberfläche, dort wo die „Sicht“ auf die Spiegeloberfläche trifft. Vom dort führt die Sicht (hellroter Pfeil) zur Blume.

Abbildung 58: Lage des Spiegelbildes einer Blume (der von Schülerin a eingezeichnete Punkt und Pfeil wurden farbig hervorgehoben)

Bei der Bearbeitung dieses Items zeichnet Schülerin a die Lage des Spiegelbildes zwar ebenfalls auf der Spiegeloberfläche ein, allerdings nicht gegenüber vom Gegenstand wie in Item 5. In Abbildung 58 ist erkennbar, dass die Schülerin a die Lichtbündel als „Sicht“ interpretiert. Dieses legt auch folgender Ausschnitt aus dem Interview nahe:

S: In der Skizze, das soll eine Blume sein. Was kannst du sehen?

a: Ein Spiegel (-) Ja (,) Und die Strahlen (,) Also, wie soll ich das sagen (-) Es sind ja keine Strahlen, sondern eher die (,) Richtungen (-) In die man schaut, dass man die Blume auch sieht

Die Sicht führt vom Beobachter zum Spiegel und vom Spiegel zur Blume. Außerdem scheint sie Vorstellung zu haben, dass das Spiegelbild sozusagen mit dem Sichtpfeil zur Blume hinführt:

S: Was geht zur Blume hin? Was würdest du sagen?

a: Na, das Spiegelbild (-) Ja, das Spiegelbild (-) So halt

Das Licht wird in keiner Weise erwähnt.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Auch bei diesem Item bietet sich die Einbettung in die Kategorie 9 an.

Diskussion:

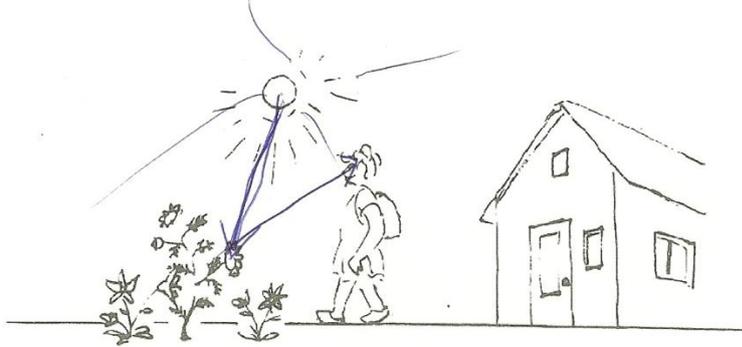
Schülerin a scheint einige tief verankerte Vorstellungen zu besitzen, welche sie auf alle Beispiele anwenden kann, während andere nur situationsbedingt in Erscheinung treten. Ein Beispiel für eine tief verankerte, wiederkehrende Vorstellung ist die „Sicht“ als essentielle Voraussetzung für den Sehvorgang. Die Vorstellung, dass Objekte beleuchtet werden, scheint wiederum nur im präzisen Kontext des Sehvorgangs greifbar zu sein. Bei den Spiegelitems klammert sie das Licht vollkommen aus. Dadurch gibt es wenige Anknüpfungspunkte für eine physikalisch richtige Klärung der Inhalte.

Gruppe 2:

Schülerin t₃:

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:



Licht trifft von der Sonne auf die Blume und von der Blume dann ins Auge von Claudia.

Abbildung 59: Sehvorgang in Item 1 ergänzt durch Schülerin t₃

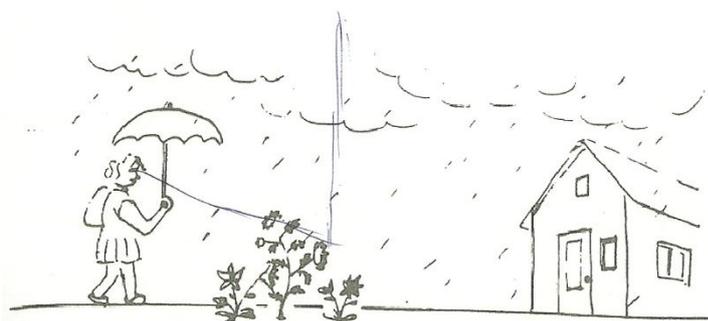
Zu Beginn vermutet Schülerin t₃, dass der Sehvorgang etwas mit dem Reflexionsgesetz zu tun hat und zeichnet daher den Strahlenverlauf wie in Abbildung 59 ersichtlich ein. Allerdings kann sie nicht benennen, wie das Reflexionsgesetz in Erscheinung tritt. Unter reflektieren versteht t₃ *zurückwerfen*, daher reflektieren die Blumen das Licht.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Aus ähnlichen Gründen wie bei Schüler t₁ ist auch die Erklärung von t₃ unter Kategorie 2 einzuordnen (vgl. Item 1 bei Schüler t₁). Sie benutzt die S-E-V richtig, gibt jedoch keinen Hinweis auf eine Streuvorstellung an den Blumen.

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:



Claudia sieht die Blumen wie in Item 1, jedoch gelangen weniger Lichtstrahlen durch die Wolken. Daher ist es nicht so hell und sie kann die Blumen nicht so gut sehen.

Abbildung 60: Sehvorgang bei Regen in Item 2 ergänzt durch Schülerin t₃

In Abbildung 60 fehlt im Vergleich zu Item 1 die Richtung des Lichtes von der Sonne auf die Blume und in das Auge von Claudia. Dies verbalisiert t₃ jedoch im Interview:

t₃: Naja vielleicht trifft da so ein Sonnenstrahl durch (,) Auf die Blume und die sieht das dann (-) So

S: Mhm (,) Also im Prinzip (,) Wenn jetzt der Strahl durchkommt, ist es genauso wie oben.

t₃: Ja.

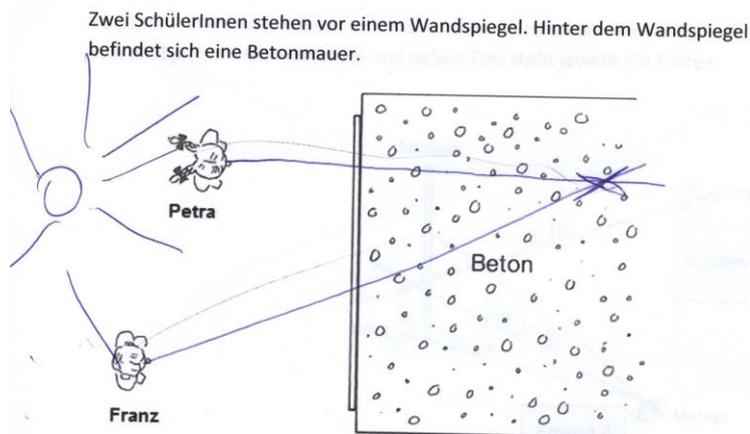
Bezüglich des Einflusses der Wolken auf das Licht äußert sie die Vermutung, „*dass es nicht mehr so leicht durchkommen kann*“ und „*weniger oder fast keine*“ Lichtstrahlen durch die Wolken hindurch kommen. Möglicherweise bleiben diese „*stecken irgendwo*“.

Im Zusammenhang mit diesem Item eröffnet sich eine andere Vorstellung: Die Blumen „*reflektieren einfach die Farbe*“ und das Licht transportiert diese.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Korrekterweise ist ihre Antwort in die Kategorie 9 „*Sonstige oder fehlende Antworten*“ (Herdt 1990, S. 174) einzuordnen. Sie argumentiert mittel S-E-V, gibt allerdings einen konkreten Hinweis auf das abgeschwächte Licht, allerdings argumentiert sie nicht mit dem Streuvorgang in den Wolken. Daher könnte man ihre Vorstellung aus den gleichen Gründen wie bei Schüler t_1 unter Kategorie 2 „*Anwendung der S-E-V mit unbestimmten Hinweisen auf „schwächeres“ Licht*“ (Herdt 1990, S. 173) unter der Voraussetzung der Erweiterung um konkrete Hinweise zur Abschwächung des Lichtes.

Item 5



Das Spiegelbild von Petra liegt ihr gegenüber hinter dem Spiegel, allerdings sind Bildweite und Gegenstandsweite ungleich groß. Das Spiegelbild von Franz befindet sich am gleichen Ort wie das Spiegelbild von Petra.

Abbildung 61: Lage des Spiegelbildes in Item 5

Schülerin t_3 gibt den Ort des Spiegelbildes hinter dem Spiegel an (siehe Abbildung 61), jedoch ist die Bildweite größer als die Gegenstandsweite. Im Interview bleibt sie mit ihren Äußerungen diesbezüglich sehr vage:

S: Okay (-) Warum hast du das Kreuz da hinten gemacht, also das ist ja doch ziemlich weit, würd ich jetzt sagen, in der Wand drinnen?

t_3 : Naja, weil das ja hinten weiter geht.

S: Okay (-) Was meinst du damit: Das geht hinten weiter?

t_3 : Weil das Licht hinten hinfällt und dann wieder z'rück geht.

S: Aha (-) Das heißt das Licht fällt von der Petra, versteh ich das richtig, da nach hinten, wo der Ort X ist?

t_3 : Mhm [Zustimmend]

S: Und von dort fällt er dann zum ...

t_3 : Franz.

Diese Passage offenbart auch noch weitere Aspekte. Einerseits kann nun in der Abbildung 61 der Weg des Lichtes wie folgt interpretiert werden: Das Licht der Sonne trifft auf die Petra, diese sendet nun ebenfalls Licht aus, welches bis zum Ort des Spiegelbildes gelangt und von dort fällt es dann zurück zum Franz. Auf diese Weise kann er das Spiegelbild der Petra sehen. Andererseits hält t_3 es offensichtlich das Konzept der primären und sekundären Lichtquellen für relevant, da sie von selbst die Skizze mit der Sonne ergänzt hat.

Auf Frage, wo Petra das Spiegelbild von Franz sieht, meint t_3 : „Naja, genau dort auch, glaub ich.“ Sie fügt noch hinzu, dass der Lichtweg derselbe wär und diesmal vom Franz über das „X“ zur Petra führt.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Auf den ersten Blick erscheint auch die Vorstellung von der Schülerin t_3 mit keiner der von Herdt genannten Kategorien kompatibel zu sein mit Ausnahme der Kategorie 9. Unter dem Gesichtspunkt, dass t_3 unter dem Begriff reflektieren ein „Zurückwerfen“ versteht, kann ihre Vorstellung auch in die bereits erwähnte Kategorie 3(i)⁶³ fallen. Die zur Veranschaulichung der Kategorie angeführten Abbildungen zeigen zwar einen „Reflexionsvorgang“⁶⁴ an der Spiegeloberfläche, jedoch ist in der Beschreibung der Kategorie nicht erwähnt, dass dies zwingend sein muss, damit eine Vorstellung in diese Kategorie fällt. Da der Strahl von Petra am Ort des Spiegelbildes „zurückgeht“ zu Franz, könnte man dies auch als Reflexionsvorgang im Sinne der Vorstellung von t_3 auffassen. Somit wär das Kriterium der Verletzung des Reflexionsgesetzes erfüllt und das Spiegelbild liegt ebenfalls hinter dem Spiegel, so wie in Kategorie 3(i) gefordert. Allerdings hinkt die Einteilung sobald auf die Erklärungen des Spiegelbildes von Franz eingegangen wird. Denn dieses liegt nicht mehr „gegenüber“ von Franz. In diesem Falle müsste die Kategorie 3(i) von Herdt noch weiter „aufgeweicht“ werden. Aufgrund dieser Spezialfälle erscheint eine Einbettung in Kategorie 9 „Sonstige oder fehlende Bearbeitung“ (Herdt 1990, S. 288) am zielführendsten zu sein.

Item 6 und Item 7

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

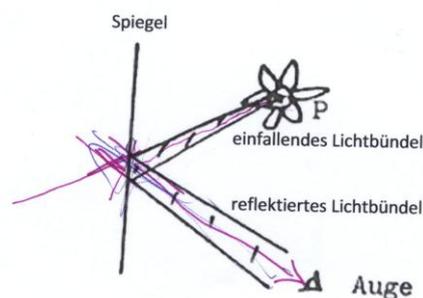


Abbildung 62: Die Lage des Spiegelbildes einer Blume in Item 6

⁶³ Original Kategorie-Bezeichnung: „3: Verletzung des Reflexionsgesetzes: (i) Bild bei N2A hinter dem Spiegel“ (Herdt 1990, S. 288)

⁶⁴ Da hierbei das Reflexionsgesetz verletzt wird, handelt es sich nicht um einen Reflexionsvorgang im physikalischen Sinne.

Kai, Tina und Michael spielen im Kinderzimmer verstecken. Vor Kai befindet sich ein Spiegel. Neben Michael und neben Tina steht jeweils ein Kasten.

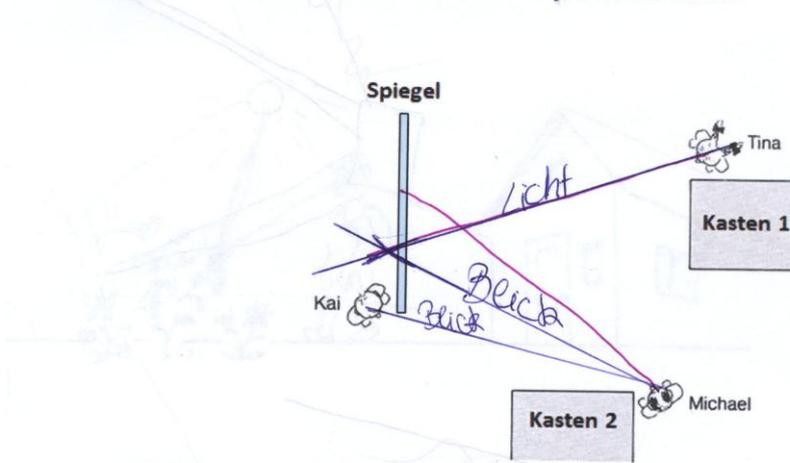


Abbildung 63: Unterschiedliche Sehvorgänge im Item 7

Die in Abbildung 62 dargestellten Lichtbündel interpretiert die Schülerin auch als solche, so dass das Licht von der Blume auf den Spiegel fällt und zum Auge weiterführt (violetter Pfeil). Das Auftreffen und Weiterführen des Lichtbündels benennt sie als Reflexion, kann diese allerdings nicht näher erklären. Das Spiegelbild lokalisiert sie zunächst auf der Spiegeloberfläche, um es einen kurzen Moment später ein kleines Stück weit hinter den Spiegel zu verschieben (violette „X“) und zwar in den Schnittpunkt der beiden äußeren Randstrahlen der divergierenden Lichtbündel. Folgender Satz gibt ihre Überlegung wider:

„Naja, vielleicht doch ein bisschen hinter dem Spiegel, wenn sie sich hier treffen.“

Eine genauere Erklärung für diesen Umstand bleibt sie jedoch trotz Nachfragen schuldig. Nachdem in den restlichen Interviews sehr konsequent das Spiegelbild als hinter dem Spiegel liegend beschrieben und diese Meinung auch im Item 5 vertreten hatte, handelt es sich bei diesem Item vermutlich um eine ad hoc entstandene Vorstellung („*current construction*“), die ihr offenbar in dieser Situation sinnstiftender erscheint. Allerdings behält sie diese Vorstellung im nächsten Item 7 bei, da sie auch hier das Spiegelbild knapp hinter dem Spiegel lokalisiert, auch wenn sie nun Lichtstrahlen und nicht Lichtbündel zeichnet. Ein Vergleich der Abbildung 63 mit der Abbildung 62 zeigt diese Homologie sehr eindeutig. Abbildung 62 zeigt noch eine weitere „*current construction*“ (Niedderer 1996 in Duit & von Rhöneck) hinsichtlich des Sehvorganges: t_3 zeichnet den Lichtweg von Tina zum Spiegel ein, jedoch führt nun nicht das Licht zu Michael, sondern von Michael weist ein „Blickpfeil“ zum Spiegel. Dort wo sich die beiden schneiden, liegt das Spiegelbild. Im gesamten Interviewverlauf bisher, argumentierte die Schülerin t_3 stets richtig mittels S-E-V. Allerdings ist Item 7 ein komplexerer Kontext als die Items zum Sehvorgang, wodurch möglicherweise diese Vorstellung ad hoc als adäquater von ihr angesehen wurde. Eine andere Erklärung wäre, dass t_3 bei Item 4 (siehe Anhang 7.3) zwar die physikalisch richtige Abbildung 4 auch als ihre Vorstellung titulierte, jedoch der Überzeugung war, dass entweder Abbildung 2 oder Abbildung 3 physikalisch richtig sein müssen („*Ich glaub, meine ist nicht so richtig.*“). Auch Item 4 ist ein Beispiel für das Entstehen einer „*current construction*“ (Niedderer 1996 in Duit & von Rhöneck), da sie hierbei in weiterer Folge sogar mit „Lichtstrahlen“ vom Auge weg argumentiert:

„Aber ich glaub, das stimmt auch, weil dann muss (,) Licht muss ja vom Auge aus gehen, dass das stimmt“

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Wie bei Item 5 liegt der Schluss nahe, diese Vorstellungen unter die Kategorie 9 einzuordnen.

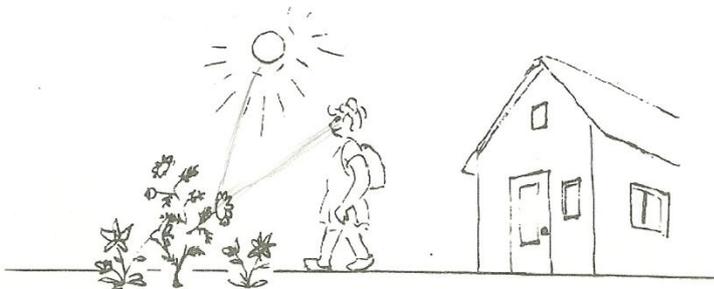
Diskussion:

Wie bereits angeklungen, entstehen bei Schülerin t_3 auch Vorstellungen ad hoc. Diesen Umstand könnte man als Anknüpfungspunkt für ein physikalisch korrektes Verständnis nutzen. Wenn eine in die richtige Richtung führende Vorstellung bei ihr entsteht, müssen Kontexte geschaffen werden, damit sich diese bewähren.

Schülerin t_4 :

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:



Sonnenlicht trifft auf die Blume und wird von dort ins Auge von Claudia reflektiert.

Abbildung 64: Sehvorgang in Item 1

In Abbildung 64 ist der Verlauf des Sonnenlichts eingezeichnet, den dazugehörigen Sehvorgang verbalisiert die Schülerin t_4 wie folgt:

„Das Licht fällt auf die Netzhaut“

„Ja (-) Ja irgendwie (,) Irgendwie (-) Ich glaub das reflektiert da irgendwas (-) Und da kommt das an (-) So“

Unter *reflektieren* versteht sie, „dass es da rauffällt und dann fällt's wieder weg“. Wo und in welcher Weise dieser Reflexionsvorgang stattfindet, kann sie nicht erklären:

„Ein Winkel? (-) Keine Ahnung“

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Die Auffassung von Schülerin t_4 zum Sehvorgang ist in Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V – ohne Hinweis auf die Streuung“ (Herdt 1990, S. 163) einzuordnen, da sie auch unter dem Begriff reflektieren eine sehr vage Vorstellung hat, die nicht mit jener der Streuung vergleichbar ist.

Item 2:

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:



Abbildung 65: Sehvorgang bei Regen in Item 2

Licht von der Sonne gelangt durch die Wolken durch und fällt auf die Blume, wo es ins Auge von Claudia reflektiert wird. Das Licht ist nun nicht so stark wie in Item 1.

Die Schülerin t_4 ist überzeugt, dass der Sehvorgang mit jenem aus Item 1 ident ist, lediglich das Sonnenlicht, welches durch die Wolken gelangt ist nun nicht mehr so stark. Was genau in den Wolken geschieht kann sich t_4 nicht erklären:

„Die Sonne ist verdeckt von den Wolken, aber man sieht sie trotzdem irgendwie (,) Die Strahlen kommen trotzdem irgendwie durch“

„Das ist wie ein Vorhang! (-) Wenn du den Vorhang zu ziehst, kommt trotzdem auch noch Licht rein. Das ist das Gleiche wie bei den Wolken“

„Es bremst“ (Was passiert in den Wolken?)

In Abbildung 65 ist das Licht sowohl durch gerade Striche als auch Wellenlinien symbolisiert. Dies steht jedoch in keinem Zusammenhang zu der Vorstellung zur Ausbreitung von t_4 :

S: Warum grad einen Strich?

t_4 : Ja, weil (-) So halt (-) Ich könnt auch eine Wellenlinie machen

S: Mhm [Verstehend] (-) Das heißt, es wär wurscht

t_4 : Ja

S: Das würd beides die Ausbreitung vom Sonnenlicht

t_4 : Ja

S: Beschreiben, egal, ob Welle oder Strich

t_4 : Ja (,) Find ich halt

S: Aber in dem Fall, warum hast du dich für einen Strich entschieden?

t_4 : Mm [Überlegend] (-) Ich mag Striche mehr als Wellen

S: Okay (-) Aber du könntest auch Wellen zum Beispiel da runter malen

t_4 : Ja, ich

S: Und zum Auge auch Wellen

t_4 : Ja

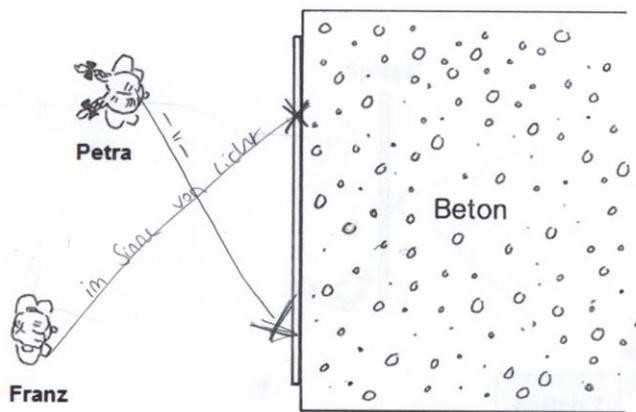
Bezüglich der Ausbreitung des Lichtes hat sie keine Vorstellung und selbst wenn, dann wäre dies ihren Angaben nach nur auswendig gelernt.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Auch in diesem Fall ist die Vorstellung unter Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V mit unbestimmten Hinweisen auf „schwächeres“ Licht“ (Herdt 1990, S. 173) einzuordnen. Die Vermutung, dass die Wolken „bremsen“ ist zu vage, um sie als konkreten Hinweis zu sehen.

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer.



Das Spiegelbild von Petra liegt ihr gegenüber auf der Spiegeloberfläche. Selbiges gilt für Franz. Zusätzlich gelangt Licht vom Spiegelbild zum Beobachter.

Abbildung 66: Lage der Spiegelbilder von Franz und Petra im Item 5

Die Schülerin t_4 lokalisiert das Spiegelbild der jeweiligen Person in Abbildung 66 genau gegenüber auf der Spiegeloberfläche. Eine Verknüpfung mit dem Reflexionsgesetz findet nicht statt. Es fehlt sogar, trotz expliziter Fragestellung im Interview, gänzlich der Bezug zum Sehvorgang. Des Weiteren ist t_4 überzeugt, dass vom Spiegelbild Licht zu den Beobachtern gelangt, allerdings offensichtlich kein Licht auftreffen muss. Insofern hat sie einen „halben“ Sehvorgang dargestellt.

Auf die Frage, was sie in der Skizze hinsichtlich des physikalisch richtigen Sehvorganges ergänzen würde, meinte sie:

„Da müsst ich das lernen, bevor ich was ergänzen könnte“

Dazu muss jedoch angemerkt werden, dass alle vier vorangegangenen Items den Sehvorgang adressiert hatten und sie sogar die S-E-V jeweils korrekt angab.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Die Vorstellung von t_4 ist eindeutig der Kategorie 9 „Sonstige oder fehlende Bearbeitung“ (Herdt 1990, S. 288) einzuordnen, da sie das einfallende Licht gänzlich ignoriert.

Item 6 und Item 7

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und
das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

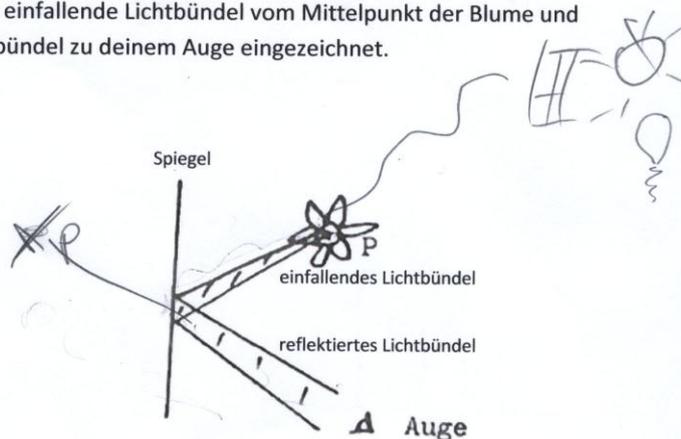


Abbildung 67: Lage des Spiegelbildes der Blume und S-E-V in Item 6

Kai, Tina und Michael spielen im Kinderzimmer verstecken. Vor Kai befindet sich ein Spiegel. Neben Michael und neben Tina steht jeweils ein Kasten.

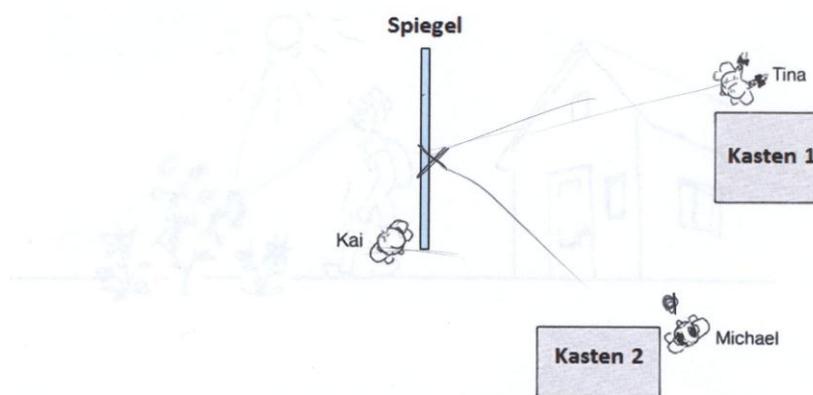


Abbildung 68: Lage des Spiegelbildes von Tina

In Abbildung 67 ist die Lage des Spiegelbilds der Blume hinter dem Spiegel, obwohl t_4 in Item 5 die Spiegelbilder von Franz und Petra jeweils auf der Spiegeloberfläche lokalisiert hatte. Allerdings handelt es sich hierbei sehr wahrscheinlich um eine „*current construction*“ (Niedderer 1996), da sie zuerst das Spiegelbild an den Ort der Reflexion des divergierenden Bündels setzt. Erst auf Nachfragen durch die Autorin, inwiefern hier die Bildweite⁶⁵ zum Tragen kommen würde, meinte sie:

„Das siehst du dann circa da im Spiegelbild“ (Am von ihr beschrifteten Ort P)

„Wenn du mit dem Auge da so schaust, dann siehst du ihn da“ (Ebenfalls der Ort P gemeint)

Ein weiteres Indiz dafür, dass es sich hier um eine spontan entstandene und nur für diesen Kontext sinnstiftende Vorstellung handelt, stellt ihre Ergänzung vom Item 7 dar. Auch hier war die Fragestellung erneut nach der Lage des Spiegelbildes. In diesem Kontext wechselt sie wieder zu ihrer gewohnten Auffassung und lokalisiert das Spiegelbild auf der

⁶⁵ Da sie im Tutoring 4AHS/4NMS wie selbstverständlich die Lösung „Bildweite ist gleich Gegenstandsweite“ ohne Erklärung im Raum stehen ließ, wurde dieser Aspekt im Abschlussinterview beachtet. Ihre Erklärung zu beiden Begriffen war physikalisch korrekt.

Spiegeloberfläche, jedoch diesmal nicht gegenüber der Person, sondern am Schnittpunkt der eintreffenden Lichtstrahlen. Die in Abbildung 68 eingezeichneten „Striche“ von Tina zum „X“ und von Michael zum „X“ stellen tatsächlich Lichtstrahlen dar und bilden das Reflexionsgesetz:

t₄: Ja, wahrscheinlich wird man das irgendwie so einzeichnen und dass dann da irgendwie (-) Eh so glaub ich

S: Das ist das Reflexionsgesetz?

t₄: Ja

S: Gehört da noch irgendwas dazu?

t₄: Wahrscheinlich (,) Wahrscheinlich (--) Irgendein Zeichen oder so

Wie in diesem Ausschnitt ersichtlich, kann die Schülerin *t₄* das Reflexionsgesetz nicht physikalisch erklären. Sie meinte allerdings auch, dass sie sich bei dieser Antwort nicht sicher sei.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Ohne zusätzliche Informationen aus dem Interview wäre es verführerisch, die Darstellung aus dem Item 6 der Kategorie 1 „*Korrekte Verknüpfung zwischen Reflexion und Spiegelbild: Darstellung des Lichtweges (Strahlen oder divergierende Bündel) zwischen Blume und Auge nach dem Reflexionsgesetz und besonderer Hinweis (Skizze/Verbalbeschreibung auf die Lage des **virtuellen** Bildes **hinter** dem Spiegel*“ (Herdt 1990, S.287) zuzuordnen. Ein Indiz dafür wäre auch die scheinbare rückwärtige Verlängerung des reflektierten Lichtbündels. Dagegen sprechen nun mehrere Gründe: Die rückwärtige Verlängerung ist ohne Bedeutung war rein intuitiver Natur. Das einfallende und das reflektierte Lichtbündel waren bereits in der Angabe enthalten. Aufgrund des Gesprächsverlaufs im Interview kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerin *t₄* den Lichtweg nicht in dieser Form dargestellt hätte. Über eine Darstellung der Reflexion von Lichtstrahlen kann nur spekuliert werden. Die Lage des Spiegelbildes befand sich ursprünglich auf der Spiegeloberfläche und wurde erst durch Nachfragen geändert. Allerdings könnten der Bezug zu der Bildweite und das damit verbundene richtige Verschieben des Spiegelbildes ein Hinweis darauf sein, dass sie zumindest graphischen Sinne eine korrekte Vorstellung zu der Bildweite besitzt und diese mit der Lage des Spiegelbildes verknüpfen kann.

Aufgrund dieser Kritikpunkte ist eine Einordnung in die vorgeschlagene Kategorie nicht sinnvoll. Item 7 stellt eine Mischung aus Kategorie 2 (ii) und 3(ii)⁶⁶ dar, so wie dies bereits bei Schüler *t₅* der Fall war.

⁶⁶ vgl. Herdt (1990, S. 288)

Schüler b:

Item 1 und Item 2

Der Schüler b ergänzte die beiden Abbildungen nur verbal, allerdings lässt sich aus seinen Aussagen eine gute Charakterisierung seiner Vorstellung vornehmen. Die folgenden Zitate sollen seine Vorstellung zu Item 1 nachvollziehbar machen:

„Okay (,) Gut (-) Da wird das Licht von der Sonne auf die Blumen geworfen und die absorbiert halt die Farbe (,) Die Farbsegmente, dass das halt so aussieht, als ob die Farbe jetzt zum Beispiel Rot oder Rosa oder Orange oder Grün wär (,) Und dann werden die Farben [...] Und (,) Ja, dann wird das zurückgeworfen zu ihren Augen und die (,) Da wird das Licht dann halt einfach auf der Netzhaut entsteht dann das Bild dann“

„Also, das Licht breitet sich in alle Richtungen aus (,) Und wird auch von allen möglichen Wänden gespiegelt (,) Das heißt, wenn das Licht jetzt zum Beispiel da jetzt ein Lichtstrahl so hingehet, auf die weiße Wand trifft, wird's gespiegelt (-) Wieder nach dem Reflexionsgesetz (,) Wird gespiegelt und würde da jetzt zum Beispiel irgendwie gegens Fenster treffen“

Grob zusammengefasst lässt sich der Schluss ziehen, dass der Schüler b die Sender-Empfänger-Vorstellung (S-E-V) verinnerlicht hat und bereits weiterführende Vorstellungen hinsichtlich der Farbentstehung hat. Seiner Auffassung nach wird das Licht, welches auf eine Wand trifft nach dem Reflexionsgesetz gespiegelt. Dies lässt auf eine Vorstellung von Reflexion an der Spiegelwand schließen, nicht jedoch auf einen Streuvorgang.

Auch für Item 2 sollen an dieser Stelle vier sinnstiftende Zitate angeführt werden:

„Also, wenn da jetzt die Sonne ist (-) Und da (,) Das ist jetzt nicht so schön, aber wenn da die Wolken sind (,) Und da gehen jetzt viele Strahlen hin (-) Dann kommen da unten nur mehr weniger Strahlen raus (,) Also, ein Teil der Strahlen wird weggenommen sozusagen“

S: Und wie funktioniert da jetzt das Sehen?

b: Genauso wie vorher

S: Okay

b: Das verändert sich nicht

„Also, das Sehen verändert sich nicht (-) Egal bei welchen Umständen“

„Naja, je dunkler es wird, desto schwächer kann man sehen (,) Weil (-) Ja (-) Weil irgendwann einmal sind keine (,) Oder zu wenige Lichtstrahlen da (,) Und die sind dann halt zu schwach, als dass das Auge was sehen kann“

Der Sehvorgang ändert sich nicht gegenüber dem Item 1 und es gilt nach wie vor die S-E-V. Allerdings wirken sich Wolken auf die „Menge“ der Lichtstrahlen aus, da ein Teil der Lichtstrahlen von Sonne, welche auf die Wolken treffen „herausgenommen“ werden. Dadurch gelangen weniger Lichtstrahlen auf die Blume und alles erscheint dunkler. Was sich genau in den Wolken ereignet, konnte er nicht genauer darlegen.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Aufgrund der fehlenden Streuvorstellung an der Blume bei Item 1 lässt sich die Erklärung von Schüler b nach dem Kategoriensystem von Herdt der Kategorie 2 „Anwendung der S-E-V – ohne Hinweis auf die Streuung“ (Herdt 1990, S. 163) einordnen, gleichwohl seine Vorstellungen über deren Kategorie-Rahmen hinausgehen.

Für Item zwei ergibt sich das bekannte Problem, dass der konkrete Streuvorgang an den Wolken- oder Wassertröpfchen fehlt, jedoch ein Hinweis auf die Gründe für das „schwächere“ Licht gegeben ist. Daher muss die Vorstellung von Schüler b in die Kategorie 9 „sonstige oder fehlende Antworten“ (Herdt 1990, S. 174) eingegliedert werden.

Item 5

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer.

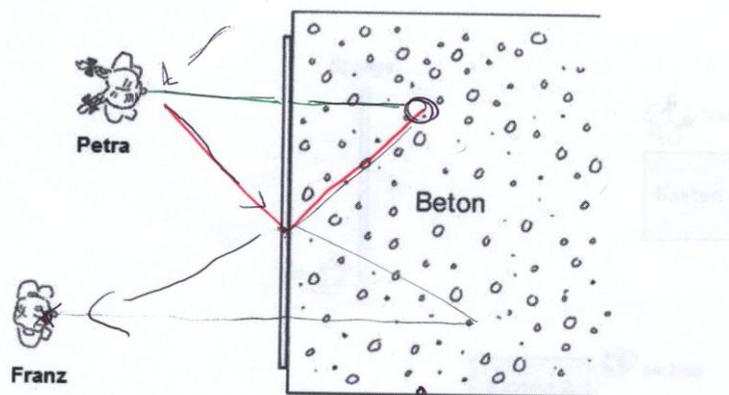


Abbildung 69: Ermittlung der Lage des Spiegelbildes durch geometrische Konstruktion

In der Abbildung 69 ist eine geometrisch richtige Konstruktion der Lage des Spiegelbildes dargestellt. Schüler b argumentiert, dass das Spiegelbild hinter dem Spiegel liegen muss, da das Licht den doppelten Weg nehmen muss. Dies entspricht einem Verdoppeln des Abstandes zwischen Gegenstand/Person zum Spiegel auf geradem Wege. Dadurch muss zwangsläufig derselbe Abstand hinter dem Spiegel gegeben sein.

b: [...] Auf wie viel Meter man das scharf stellen muss (-) Wenn man zwei Meter von dem Spiegel entfernt steht und man selber sein Spiegelbild fotografiert, dass man dann nicht auf zwei Meter, sondern auf vier Meter scharf stellen muss

S: Okay (-) Und warum ist das so? (,) Also, warum muss ich auf vier Meter scharf stellen?

b: Weil das Spiegelbild, wenn ich das jetzt fotografier (-) Ist ja nicht auf dem Spiegel, sondern das ist ja (-) Eigentlich (-) Das [Anmerk. Der Spiegel] reflektiert das nur. (,) Deswegen geht der (,) Das Licht geht zu mir, wird dort zurückgespiegelt (,) Auf dem Spiegel und kommt wieder zurück und da ist halt dieser Weg hin und her.

S: Okay (,) Und du hast gemeint, dass das Spiegelbild nicht am Spiegel liegt

b: Nein, das entsteht dann in den Augen oder halt in der Kamera, dort wo das Licht aufgefangen wird und dann halt zu einem Bild umgewandelt wird (-) Ja, der Spiegel reflektiert das nur.

Auf seine eigene Art und Weise erklärt er damit die Spiegelsymmetrie und die Lage des Spiegelbildes. Sein Argument, dass das Bild im Auge entsteht ist prinzipiell richtig, jedoch handelt sich bei einem virtuellen Bild um eine physikalische Abbildung, welche „*allein aufgrund des Strahlenverlaufs an der Grenzfläche des abbildenden optischen Systems erfolgt*“ (Jung 1985b in Herdt 1990, S. 46). Somit ist der Abbildungsvorgang für das Verständnis eines virtuellen Bildes essentiell und eine bloße Reduzierung auf das Entstehen des Bildes auf der Netzhaut physikalisch unvollständig.

Einen wichtigen Punkt führt der Schüler b in zwei Zitaten an: „*Der Spiegel reflektiert ja nur*“. Für ihn scheint die Reflexion an der Grenzfläche des Spiegels verständlich zu sein und dadurch lokalisiert er auch nicht das Spiegelbild auf der Spiegeloberfläche.

Die Lage des Spiegelbildes konstruiert er aus rein geometrischen Überlegungen, weshalb eine physikalisch korrekte Verknüpfung zwischen Reflexionsgesetz und Spiegelbild ausbleibt.

S: Okay (-) Warum hast du den Strich jetzt so eingezeichnet von dem Punkt zum Kreis hin?

b: Weil das sind da halt jetzt diese vier Zentimeter, die von da bis daher gehen.

S: Aha (,) Also, so quasi (,) Das mach ich mir jetzt farbig (-) Diese beiden roten Striche, die haben die gleiche Länge

b: Genau, ja

S: Und deshalb liegt das da hinten (-) Okay

b: Die zwei da auch

S: Okay (-) Und deshalb muss das Spiegelbild da hinten erscheinen

b: Genau, ja

Die beiden rot gehaltenen Striche sind gleich lang und auch die beiden grünen Linien. Damit wendet er in richtiger Weise die Spiegelsymmetrie an, um sich die Lage des Spiegelbildes zu konstruieren. Der Strahlenverlauf des reflektierten Strahles wird nicht weiter berücksichtigt und die damit verbundene Erkenntnis, dass der Beobachter und das Spiegelbild entlang dieses reflektierten Strahlen auf einer Gerade liegen, unterbleibt. Das Spiegelbild von Franz konstruiert er sich gleichsam mittels Spiegelsymmetrie.

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Die eben dargebrachten Vorstellungen sind in die Kategorie 2(i)⁶⁷ einzuordnen. Der Schüler b ist sich der Achsensymmetrie des Spiegels bewusst und er weiß auch, dass das Spiegelbild unabhängig vom Beobachter an derselben Stelle liegt. Dies wird durch seine geometrische Konstruktion in Abbildung 69 deutlich, da er sowohl aus Sicht von Petra als auch aus Sicht von Franz durch die Geometrie zur selben Lage des Spiegelbildes gelangt. Außerdem erkennt er, dass der Abstand zwischen dem Ort der Reflexion und Petra sowie zwischen dem Reflexionsort und Franz nicht gleiche Länge besitzt und dadurch ergeben sich verschiedene Entfernungen der beiden Spiegelbilder zur Spiegeloberfläche. Darauf aufbauend erkennt er, dass die Gegenstandsweite und die Bildweite gleich sind, auch wenn er diese beiden Begriffe

⁶⁷ vgl. Herdt 1990, S. 288

im Interview nicht richtig zuordnen kann. Des Weiteren kann er das Reflexionsgesetz formulieren, da dies mehrfach während des Interviews zur Sprache kommt und er dies richtig mit der Gleichheit der Winkel erklärt. Allerdings lässt er bei der Konstruktion des Spiegelbildes den reflektierten Strahl gänzlich außer Acht, weshalb keine korrekte Verknüpfung zwischen dem Reflexionsgesetz und dem Spiegelbild hergestellt wird.

Item 6

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

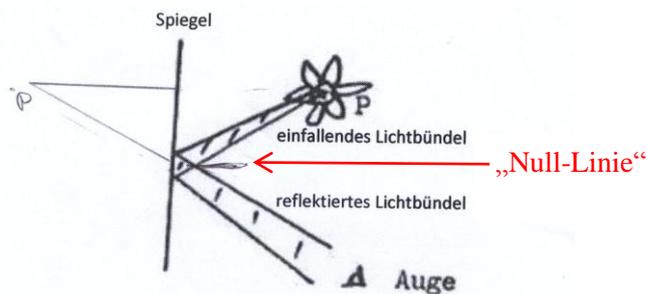


Abbildung 70: Lage des Spiegelbildes des Punkt P in der Blume anhand von geometrischer Konstruktion

Anhand dieses Beispiels erklärt Schüler b erneut das Reflexionsgesetz:

„Also, da ist halt jetzt (-) Ahm (,) Da sieht man jetzt wieder schön, dass (,) Ahm (,) Mit dem Reflexionsgesetz, dass da (,) Diese Null-Linie ist und da da und da da genau dieselben Winkel“

Die besagte „Null-Linie“ ist in Abbildung 70 mittels Pfeil markiert. Auch bei diesem Item konstruiert Schüler b das Spiegelbild geometrisch, in dem er als Bezugspunkt die „Mitte“ zwischen den beiden Randstrahlen des divergierenden Bündels auf der Spiegeloberfläche heranzieht. Allerdings verlängert er auch in diesem Fall nicht bewusst das reflektierte Bündel. Die Darstellung mittels divergierender Lichtbündel ist seiner Ansicht nach sinnstiftend:

Ja, weil man bei Lichtstrahl einfach (,) Extrem viele einzeichnen müsste (-) Einfach Lichtbündel (,) Die werden auch größer, weil Lichtbündel (,) Ist ein Lichtkegel eigentlich, der wird ja nicht (,) Der bleibt ja nicht wie ein Strahl, sondern der wird immer breiter

Vergleich mit den Kategorien von Herdt (1990):

Bei diesem Item erfolgt die gleiche Kategorisierung wie zuvor beim Item 5.

4.4 Zusammenfassende Charakterisierung der Interaktionen und Akteure

In diesem abschließenden Abschnitt wird der gewonnenen Daten eine zusammenfassende Charakterisierung der einzelnen Gruppen hinsichtlich ihrer Interaktionen und der Akteure vorgenommen.

4.4.1 Gruppe 1: t₁, t₅, a

Charakteristik der Gruppe:

Aufgrund der in 4.2.2 dargestellten Ergebnisse und den Beobachtungen aus den Videos kann folgende „Vernetzung“ der Interaktionen gewonnen werden, welche in Abbildung 71 visualisiert wird.

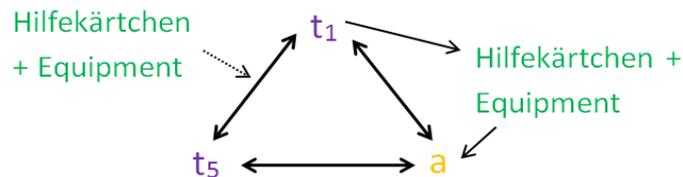


Abbildung 71: Interaktionen zwischen den beteiligten Schüler/innen und beeinflussende Faktoren

In dieser Gruppe fand ein sehr intensiver Kontakt zwischen den beiden Tutoren t₁ und t₅ statt, da diese sich des Öfteren bezüglich der Reihenfolge der Beispiele und über physikalische Inhalte beratschlagten. Zwischen den Tutoren und ihrer Tutee a gab es ebenfalls einen intensiven Kontakt, wobei dieser stark in Form von Anleitungen oder Erklärungen gegeben war. Prinzipiell interagierte t₁ in einem stärkeren Ausmaß mit Tutee a, da t₅ von seiner Persönlichkeit her eher introvertiert ist und sich selbst auch als „verschlossen“⁶⁸ beschrieb. Allerdings fand auch zwischen t₅ und a ein intensiver Kontakt beim Erklären statt. Der folgende Ausschnitt aus dem Tutoring-Transkript stellt diesen Sachverhalt dar:

t₅: Also (-) Der Spiegel ermöglicht, dass das Reflexionsgesetz (-) Das Licht trifft jetzt von dem so

a: Ja

t₅: So da drauf. (-) Und das ermöglicht es dir (--) Wenn du da vorne drauf schaust, dann kannst du das dadurch sehen.

a: Ja

t₁: Und wenn jetzt ein Alupapier (-) Das reflektiert ja auch

a: Ja.

t₁: Aber durch diese ganzen kleinen Wellen und Dippeln (-) ähm

t₅: Wird das so zerstreut

t₁: Wird es zerstreut. (-) Mit einem Papier, da ist das genauso. (-) Das reflektiert im Prinzip auch, nur dadurch, dass die Oberfläche rau ist, wird's nicht zerstreut (-) Dadurch siehst du nur das Papier. [hält dabei auch ein Papier in der Hand]

Außerdem ist bei dieser Sequenz auch erkennbar, dass die beiden Tutoren grundsätzlich freie Formulierungen verwenden.

Die Kommunikation zwischen t₁ und t₅ wird zum Teil durch die Hilfkärtchen (Arbeitskärtchen) und dem Equipment beeinflusst, da die Gespräche beispielsweise von dem Einsatz eines Versuches oder die korrekte Durchführung handelten. Die Kommunikation zwischen t₁ und Tutee a wird stark durch die Hilfkärtchen (Arbeitskärtchen) und dem Equipment dominiert, da t₁ seine Tutee stark anleitete, wobei er dies in freien Formulierungen und variabler Reihenfolge durchführte. Für die Interaktion zwischen Tutor t₅ und seiner Tutee

⁶⁸ im Abschlussinterview

a spielten diese Dinge kaum eine Rolle, da t₅ hauptsächlich ergänzende Erklärungen einbrachte und vieles durch Gestik veranschaulichte.

Charakterisierung der Schüler/innen:

Schüler t₁

- Er fühlte sich im Tutoring hinsichtlich seiner fachlichen Kompetenzen sicher, fühlte sich jedoch „neutral“ („*Es war auf jeden Fall besser als normaler Unterricht*“)
- Die Beispiele waren zu einfach und immer dieselben (mangelnde Herausforderung):
- Bei seinen Versuchsanleitungen hielt er sich an folgendem Dreischritt: Anleiten – Ausprobieren – Erklären
- Das Projektdesign gefiel ihm aber sehr gut: „*Wenn man etwas selber tut, merkt man sichs besser*“
- Er bereitete sich im Mentoring kaum vor, da er die Beispiele als zu leicht empfand.
- Er improvisierte im Tutoring und stellte frei formulierte Fragen: Er variierte die Reihenfolge und besprach beispielsweise bereits bei Versuch 3 die Lage des Spiegelbildes. Auch stellte er für Versuch 4 eine Kuh vor den Spiegel, damit seine Tutee ein Objekt zum Orientieren hatte.
- Er verwendete nie die Lösungen auf der Rückseite der Arbeitskärtchen.
- Er verwendete sowohl im Tutoring als auch in den Interviews fachlich korrekte Ausdrücke: Zerstreuung, Absorbieren, Wellenlänge
- Seine Vorstellungen sind der Kategorie „deep structure“ (Niedderer 1996) zuzuordnen und ändern sich während der Interviewreihe kaum.
- Im Tutoring war er „*ein bisschen*“ eine Lehrperson, weil er was beigebracht hat

Schüler t₅

- Er fühlte sich in der Rolle des Tutee wohler, „*weil ich lieber was lern als was erklär*“.
- Aufgrund der vorgeführten Videosequenz schätzte er sich selbst als „*verschlossen*“ ein.
- Er bereitet sich im Mentoring nicht sehr intensiv vor (sein Kollege scheint ihn oft abzulenken), hört jedoch bei allgemeinen Erklärungen aufmerksam zu.
- Er erschien zu den Tutorings und dem Mentoring hinsichtlich des Schreibmaterials und Zeichenmaterials gut ausgestattet.
- Während des Tutorings griff er immer wieder „ergänzend“ ein (Ein Beispiel bildet das Zitat auf der vorigen Seite, wo er t₁ das Wort *zerstreuen* in Erinnerung ruft).
- Er stellte frei formulierte Fragen und liest nichts von den Arbeitskärtchen ab.
- Er verwendete nie die Lösungen auf der Rückseite der Arbeitskärtchen.
- Er verwendete fachlich korrekte Ausdrücke: Zerstreuung, Reflexionsgesetz

- Seine Vorstellungen sind der Kategorie „deep structur“ (Niedderer 1996) zuzuordnen und unterliegen während der Interviewreihe kaum Änderungen.
- Seiner Ansicht nach war er keine Lehrperson, da die Gruppe zu klein war („*Da nimmt mans nicht so wahr*“)

Schülerin a

- Sie fühlte im Tutoring ihrer Einschätzung nach „gut“ und hat auch zugehört.
- Die Versuche „*waren interessant*“, da „*man ja doch was neues lernt*“.
- Ihre Körperhaltung wirkt introvertiert und wenig motiviert.
- t_1 und t_5 gelang es nicht wirklich, einen intensiven Draht zu ihr aufzubauen und sie auf ihrem Wissensstand „abzuholen“. Sie erinnert sich im Abschlussinterview an wenige Erklärungen.
- Während der Interviews bildete sie ad hoc Vorstellungen und zeigt kaum tiefgreifende Vorstellungen.
- Die schätzte ihre Tutoren als „*wissend*“ und in ihren Kompetenzen „*sicher*“ ein.
- Ihrer Meinung nach waren die meisten Erklärungen für sie verständlich („*Ich hätt ja sonst nachgefragt, wenn ich 's nicht verstanden hätt.*“).
- Ihre beiden Tutoren waren Lehrpersonen, weil sie ihr etwas erklärt und nachgefragt haben, ob sie alles verstanden habe.

4.4.2 Gruppe 2: t_3 , t_4 , b

Charakteristik der Gruppe:

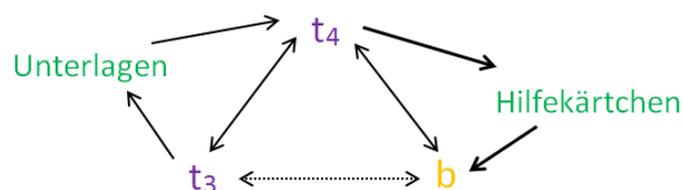


Abbildung 72: Interaktionen zwischen den beteiligten Schüler/innen und beeinflussende Faktoren

In dieser Gruppenkonstellation fand die Interaktion hauptsächlich zwischen t_4 und dem Tutee b statt und diese wurde maßgeblich durch die Hilfekärtchen (Arbeitskärtchen) beeinflusst. Die Tutorin t_4 leitet Tutee a sehr stark nach den Arbeitskärtchen an und verwende sehr häufig die Lösungen. Folgendes Zitat veranschaulicht diesen Umstand:

t_4 : Das ist richtig. (--) Hm (-) Also, der Abstand soll vom Spiegel zum Stift und der Kappe gleich sein.

b: Genau.

t_4 : Genau. Okay. Und (-) Aber das bedeutet, dass Bildweite ist gleich Gegenstandsweite.

b: [nickt] Mhm.

In dieser Sequenz bestätigt t_4 die Richtigkeit seiner Antwort und liest anschließend die formulierte Lösung von der Rückseite vor, ohne jedoch auf diese einzugehen. Bei den

Begriffen Bildweite und Gegenstandsweite hätte es tatsächlich Klärungsbedarf gegeben, da Tutee b eine falsche Vorstellung zu diesen Begriffen besitzt, auch wenn er das im Tutoring nicht verbalisiert. Außerdem geht Tutorin t₄ nicht auf fehlende Vorstellungen ein, was auf ein Fehlen dieser Vorstellungen ihrerseits bedeuten könnte:

Beim Reflexionsgesetz:

t₄: Okay (-) Hast keine Ahnung

b: Nein, hier nicht.

t₄: Keine Ahnung.

b: Keine Ahnung

t₄: Ja

b: Echt keine Ahnung.

t₄: Also, was vertauscht der Spiegel?

Anstatt eine Klärung vorzunehmen, wechselt sie das Thema. Außerdem dürfte sie in der Situation tatsächlich keine Erklärung parat gehabt haben, da sie zu einem späteren Zeitpunkt eine Betreuungsperson nach der Erklärung für das Reflexionsgesetz fragt.

Die Kommunikation zwischen der Tutoring t₃ und dem Tutee ist auf ein Minimum reduziert. Der folgende Ausschnitt stellt eine Situation dar, in der diese Zurückhaltung möglicherweise begründet wird:

t₃: Wieso? Muss das immer Drei (.) Sieben ergeben?

t₄: Ja.

t₃: Ich dachte Sechs.

b: Naja, dann hätt ich, wenn ich da auf der einen Seite Sechs wär, dann müsst auf der anderen Seiten Null sein.

t₃: Stimmt. Okay (--). Ich bin ja voll die Blöde

Der Tutee b war der Tutorin t₃ möglicherweise bei dieser Thematik kognitiv überlegen. Vielleicht war dies ein Grund für ihre eher passive Haltung. Im Interview meinte sie, dass er manchmal „ein bisschen mehr gewusst hat als wir“ und dass ihre Zurückhaltung aufgrund von einer leichten Unsicherheit und Bequemlichkeit („Ich hab sie reden lassen einfach (.) das hat es gepasst so“) entstanden sein könnte.

Die Kommunikation zwischen den beiden Tutorinnen war sehr stark auf Gespräche abseits der Tutoringinhalte beziehungsweise auf das Überprüfen mittels Unterlagen fokussiert. Auch in Kapitel 4.2.2 war ersichtlich, dass die Tutorin t₃ kaum über Inhalte des Tutorings sprach und auch bei t₄ war dieser Anteil sehr hoch. Das folgende Zitat aus dem Tutoring veranschaulicht diese Einschätzung:

t₄: Schau nach!

t₃: Was?

t₄: Schau nach, obs richtig ist.

b: Also, der ist richtig, weil der ist genau gleich weg.

t₃: Ich schau nach

b: Also es muss immer genau die gleiche Entfernung haben.

In einer ähnlichen Situation kann t₄ ihrer Kollegin auch ohne Unterlagen weiterhelfen:

t₄(leise zu t₃): Was ist das Reflexionsgesetz?

t₃: Was? (--) Das ist das irgendwie, wenn so das Licht reinkommt, dann kommt unter einem bestimmten Winkel wieder zurückkommt (-) *Das ist das Reflexionsgesetz*

Aus diesen Gründen läuft die Interaktion zwischen den beiden Tutorinnen hauptsächlich mittels Unterlagen ab.

Charakterisierung der Schüler/innen:

Es folgt nun eine Charakterisierung der beteiligten Schüler/innen basierend auf den Datenmaterial aus der Videographie und den Interviews.

Schülerin t₃

- Sie wird von ihrer Kollegin t₄ als „*besser in Physik*“ eingestuft.
- Im Mentoring bearbeitete sie einen Teil der Aufgaben und bittet dabei t₁ um Rat. Bei den allgemeinen Erklärungen schreibt sie mit.
- Sie wirkte in beiden Tutoringprozessen inaktiv
- Sie hat sich „*nicht so sicher, aber auch nicht so unsicher*“ im Tutoring gefühlt.
- Sie meldete sich im Tutoring kaum zu Wort, mit Ausnahme der Erklärung des Reflexionsgesetzes
- Ihre Vorstellungen in den Interviews sind häufig „*current construction*“ (Niederderer 1996) mit Ausnahme ihres Verständnis vom Reflexionsgesetz, welches sich seit ab dem Tutoring 7AHS/4AHS kaum ändert und ihr von ihrem Tutor als wichtigste Botschaft mitgegeben wurde.
- Sie fühlt sich nicht als Lehrperson, „*aber es war ja eher so wie Freunde untereinander*“. Außerdem wird eine Lehrperson „*respektvoller behandelt*“.
- Schüler wissen weniger als Lehrperson, deshalb bezeichnet sie Tutee b nicht als Schüler.

Schülerin t₄

- Sie legt Wert auf gute Noten und empfand das Tutoring als gleichwertig zum normalen Unterricht hinsichtlich des Verständnisses. („*Aber ich tu mich auch eher leicht in der Schule*“)
- Sie geht sehr zielorientiert vor und weiß, dass sie diese Noten durch Auswendiglernen erreichen kann und wendet dies auch bei den adressierten Vorstellungen an (Ausbreitung von Licht: „*Das würd ich auswendig lernen*“). Durch ihre Zielorientiertheit, wirkt es, als wolle sie die Versuche im Tutoring und die Items beim Abschlussinterview „*abarbeiten*“.

- Sie verfügt über geringes fachliches Wissen („*Nein, das ist nicht mein Fachgebiet: Physik*“), ist allerdings überzeugt alles verstanden zu haben. Wenn sie eine Vorstellung im Interview nicht erklären kann meint sie: „*Es ist schon ein bisschen länger her und da waren (-) Sehr viele Tests und Schularbeiten*“ und „*Da müsst ich das lernen, bevor ich was ergänzen könnte*“.
- In den Interviews gibt sie zu, wenn sie etwas nicht weiß. Im Tutoring wirkt es, als würde sie dies Überspielen, da sie alle bei allen Beispielen die Lösungen verwendet und nicht auf die Vorstellungen ihres Tutee eingeht (Reflexionsgesetz!).
- Sie bereitete sich nicht auf das Tutoring vor, da sie sich beim Tutoring mit der 7AHs bereits Notizen auf die Zettel geschrieben hat. Sie verlässt sich daher auf die Unterlagen und schreibt im Mentoring erst nach Aufforderung mit.
- Sie konnte beim Tutoring anscheinend nicht flexibel agieren und „klebte“ sozusagen an diesen Unterlagen.
- Sie sieht sich nicht als Lehrperson, sondern als Nachhilfelehrerin, da man sich hierbei „*auf die eine Person*“ konzentriert und „*auf die Schwächen eingeht, was sie noch nicht kapiert hat*“.

Schüler b

- Dieser Schüler war beim Steuergruppentreffen dabei und erhielt dadurch einen Informationsvorsprung.
- Er fühlte sich im Tutoring sehr sicher und hat auch laut seinen Tutorinnen „*alles gewusst*“.
- Er konstruierte sich im Tutoring nur durch Zuhören des Gesprächs zwischen seinen Tutorinnen und der Betreuungsperson eine Erklärung für das Reflexionsgesetz. Er übernimmt auch für ihn sinnvolle Fachausdrücke (Beispiel „zerstreuen“ beim Tiefeninterview nach dem Tutoring).
- Er weist auch weiterführendes Wissen auf und erklärt beispielsweise das Beispiel 6 mittels 3D-Kamera-Technik.
- Er hat eine sehr komplexe und ausgereifte Vorstellung zur Lage des Spiegelbildes (vgl. Kapitel 4.3.2), wurde jedoch im Tutoring nie danach gefragt.
- Er bezeichnete seine Tutorinnen als „*nette Menschen, die viel gewusst haben*“.
- Für ihn waren t_3 und t_4 keine Lehrpersonen, da ein freundschaftlicher Umgang vorherrschte, es Spaßig war und sie vom Alter her ihm näher waren als eine Lehrperson.
- Seiner Meinung nach machen Lehrpersonen alles nach Vorschriften, wodurch es weniger Spaßig ist.

5. Interpretation der Ergebnisse

5.1 Entwicklung der Vorstellungen der Tutoren/innen und Tutees

In diesem Abschnitt werden die Vorstellungen der Schüler/innen zu Beginn der Interaktionen mit jenen aus dem Abschlussinterview verglichen.

5.1.1 Vorstellungen der Schüler/innen der 4AHS

Spiegelbild und Reflexionsgesetz bilden hierbei zwei unterschiedliche Themen, da bei keinem/r Schüler/in eine Verknüpfung zwischen diesen beiden stattfand.

Schüler t₁

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Es muss eine Lichtquelle vorhanden sein, aber ob die einen Gegenstand beleuchten muss, damit man ihn sieht, weiß er nicht. Das Licht fällt auf den auf den Spiegel und prallt von dort ab und fällt ins menschliche Auge.	Licht von einer Lichtquelle trifft auf einen Gegenstand und wird von dort ins Auge reflektiert. (S-E-V)
Spiegelbild	Das Spiegelbild liegt auf der Glasplatte. Die Reflexion liegt am Spiegel. Rechts und links werden vertauscht.	Das Spiegelbild entsteht auf der Spiegeloberfläche, aber man sieht es hinter dem Spiegel. Vorne und hinten wird vertauscht.
Reflexionsgesetz	Keine Vorstellung	Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel.

Tabelle 6: Vorstellungen von Schüler t₁

Die Vorstellungen zum Sehvorgang äußert t₁ nach dem Mentoring, in dem das dort besprochene Beispiel mit Legostein mit einem Stift adaptiert:

t₁: Also, wir brauchen eine Lichtquelle, in dem Fall die Lampe (,) Das fällt jetzt sagen wir mal auf den Stift (-) Und der Spiegel reflektiert Licht, weil jeder Körper reflektiert Licht

S:Mhh

t₁:Der wirft das Licht auf den Spiegel, aber eigentlich in alle Richtungen

S:Okay

t₁: Aber es fällt natürlich auch auf den Spiegel, und vom Spiegel prallt es ab und dadurch, dass der Spiegel so glatt ist (-) Ahm(--) Sehe ich den Stift im Spiegel

Die Vorstellung zur Lage des Spiegelbildes hat sich teilweise umgedeutet. Der Schüler t₁ ist überzeugt, dass das Spiegelbild am Spiegel entsteht⁶⁹, aber hinter dem Spiegel gesehen wird. Dies hat er erst nach dem Mentoring aufgrund der Tafelskizze verstanden:

t₁:Also das Spiegelbild entsteht immer genauso weit hinter dem Spiegel wies vorm Spiegel ist.

S:Aso das heißt da muss man hinter dem Spiegel auch noch was zeichnen?

T:Genau.

S:Haben bei dir die Skizzen zum Verständnis beigetragen?

T:Ja, ja vor allem diese hier!

⁶⁹ Diese Vorstellung könnte durch seinen Tutee-Kollegen t₂ im Tutoring mit der 7AHS beeinflusst worden sein, da t₂ zur Lage des Spiegelbildes meinte: „Aber in Wirklichkeit liegt's auf der Spiegeloberfläche“

Ebenfalls nach dem Mentoring erklärt t_1 erstmalig, dass der Spiegel nur vorn und hinten vertauscht. Davor argumentierte er immer, dass auch links und rechts vertauscht werden müsse, da seine „linke“ Hand im Spiegel die „rechte“ ist. Hierbei fand eine Identifizierung mit dem Spiegelbild statt.

Schülerin t_3

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Es muss eine Lichtquelle vorhanden sein, denn wenn es dunkel ist, sieht man nichts.	Licht von einer Lichtquelle trifft auf einen Gegenstand und wird von dort ins Auge reflektiert. (S-E-V)
Spiegelbild	Das Spiegelbild liegt auf dem Glas und ist real. Rechts und links werden vertauscht.	Das Spiegelbild liegt hinter dem Spiegel, allerdings ist Bildweite ungleich Gegenstandsweite. Der Spiegel vertauscht vorne und hinten.
Reflexionsgesetz	Keine Vorstellung	Ein Gegenstand wirft das Licht im selben Winkel wieder weiter.

Tabelle 7: Vorstellungen von Schülerin t_3

Die Sender-Empfänger-Vorstellung hat sich t_3 offensichtlich während des Mentorings mit der 4NMS erworben, da sie davor im Mentoring meint:

„Wenn es dunkel ist, dann sieht man nichts“

Im Tiefeninterview nach dem Mentoring äußert sie bereits die korrekte Sender-Empfänger-Vorstellung. Außerdem ist ihr im Mentoring auch die Zwischensender-Vorstellung bewusst geworden, da sie betont:

„Wenn Licht auf einen Legostein fällt, dann strahlt dieser Licht aus“

„Ein Körper strahlt Licht aus“

Die Lage des Spiegelbildes gibt t_3 bereits im Tiefeninterview nach dem Tutoring mit 7AHS bereits als hinter dem Spiegel liegend an:

„Das Spiegelbild geht hinter dem Spiegel weiter“

„So weit wie der Abstand vom Gegenstand zum Spiegel ist, müsst's hinter dem Spiegel weitergehen“

Im Tutoring mit der 7AHS meint t_3 noch, dass links und rechts vertauscht werden, jedoch gibt sie bereits im Tiefeninterview nach dem Tutoring die richtige Antwort *„vorne und hinten“*.

Die angeführte Formulierung des Reflexionsgesetzes (welches sie manchmal fälschlicherweise als *„Spiegelreflexgesetz“* benennt) erfolgt im Abschlussinterview. Davor war ihr bewusst, das *„ein Winkel“* von Bedeutung sei und:

„Das Licht, dass auf einen Spiegel fällt, kommt in einem bestimmten Winkel zurück“

Bis auf das Reflexionsgesetz haben sich die Vorstellungen von t_3 grundlegend verbessert.

Schülerin t₄

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Es muss hell sein.	Licht von einer Lichtquelle trifft auf einen Gegenstand und wird von dort ins Auge „reflektiert“. (S-E-V)/ Der Blick muss auf das Objekt gerichtet sein.
Spiegelbild	Das Spiegelbild entsteht, weil sich Teilchen mischen und in bestimmter Weise auftragen. Diese Teilchen befinden sich in der Glasplatte.	Das Spiegelbild liegt auf dem Spiegel.
Reflexionsgesetz	Keine Vorstellung	Das Licht wird zurückgeworfen und ein bestimmter Winkel ist wichtig.

Tabelle 8: Vorstellungen der Schülerin t₄

Die Umdeutung des Sehvorganges ereignete sich höchstwahrscheinlich nach dem Tutoring mit der 4NMS, da t₃ im darauffolgenden Interview die im Tutoring erhobene Vorstellung von ihrem Tutee b übernimmt:

„Sonnenlicht fällt auf die Netzhaut, dann kann man alles sehen [...] Man muss einen funktionierenden Sehapparat besitzen.“

Die korrekte S-E-V äußert sie erst im Abschlussinterview. Es kann sich somit um eine „current construction“ (Niedderer 1996) handeln, da die Erklärung mittels S-E-V nur in den Items 1 bis 4 richtig erfolgte. Im Kontext der Items 5 bis 7 konnte t₃ offensichtlich nicht auf die S-E-V zurückgreifen.

Dass das Spiegelbild auf den Spiegel liegt verbalisiert t₄ erstmalig im Abschlussinterview sehr selbstsicher. Im Tutoring mit der 4NMS, liest wobei sie die Lösung auf der Rückseite des Arbeitskärtchen zu Versuch 7 laut vor und ihre eigenen Vorstellungen beimengt:

t₄: [schaut auf Lösung] Das Spiegelbild des Stiftes scheint hinter dem Spiegel zu liegen.

b: Mhm [bestätigend]

t₄: Und (-) manchmal sagt man auch, dass es im Spiegel drinnen ist.

b: Ja.

t₄: Es ist hinter dem Spiegel (.) Es ist im Spiegel (-) Aber, das musst du dir jetzt nicht merken

Beim Abschlussinterview ist t₄ überzeugt, dass ihr Tutee b meint, das Spiegelbild liege am Spiegel:

S: Wo liegt jetzt das Spiegelbild? (-) Was würdest du sagen?

t₄: Auf der Oberfläche

[...]

S: Gut (-) Ahm (-- Du hast gemeint, das muss er sich jetzt nicht merken

t₄: Ja

S: Findest du, ist das wichtig, dass man weiß, wo das Spiegelbild liegt?

t₄: Ja, aber er hats eh gwisst

S: Mhm (-) Okay

t₄: Also musste er sich nicht das genau merken

Tatsächlich meinte Schüler b während des Tutorings 4AHS/4NMS, dass das Spiegelbild in der Gegenstand „*genau gleich weit entfernt*“ sind von der Spiegeloberfläche.

Bezüglich der Spiegelsymmetrie erklärt t₄ in dem Interview nach dem Mentoring, dass „*vorne und hinten vertauscht*“ wird. Diese Vorstellung hält sich konsistent.

Das Reflexionsgesetz ist auch bei ihr mit Verständnisproblemen behaftet. Im Tutoring mit der 7AHS wiederholt sie einmal den Merksatz „*Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel*“, jedoch weiß sie im Tutoring mit der 4NMS nicht mit dem Begriff Reflexionsgesetz anzufangen. Sie fragt daher ihre Kollegin t₃ nach Rat.

Schüler t₅

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Der Spiegel reflektiert das Licht ins Auge.	Licht von der Sonne trifft auf die Blumen und wird von dort in Claudias Augen hineinreflektiert. (S-E-V)
Spiegelbild	Das Spiegelbild liegt vor dem Spiegel. Der Spiegel vertauscht rechts und links.	Das Licht wird am Spiegel gemäß der Reflexionsgesetzes reflektiert und das Spiegelbild befindet sich hinter dem Spiegel auf einer Geraden mit dem Ort der Reflexion. Die Gegenstandsweite ist gleich der Bildweite. Vorne und hinten werden vertauscht.
Reflexionsgesetz	Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel	Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel

Tabelle 9: Vorstellungen des Schülers t₅

Der Schüler t₅ verbalisierte die Sender-Empfänger-Vorstellung erstmalig nach dem Mentoring, bei dem der Sehvorgang explizit angesprochen wurde, in korrekter Weise. Die Notwendigkeit, dass Licht ins Auge treffen muss, war ihm bereits im ersten Leitfadenterview bewusst. Das Konzept der primären und sekundären Lichtquellen wird bei t₅ erstmalig im Tiefeninterview nach dem Tutoring mit der 7AHS geäußert.

Bereits im Tiefeninterview nach dem Tutoring mit der 7AHS lokalisiert t₅ den Ort des Spiegelbildes als hinter dem Spiegel liegend. Allerdings stellte sich erst beim Abschlussinterview durch die Items heraus, dass es hinter dem Ort der Reflexion liegt. t₅ gibt in seinen Skizzen die Gegenstandsweite und die Bildweite gleich groß an, nur der Ort des Spiegelbildes liegt falsch.

Beim Reflexionsgesetz fand kein Lernprozess statt, sich die Vorstellung nicht mehr verändert hat und auch keine Verknüpfung mit dem Spiegelbild hinzugekommen war.

5.1.2 Vorstellungen der Schüler/innen der 4NMS

Schülerin a:

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Es gibt keine Situation, in der man nicht sehen könnte. Man braucht nur das Auge.	Das Sonnenlicht strahlt auf einen Gegenstand und der Blick muss auf diesen gerichtet sein.
Spiegelbild	Das Spiegelbild liegt in der Mitte und vor dem Spiegel. der Spiegel vertauscht links und rechts.	Das Spiegelbild liegt auf der Spiegeloberfläche (gegenüber von dem Gegenstand/der Person).
Reflexionsgesetz	Keine Vorstellung	Keine Vorstellung

Tabelle 10: Vorstellungen der Schülerin a

Diese Schülerin hatte nur sehr wenig ausgeprägte Vorstellungen zum Thema Spiegel und Sehen.

Nach dem Tutoring 4AHS/4NMS argumentierte sie bereits damit, dass Licht auf einen Körper fallen muss, um ihn zu sehen. Allerdings hat sie keine Sender-Empfänger-Vorstellung. Im Abschlussinterview zieht sich sehr konsequent die Vorstellung des gerichteten Blickes durch die Bearbeitung der Items.

Zur Lage des Spiegelbildes meint sie im Tutoring, dass das Spiegelbild „am Spiegel“ liegt. Dieser Meinung ist sie bis zum Abschlussinterview treu geblieben. Allerdings konnte aufgrund der Items gezeigt werden, dass die Lage auf der Spiegeloberfläche nicht konsistent gleich ist: Bei Item 5 liegt das Spiegelbild gegenüber von Petra und Franz. Bei Item 6 mit der Blume liegt deren Spiegelbild am Ort der Reflexion. Möglicherweise beeinflusst bei Item 5 die alltägliche Erfahrung, dass man das eigene Spiegelbild stets direkt vor sich sieht.

Bezüglich des Reflexionsgesetzes ergaben sich keine Veränderungen.

Schüler b:

Thema	Vor dem CAPT	Nach dem CAPT
Sehvorgang	Lichtstrahlen werden überallhin reflektiert, jene, die ins Auge treffen sieht man.	Licht trifft auf Gegenstände und wird dort reflektiert in unser Auge. (S-E-V)
Spiegelbild	Das Spiegelbild liegt in den Augen drinnen. Auf dem Spiegel legt theoretisch kein Spiegelbild.	Das Spiegelbild entsteht in den Augen. Es erscheint hinter dem Spiegel. Der Spiegel reflektiert nur. Vorne und hinten werden vertauscht.
Reflexionsgesetz	Keine Vorstellung	Das Licht, welches auf einen Spiegel auftrifft, wird im gleichen Winkel zu der Null-Linie auf die andere Seite zurückgeworfen.

Tabelle 11: Vorstellungen des Schülers b

Der Schüler b war beim Steuergruppentreffen zu Wintersemesterbeginn anwesend, was sich auch positiv auf seine Vorstellungen zum Sehen und zum Spiegel ausgewirkt haben könnte. Jedoch bringt er immer wieder weiterführende Beispiele in seine Erklärungen ein, welche er nicht beim Steuergruppentreffen in Erfahrung gebracht haben konnte (Bsp.: 3D-Kameras zur Erklärung des Beispiel 7, Streuung von Licht am Laser).

Seine Vorstellungen unterlagen während dem Tutoringprozess keiner herausragenden Änderung, mit Ausnahme des Reflexionsgesetzes. Dieses erklärte er sich ad hoc aufgrund des Zuhörens bei einem Gespräch selbst:

b: Ja (-) Äh. Dass wenn jetzt hier zum Beispiel einer steht [zeichnet die Skizze] (--) und der so in den Spiegel schaut

t₄: Mhm [zustimmend]

b: Und das da im gleichen Winkel (-) so (-) Zum Beispiel, wenn da jetzt [unverständlich, 1Sek.] ist, würde das genau da wieder zurückgeworfen.

t₄: Mhm [zustimmend]

b: Und dann kann er den da sehen, wenn der da steht. (--) Den kann er zum Beispiel sehen, auch wenn da da jetzt eine Wand wär zum Beispiel. (-) Könnte er ihn trotzdem sehen durch den Spiegel.

Obwohl er anfänglich „keine Ahnung“ hatte, ist diese spontan entstandene Vorstellung sehr umfangreich. Die Erklärung mittels Wand weicht in den darauffolgenden Erklärungen einer „Null-Linie“ von der aus die Winkel gemessen werden. Prinzipiell erkannte Schüler b bereits im Tutoring die Gleichheit der Winkel.

5.2 Rollenverständnis der Tutoren/innen und Tutees

Im folgenden Abschnitt wird das erwartete Rollenverständnis und die tatsächliche Empfindung der Schüler/innen Betrachtung finden. Die Aussagen stammen alle aus dem Interview vor dem Tutoring und dem Abschlussinterview.

Erwartungen vor dem Tutoring 4AHS/4NMS

Schüler/in	Erwartung hinsichtlich der Rolle im Tutoring: Fühlst du dich als Lehrperson? Was möchtest du besonders gut machen?
t ₁	„Vielleicht ein bissl (-) Weil ich ihm eh eigentlich was zeig und was andres ist Lehren ja nicht (-) Das kann jeder machen, der sich mit was auskennt“ „Ich glaub, dass wenn man sich längere Zeit mit was beschäftigt es besser kann, aber es kann auch ein Lehrer was schlecht machen.“
t ₃	„Nein (-) Ich weiß nicht (-) Nein, nicht als Lehrperson (-) Als Erklärer“ „Eine Lehrperson ist ein Professor oder ein Lehrer halt“ „Ich will es gut erklären, dass sie alles oder fast alles erklären können“
t ₄	„Ja, irgendwie schon, oder? Das ist ja auch der Sinn der Sache (-) Ja sicher, weil wir dort ja auch was lehren, deshalb sind wir auch eine Lehrperson (-) daher auch der Begriff Lehrperson“
t ₅	„Eigentlich nicht wirklich“ „So aus Spaß bissl was lehren, nicht so wie Schule, wo man was lernen muss, sondern so nebenbei“ „In der Schule macht man halt nicht so viele Experimente, da schaut man sich das nur an“

Tabelle 12: Erwartungen hinsichtlich der Rolle im Tutoring

In Tabelle 12 sind die Antworten der Schüler/innen auf die Frage, ob sie im Tutoring eine Lehrperson sein werden dargestellt. Keiner der Beteiligten stimmt dieser Frage mit einem klaren „Ja“ zu. Die beiden Schüler/innen t₁ und t₅ stellen die Funktion des „Lehrens“ in den Mittelpunkt, weshalb diese sie die Fragestellungen zumindest teilweise bejahen.

Die zukünftigen Tutees der 4NMS haben bezüglich ihrer Tutoren/innen keine konkreten Erwartungen. Für die Schülerin a gibt es Lehrpersonen an der Universität und in der Schule, vielleicht auch woanders, aber diesbezüglich kann sie kein Beispiel nennen. Schüler b vertritt die Meinung, „*dass jeder eine Lehrperson sein kann*“, solange er eine Fähigkeit besitzt, mit der er anderen etwas beibringen kann.

Einschätzungen zum Rollenverständnis nach dem Tutoring 4AHS/4NMS

Gruppe 1:

Schüler t₁

- Er war vielleicht „*ein bissl*“ eine Lehrperson: „*Also, ich hab so das Gefühl, weil man zeigt dem Anderen was, dann ist man eine Lehrperson*“
- Als Tutor hat er sich „*neutral*“ gefühlt, aber es war besser als normaler Unterricht.
S: *Ist dies eine effizientere Art zu lernen?*
t₁: *Ja, find ich schon!*
- Seine Einschätzung von Tutee a: „*Ja, sie war neutral, sie hat sich alles angeschaut (,) Hat sich alles gemerkt und hat gscheit mitgemacht*“

Schüler t₅

- Er hat sich als vollwertige Lehrperson gefühlt, „*weil's nicht wirklich eine große Gruppe war*“. Ergänzend fügt er hinzu: „*Eigentlich ist man schon ein Lehrer, weil man ja was beibringt. Aber, weil's viel persönlicher is, kommt's einem nicht so sehr vor.*“
- Seiner Einschätzung nach, wurde er von seiner Tutee als Lehrperson wahrgenommen, „*weil sie's gewohnt sind, dass halt immer der Lehrer ihnen alles erklärt*“
- Er hat sich in der Rolle des Tutee wohler gefühlt, da „*ich lieber was lern als was erklär*“. Das Schwierige war hierbei das richtige Formulieren der Erklärungen. Ihm fällt es schwer die Dinge „*einfacher*“ zu schildern.
- In seiner Rolle als Tutor hat er sich jedoch „*sicher*“ hinsichtlich seiner Kompetenzen gefühlt auch seinen Kollegen schätzt er in diese Richtung ein.
- Seine Tutee a schätzt er wie folgt ein: „*Ich glaub, dass sie nicht unbedingt alles verstanden hat*“. Er meint sie habe etwas fragend gewirkt, aber er hofft, dass sie ausreichend auf ihre Bedürfnisse eingegangen sind.

Schülerin a

- Sie schätzt ihre Tutoren t₁ und t₅ als Lehrpersonen ein: „*Sie haben alles erklärt [...]* Und hin und wieder nachgefragt, ob ich's eh versteh und manchmal habens auch nicht gewusst, wies da jetzt weitergeht.“ Außerdem glaubt sie „*dass sie sich sicher war'n*“ hinsichtlich ihrer Kompetenzen.
- Der Tutor t₁ ist stärker auf sie eingegangen und hat ihr auch am Meisten erklärt.
- Eine Lehrperson muss „*wissenschaftlich oder so*“ geschult sein, um anderen etwas erklären zu können.

Gruppe 2:

Schülerin t₃

- Sie hat sich nicht als Lehrperson gefühlt. Gründe dafür könnten sein, dass Lehrpersonen „*respektvoller vielleicht behandelt werden*“
- „*Es war ja eher so wie Freunde untereinander und nicht eher wie Lehrperson und Schüler*“
- Ihren Tutee b schreibt sie nicht die Rolle eines „Schülers“ zu, weil „*er hat eher alles gewusst, also nicht Schüler, weil Schüler wissen das halt meistens nicht so genau*“
- Ihr persönlich war die Rolle der Tutorin lieber, „*weil da hab ich mich schon klüger gefühlt irgendwie, als wenn ich was erklärt bekomme*“

Schülerin t₄

- Sie hat sich als „*Nachhilfelehrerin*“ gefühlt. Als Lehrperson fühlt sie sich erst dann, wenn sie alleine „*zu Vierzehn anderen oder so*“ was sagt, da für sie die Größe der betreuten Gruppe essentiell ist.
- Als Nachhilfelehrerin „*hast du nur einen (,) Du konzentrierst dich nur auf die eine Person und gehst auf die Schwächen ein, was sie noch nicht kapiert hat (-) Und beim anderen machst du einfach allgemein (,) das sie jetzt so circa allgemein ein Wissen haben (-) und bei dem gehst du wirklich auf den ein und du (,) tust ihm vielleicht das eine ein bisschen mehr erklär'n, was er noch nicht so verstanden hat*“
- Ihren Tutee schätzt sie als „*gelassen*“, weil er sowieso alles gewusst hat. Ihrer Meinung nach hat er sich „*berieseln lassen*“.

Schüler b

- Ihm hat besonders gut gefallen, „*dass man mit den anderen lernt und das war nicht so wie eine Lernperson, also wie ein Lehrer jetzt halt (-) Sondern eher so wie ein Klassenkamerad jetzt.*“, weil man mit denen besser kommunizieren kann.
- Seinen Tutorinnen schreibt er nicht die Rolle einer Lehrperson zu: „*Erstens waren sie in meinem Alter und ich konnte sie mit Du und so ansprechen. Und nicht so wie bei den Lehrern mit Sie.*“ und „*Eine Lehrperson geht eigentlich (-) Die macht das mehr nach Vorschriften (,) Die (-) Die macht das halt mehr so (,) Ja (,) Die (-) Ein Schüler macht das halt mehr so mit Spaß dahinter (,) Mit Spaß und Komik halt (-) Bei den Lehrpersonen, ist es auch manchmal mit Spaß, aber auf einer anderen (,) Eine andere Bezeichnung Spaß.*“
- Sein Tutorinnen bezeichnet er als „*nette Menschen*“
- Seinem Gefühl nach war er „*schon auf der sicheren Seite*“ und er fühlte sich „*eher so als Freund und nicht als Schüler*“

Mit diesen Aussagen zeigt sich deutlich, dass sich die Tutoren/innen nicht zwangsläufig als Lehrpersonen fühlen, obwohl sie eine „lehrende“ Rolle schlüpfen. In Gruppe 1 dominiert die Identifikation der Lehrperson-Rolle vorrangig über den Aspekt des „Lehrens“, während für

die Schüler/innen in Gruppe 2 die zwischenmenschlichen Aspekte als Kriterium überwiegen. Generell lässt sich aussagen, dass alle beteiligten Schüler/innen den Tutoringprozess hauptsächlich auf der freundschaftlichen Ebene wahrgenommen hatten und dies ihr Bild von der Tutoren/innen-Rolle prägte.

5.3 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Hinsichtlich des Einflusses auf den Lernerfolg kann mit der vorliegenden Stichprobe keine nachhaltige Auswirkung belegt werden.

In beiden Gruppen waren die kognitive Struktur und die fachlichen Kompetenzen ausschlaggebend.

In Gruppe 1 erzielten die beiden sehr guten Tutoren keinen übermäßig auffälligen Erfolg bei ihrer Tutee hinsichtlich ihrer kognitiven Aktivierung. Im Folgenden sollen mögliche Gründe angeführt werden:

- Die beiden Tutoren wiesen ein hohes fachliches Wissen, während Tutee a eher eine schwächere Schülerin war. Besonders Tutor t_1 stellte sehr freie Fragen und macht deutlich, dass er die physikalischen Inhalte sehr gut beherrschte und daher auch die Beispiele zweckentfremden konnte. Auf Grund der Ergebnisse des Abschlussinterviews, welche in Kapitel 4.3.2 dargelegt wurden, kann der Schluss gezogen werden, dass die Schülerin a kognitiv überfordert war. Während der Tutoringeinheit stellte sie selbst kaum fachliche Fragen oder Verständnisfragen. Sie erinnerte sich auch nicht an Erklärungen zu den Begriffen Streuen und Reflektieren. Möglicherweise hat sie diesen nicht folgen können oder ihr Interesse war zu gering.
- Den beiden Tutoren gelangt es trotz intensiver Beratschlagungen und kreativer Ideen (Nur mit einem Blatt Papier und einem Kugelschreiber ausgerüstet, stelltet sie Versuch 3 aus dem Tutoring mit der 7AHS mittels Skizzen nach) nicht, die Vorstellungen ihrer Tutee zu erfragen und sie somit dort „abzuholen“, wo sie sich kompetenzmäßig befindet.

In Gruppe 2 fand sich die gegensätzliche Konstellation: Ein sehr guter Schüler als Tutee, der auch durch das Steuergruppentreffen einen Informationsvorsprung aufwies, und zwei schwache Tutorinnen. Die Tutoring t_4 hatte sich kaum im Mentoring vorbereitet, da sie sich bereits im Tutoring mit der 7AHS Notizen gemacht hatte und daher eine neuerlich Auseinandersetzung mit den Materialien und den Inhalten für unnötig erachtete. Den Interviews ist zu entnehmen, dass ihre Taktik in der Schule auf auswendig lernen kurz vor Prüfungen beruht. Diese Einschätzung scheint sie auch bezüglich des Tutorings gehabt zu haben. Ihre Kollegin hatte ebenfalls die Unterlagen mit und hielt sich passiv im Hintergrund. Während meiner Interviewphasen stellte ich fest, dass der Schüler b ein hohes Potential an weiterführenden Vorstellungen besitzt und sich auch gerne mit physikalischen Inhalten auseinandersetzt. In den Interviews fand zweifellos eine kognitive Aktivierung statt (als Beispiel kann das Item 5 in Kapitel 4.3.2 angesehen werden). Den beiden Tutorinnen ist es leider nicht gelungen tiefergreifende Fragen zu stellen, was laut Roscoe & Chi (siehe Kapitel 1.4.2) ein essentieller Bestandteil eines Tutoringprozesses sein sollte. Allerdings zeigen die guten Ergebnisse von Schüler b beim Abschlussinterview, dass gute Schüler sich egal unter welchen Umständen ein Tutoring durchgeführt wird, mit den Inhalten auseinandersetzen

können. Außerdem haben sich die beiden Tutorinnen trotz allem im Tutoring sehr bemüht, im Rahmen ihrer Kompetenzen Fragen zu stellen.

Eine gründlichere Vorbereitung mit einem größeren Angebot an Versuchen (auch hinsichtlich verschiedener Schweregrade) hätte sicherlich zu einem fruchtbringenderen Ergebnis geführt und dem einen Tutor wäre nicht langweilig geworden, weil er alle Beispiele schon kennt und die andere Tutorin hätte sich nicht auf ihren Unterlagen ausgeruht. Aus Fehlern lernt man – nicht nur als Tutee, sondern auch als Forscher/in.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Erfolg eines Tutorings maßgeblich von den Kompetenzen und der Motivation der beteiligten Schüler/innen abhängt.

5.4 Bedeutung für das zukünftige Berufsfeld

Im Rahmen meiner Diplomarbeit hatte ich die Möglichkeit an eine, Standort zwei verschiedene Schultypen kennen zu lernen: Eine AHS und eine NMS. In beiden Schulen konnte ich bei meinen Datenaufnahmen mich ein wenig in meinen zukünftigen Beruf hineinversetzen. Aufgrund von terminlichen Überschneidungen, hielten meine Kollegin und ich einmal ein Tutoring in der AHS und einmal ein Mentoring in der NMS ab. Dadurch erhielt ich die Möglichkeit nicht nur als stiller Beobachter die Interaktionen zu verfolgen, sondern meine Kompetenzen hinsichtlich des Lehrberufes auf die Probe stellen. Diese Erfahrung war eine sehr wertvolle für mich, da ich beide Einheiten mit einem positiven Gefühl abschloss und voller Vorfreude auf das bevorstehende Unterrichtspraktikum blicke.

Der zweite wichtige Aspekt liegt in dem Kennenlernen der Cross Age Peer Tutoring-Methode, welche mir bis dahin unbekannt war. Aufgrund der Erfahrungen, die ich diesen Projekt sammeln konnte, sowohl in positiver und förderlicher Weise als auch die hinderlichen, halte ich diese Unterrichtsmethode für bereichernd. Wenn alles gut vorbereitet ist, kann meiner Einschätzung nach ein kognitiv anregendes Lernumfeld geschaffen werden, bei dem sowohl die Tutoren als auch die Tutees dazu lernen. Nicht zu unterschätzen ist jedoch der organisatorische Aufwand, weshalb die Unterstützung von Kollegen/innen sehr wertvoll ist.

Als persönlichen Gewinn nehme ich mit, dass mich das Forschen und das Erstellen dieser Diplomarbeit aufgrund des eingebetteten Kontextes auf alle Fälle hinsichtlich neuer Lehr-Lern-Methoden geöffnet haben. Dies halte ich gerade in der heutigen Zeit, wo vermehrt auf Methodenvielfalt und Teamteaching gesetzt wird für eine wichtige Eigenschaft.

6. Verzeichnisse

6.1 Literatur

- Blumör R. & Wiesner H. (1992). Vorstellungen von Primarschülern zum Spiegelbild. In: K.Wiebel (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach 1992. 104-106
- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik: ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Grundschule. *Naturwissenschaften im Unterricht*, Band 19. Westarp Wissenschaften.
- Cohen, J. (1986). Theoretical Considerations of Peer Tutoring. *Psychology in the Schools* 23, 2, 175-86.
- Duit, R. (1993). Alltagsvorstellungen berücksichtigen! In: Praxis der Naturwissenschaften Physik 6/42. 7-11
- Duit, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Müller, R.; Wodzinski, R. & Hopf, M. [Hrsg.] (2007). Schülervorstellungen in der Physik Münster: Lit-Verlag, 8-14
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kirchner, E. & Schneider, W. (2002). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin: Springer. 605-630
- Duit, R. (2010). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. In: Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Seelze: Friedrich Verlag.
- Flick, U. (2007). Designing qualitative research. London: SAGE Publications Ltd. 9,10.
- Fogarty, J. & Wang, M. (1982), An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process
- Gaustad, J. (1993). Peer and Cross-Age Peer Tutoring, *ERIC Digest* 79.
- Goldberg, F. & McDermott, L. (1986). Student Difficulties in Understanding Image Formation by a Plane Mirror. In: The Physics Teacher (November 1986). 472 - 480
- Guesne, E. (1985). Light. In: Driver, R. ; Guesne, E. & Tiberghien, A. (2000). (Eds.). Children's Ideas In Science. 10 – 32.
- Herdt, D. (1990). Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Einführung in die elementare Optik. *Naturwissenschaften im Unterricht*, Band 10. Essen: Westarp Wissenschaften.
- Jung, W. (1986) Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 34. Heft 13. 2-6
- Jung, W. (1981a) Erhebungen zu Schülervorstellungen in Optik (Sekundarstufe I). In: *physica didactica* 8. 137-153.
- Jung, W. (1981b). Ergebnisse einer Optik – Erhebung. In: *physica didactica* 9. 19-34
- Mayring, P.(2008). Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz UTB . 42-83.
- Mayring, P., Gläser-Zikuda, M. & Ziegelbauer, S.(2005). Auswertung von Videoaufnahmen mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse – ein Beispiel aus der Unterrichtsforschung. www.medienpaed.com/04-1/mayring04-1.pdf. 1-17 (29.4.2012)
- Mikelskis H. F. [Hrsg.] (2006). Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH
- Niedderer, H. (1996). Überblick über Lernstudien in Physik. In: Duit, R. & von Rhöneck, C. (1996). Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN
- Posner, G.J., Strike, K.A. Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptional change. In: *Science Education* 66. 211 – 227.
- Reinders, H. (2005). Qualitative Interviews mit Jugendlichen führen. Ein Leitfaden. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH
- Rohrbeck, C.A., Ginsburgh-Block, M.D., Fantuzzo, J.W. & Miller, T.R. (2003). Peer assisted learning interventions with elementary school students: A meta-analytic review. In: *Journal of Educational Psychology*, 95 (2). 240-257

- Roscoe, R.D. & Chi, M.T.H. (2008). Tutor learning: The role of explaining and responding to questions. In: *Instructional Science*. Vol. 36 (4). 321-350
- Schlichting, H. J. (1991). Zwischen common sense und physikalischer Theorie. Wissenschaftstheoretische Probleme beim Physiklernen. In: *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* 44/2, 74
- Tipler, P.A. & Mosca, G. (2009). *Physik. Für Wissenschaftler und Ingenieure*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 6. Auflage.
- Videograph. Bedienungsanleitung. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/videograph.pdf> (28.6.2012)
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 10. 233-255
- Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 34. Heft 13. 25 – 29
- Wiesner, H. (1992). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: *Physik in der Schule* 30. 286 – 290
- Wiesner, H. (1992). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten mit dem Spiegelbild. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 3. Heft 14. 16 – 18
- Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. In: *Naturwissenschaften im Unterricht*, Heft 22. 7 - 15
- Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt, D. (1995) *Unterricht Physik*. Band 1: Optik I. Lichtquellen und Reflexion.
- Wodzinski, R. (1996). Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik im Anfangsunterricht. In: Müller, R.; Wodzinski, R. & Hopf, M. [Hrsg.] (2007). *Schülervorstellungen in der Physik Münster: Lit-Verlag*, 23-33.
- Wong, W.K., Chan, T.W., Chou, C.Y., Heh, J.S. & Tung, S.H. (2003). Reciprocal tutoring using cognitive tools. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 19. 416-428

6.2 Tabellen

Tabelle 1: Auswahl der für die Studie verwendeten Stichprobe	40
Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Beispiele	51
Tabelle 3: Ablauf des Mentorings der 4AHS	54
Tabelle 4: Kategoriensystem für die Gruppe 1.....	60
Tabelle 5: Kategoriensystem für die Interaktionen in der Gruppe 2	63
Tabelle 6: Vorstellungen von Schüler t ₁	98
Tabelle 7: Vorstellungen von Schülerin t ₃	99
Tabelle 8: Vorstellungen der Schülerin t ₄	100
Tabelle 9: Vorstellungen des Schülers t ₅	101
Tabelle 11: Vorstellungen des Schülers b	102
Tabelle 12: Erwartungen hinsichtlich der Rolle im Tutoring.....	103

6.3 Abbildungen

Abbildung 1: Schülervorstellung „Lichtbad“ (nach Guesne 1985, Figure 2.10)	15
Abbildung 2: Schülervorstellung „Licht beleuchtet“ (nach Guesne 1985, Figure 2.11).....	15
Abbildung 3: Schülervorstellung „Blickrichtung“ (nach Guesne 1985, Figure 2.12).....	15
Abbildung 4: Physikalisch adäquate Beschreibung (SEV) (nach Guesne 1985, Figure 2.13).....	16
Abbildung 5: Item zum Sehvorgang (Herdt 1990, S. 110d).....	16
Abbildung 6: Ergebnisse zu dem Item V1 (Herdt 1990, S. 116).....	16
Abbildung 7: Vorstellungen zum ebenen Spiegel aus der Studie von Goldberg & McDermott (1986) 19	

Abbildung 8: Item 2A mit Antwortverhalten aus der Studie von Jung (1981b) zur Lage des Spiegelbildes	21
Abbildung 9: Item 3A mit Antwortverhalten aus der der Studie von Jung (1981b) zur Lage des Spiegelbildes	21
Abbildung 10: Item 2 (Herdt 1990, S. 129b) zum Verständnis der Lage des Spiegelbildes.....	22
Abbildung 11: Inkorrekte Skizze des Strahlenganges bei einem ebenen Spiegel (Goldberg & McDermott 1986, S. 476).....	23
Abbildung 12: Item zur Bild- und Strahlenreflexion (Wiesner 1992, S. 289)	24
Abbildung 13: Huygens'sches Prinzip für eine ebene Welle und eine Kreiswelle.....	26
Abbildung 14: Physikalische Darstellung des Sehvorgangs nach der Sender-Empfänger Vorstellung (Wiesner et al. 1995, S. 67).....	27
Abbildung 15: Darstellung der Reflexion einer ebenen Wellenfront an einem ebenen Spiegel. (Tipler & Mosca 2009, S. 1215 Abbildung 31.36).....	28
Abbildung 16: Darstellung der Reflexion an der Oberfläche eines ebenen Spiegels (Tipler & Mosca 2009, S. 1216 Abbildung 31.39)	29
Abbildung 17: Entstehung des Spiegelbildes (Tipler & Mosca 2009, S. 1238 Abbildung 32.1).....	30
Abbildung 18: Konstruktion des Spiegelbildes einen Pfeils beim ebenen Spiegel (Tipler & Mosca 2009, S. 1239 Abbildung 32.5)	30
Abbildung 19: Abbildung eines rechtwinkligen Koordinatensystems durch einen ebenen Spiegel (Tipler & Mosca 2009, S. 1239 Abbildungen 32.4).....	31
Abbildung 20: Vorschlag einer Tafelskizze zur Vertauschung durch den Spiegel (Wiesner et al. 1995, S. 32)	32
Abbildung 21: Skizze zur Konstruktion des Spiegelbildes auf dem Arbeitsblatt (Wiesner et al. 1995, S. 63)	34
Abbildung 22: Ablauf der beobachteten Interaktionen	38
Abbildung 23: Übersicht über die Einbettung der Fragebogen-/Wissenstesterhebung in dem Ablauf der Interaktionen.....	39
Abbildung 24: Übersicht über die durchgeführten Interviews	39
Abbildung 25: Überblick über das Untersuchungsdesign	40
Abbildung 26: Veranschaulichung der Gruppenkonstellationen während den Interaktionen.....	41
Abbildung 27: Gruppenkonstellationen in den Interaktionsprozessen hinsichtlich der fachlichen Kompetenzen der Schüler/innen	42
Abbildung 28: Diagramm mit den Kriterien für die Charakterisierung und Beantwortung der Forschungsfragen bezüglich der 4AHS.....	45
Abbildung 29: Diagramm mit den Kriterien für die Charakterisierung und Beantwortung der Forschungsfragen bezüglich der 4NMS	45
Abbildung 30: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS.....	50
Abbildung 31: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS hinsichtlich der fachlichen Kompetenz	50
Abbildung 32: Gruppeneinteilung im Tutoring 4AHS/4NMS.....	50
Abbildung 33: Gruppeneinteilung im Tutoring 7AHS/4AHS hinsichtlich der fachlichen Kompetenz	50
Abbildung 34: Absolute Sprechzeit nach den beteiligten Schüler/innen dargestellt.....	56
Abbildung 35: Anteil der Akteure an der gesprochenen Zeit in Prozent	56
Abbildung 36: Absolute Sprechzeit nach den beteiligten Schüler/innen dargestellt.....	58
Abbildung 37: Anteil der Akteure an der gesprochenen Zeit in Prozent	58
Abbildung 38: Dauer der Interaktionen im Tutoring der Gruppe 1	61
Abbildung 39: Dauer der Interaktionen im Tutoring der Gruppe 1 in Minuten und Sekunden	61
Abbildung 40: Absolute Sprechzeiten aller beteiligten Schüler/innen in Gruppe 2.....	62

Abbildung 41: Dauer der einzelnen Interaktionen im Tutoring innerhalb der Gruppe 2	63
Abbildung 42: Dauer der einzelnen Interaktionen im Tutoring innerhalb der Gruppe 2 (in Minuten und Sekunden).....	64
Abbildung 43: Ergänztes Item 1 aus dem Abschlussinterview mit t_1	65
Abbildung 44: Durch t_1 ergänztes Item 2	66
Abbildung 45: Ergänzungen von t_1 zum Item 5 zur Erklärung der Lage des Spiegelbildes	67
Abbildung 46: Kategorie zu Item N2B von Herdt (Herdt 1990, S. 288)	68
Abbildung 47: Item 6 durch t_1 ergänzt	69
Abbildung 48: Skizze zum Verlauf des Lichtes, welches auf eine Spiegeloberfläche auftrifft	70
Abbildung 49: Ergänztes Item 1 zum Sehvorgang.....	70
Abbildung 50: Darstellung des Sehvorgangs bei Regen	71
Abbildung 51: Lage der Spiegelbilder von Petra und Franz	72
Abbildung 52: Kategorien 2 und 3 zum Item N2A und N2B (Herdt 1990, S. 288).....	73
Abbildung 53: Item 6 mit falschem Spiegelbildort (korrekte Reflexion durch Angabe vorgegeben) ..	74
Abbildung 54: Item 7 mit korrekter Anwendung des Reflexionsgesetzes, aber falschem Spiegelbildort	74
Abbildung 55: Item 1 zum Sehvorgang ergänzt von Schülerin a.....	75
Abbildung 56: Sehvorgang bei Regen in Item 2	76
Abbildung 57: Vorstellung zur Lage des Spiegelbildes in Item 5.....	77
Abbildung 58: Lage des Spiegelbildes einer Blume (der von Schülerin a eingezeichnete Punkt und Pfeil wurden farbig hervorgehoben).....	78
Abbildung 59: Sehvorgang in Item 1 ergänzt durch Schülerin t_3	79
Abbildung 60: Sehvorgang bei Regen in Item 2 ergänzt durch Schülerin t_3	79
Abbildung 61: Lage des Spiegelbildes in Item 5.....	80
Abbildung 62: Die Lage des Spiegelbildes einer Blume in Item 6	81
Abbildung 63: Unterschiedliche Sehvorgänge im Item 7	82
Abbildung 64: Sehvorgang in Item 1	83
Abbildung 65: Sehvorgang bei Regen in Item 2	84
Abbildung 66: Lage der Spiegelbilder von Franz und Petra im Item 5.....	85
Abbildung 67: Lage des Spiegelbildes der Blume und S-E-V in Item 6.....	86
Abbildung 68: Lage des Spiegelbildes von Tina.....	86
Abbildung 69: Ermittlung der Lage des Spiegelbildes durch geometrische Konstruktion	89
Abbildung 70: Lage des Spiegelbildes des Punkt P in der Blume anhand von geometrischer Konstruktion.....	91
Abbildung 71: Interaktionen zwischen den beteiligten Schüler/innen und beeinflussende Faktoren ...	92
Abbildung 72: Interaktionen zwischen den beteiligten Schüler/innen und beeinflussende Faktoren ...	94
Abbildung 73: Item 1 (Herdt 1990, S.129a).....	122
Abbildung 74: Item 2 (Herdt 1990, S.129 a).....	122
Abbildung 75: Item 3 (Andersson & Kärrqvist in Herdt 1990, S. 38)	123
Abbildung 76: Item 4 (leicht verändert nach Guesne 1985)	123
Abbildung 77: Item 5 (leicht verändert nach Wiesner et al. 1995, S.34)	123
Abbildung 78: Item 6 (leicht verändert nach Herdt 1990, S. 286)	124
Abbildung 79: Item 7 (leicht verändert nach Wiesner 1995, S. 50).....	124

7. Anhänge

7.1 SUPRA-Arbeitskarten zum Thema Spiegel von der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

Alle Materialien zu der Unterrichtsreihe zum Themengebiet Spiegel sind als frei zugänglicher Download unter folgender Internetadresse zu erhalten:

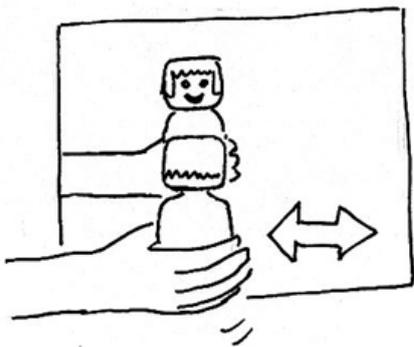
<http://www.supra.grundschuldidaktik.uni-bamberg.de/lernfeld-natur-und-technik/spiegel.html>

Die folgenden Arbeitskarten stammen allesamt von den jeweiligen Einheiten dieser Unterrichtsreihe und wurden lediglich hinsichtlich der Formatierung für die Zwecke des Projekts adaptiert. Diese Arbeitskarten wurden im A5-Format ausgedruckt und laminiert. Auf der Rückseite wurden für das Tutoring 4AHS/4NMS mögliche Lösungen angegeben.

7.1.1 Einheit 4: Was vertauscht der Spiegel?

„Was vertauscht der Spiegel?“

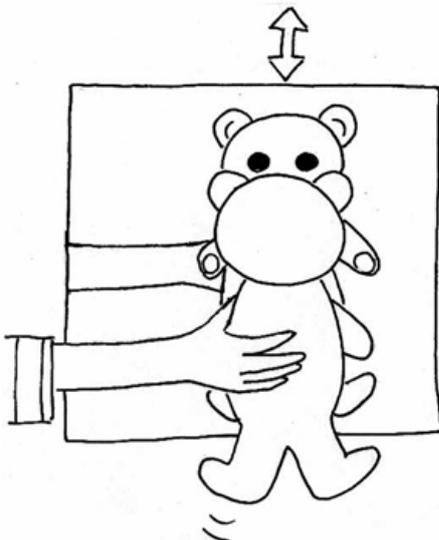
Versuch 1



- Bewege eine kleine Spielfigur vor dem Spiegel hin und her.
- Beobachte das Spiegelbild!
- Wie bewegt sich das Spiegelbild?

„Was vertauscht der Spiegel?“

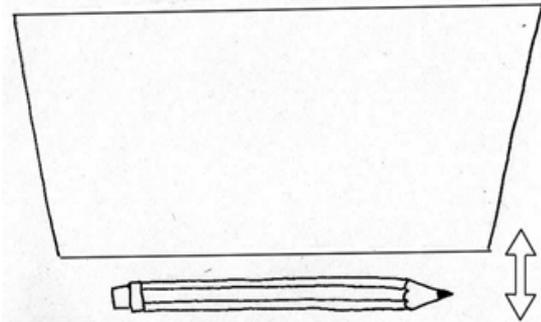
Versuch 2



- Bewege eine Spielfigur vor dem Spiegel auf und ab.
- Beobachte das Spiegelbild!
- Wie bewegt sich das Spiegelbild?

„Was vertauscht der Spiegel?“

Versuch 3

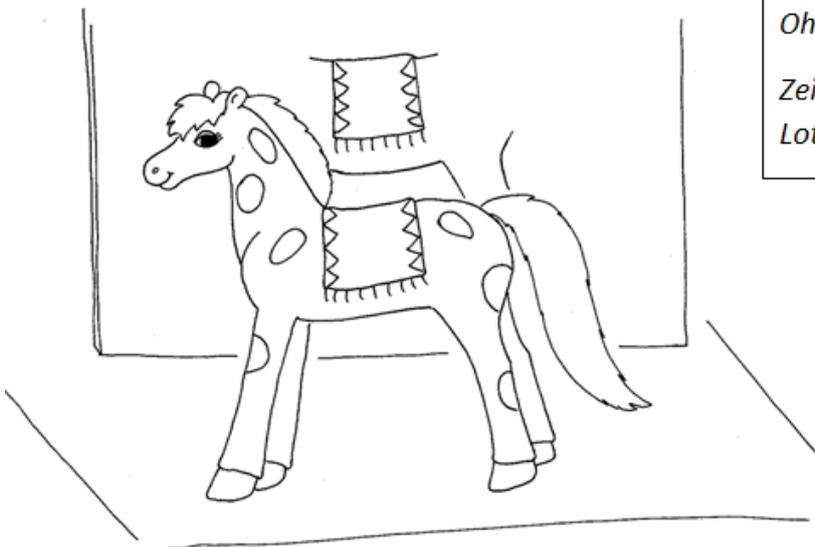


- Bewege einen Stift vom Spiegel weg und wieder zum Spiegel hin.
- Beobachte das Spiegelbild!
- Wie bewegt sich das Spiegelbild?

Das ebenfalls zu der Einheit zugehörige „Arbeitsblatt: Was vertauscht der Spiegel“ wurde etwas umformatiert und als Arbeitskarte eingesetzt:

„Was vertauscht der Spiegel?“

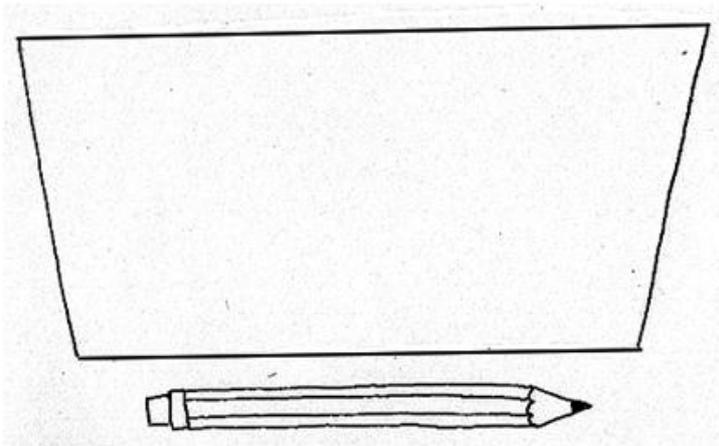
Versuch 4



Oh je! Da fehlt doch was!
Zeichne das Spiegelbild von
Lottas Pferdchen fertig!

Versuche für Spiegelexperten

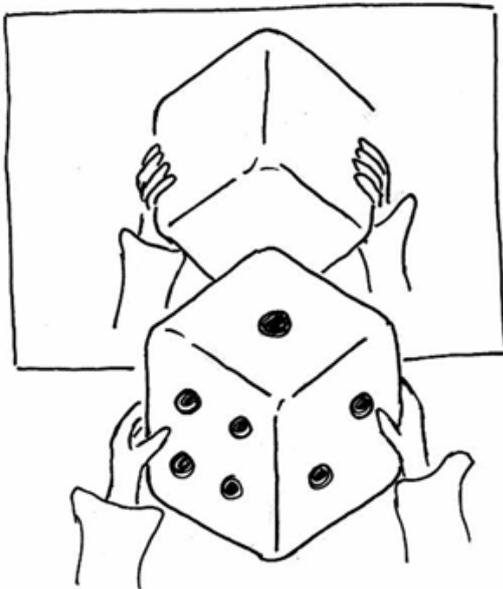
Versuch 5



Zeichne das
Spiegelbild des
Stiftes in den
Spiegel!

Versuche für Spiegelexperten

Versuch 6



Achtung - knifflig!

*Zeichne die fehlenden
Punkte in das Spiegelbild des
Würfels ein!*

*Hast du richtig
eingezeichnet?*

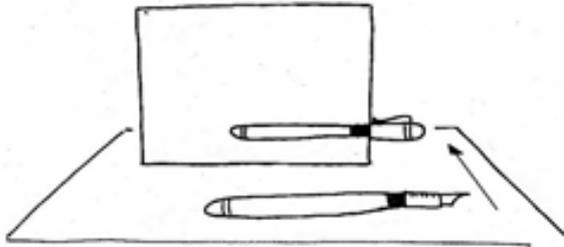
*Überprüfe dein Ergebnis mit
einem Versuch!*

7.1.2 Einheit 5: Wo sehen wir das Spiegelbild?

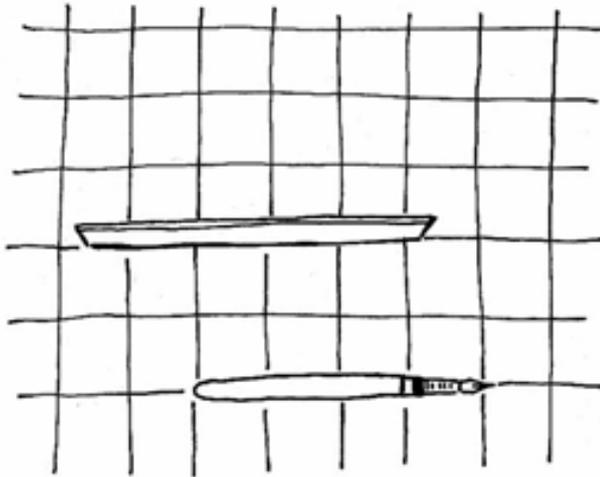
Das angeführte Arbeitsblatt „AB 1: Wo sehen wir das Spiegelbild?“ wurde ebenfalls in leicht veränderter Formatierung verwendet.

Wo sehen wir das Spiegelbild?

Versuch 7



- ✓ Ziehe die Kappe von einem Stift ab.
- ✓ Lege den Stift so vor den Spiegel wie in der Abbildung.
- ✓ Nimm die Kappe des Stiftes und verschiebe sie so weit nach hinten, bis die Kappe und das Spiegelbild wie ein vollständiger Stift aussehen.
- ✓ Miss nun den Abstand vom Stift zum Spiegel und vom Spiegel zur Kappe. **Was stellst du fest?**



*Male den Fullner und seine Kappe rot aus. Male das Spiegelbild des Fullners blau aus. Was stellst du fest? **Versuche es selbst!***

7.3 Zweiteiliger Leitfaden des Abschlussinterviews mit den dazugehörigen Items

Beispielhafter Leitfaden:

Leitfaden für das Abschlussinterview von t_4

Einführung:

Das Sparkling Science Projekt ist schon etwas länger her. Kannst du dich noch daran erinnern?
Wie hat es dir gesamt gesehen gefallen?

Was war gut daran? Was war in deinen Augen noch verbesserungswürdig?

Rollenverständnis:

Du hast bei dem Projekt sozusagen alle Rollen von Tutee bis zweimal Tutorin durchlaufen. Wie war das für dich? In welcher Funktion hast du dich am Wohlsten gefühlt? Warum war gerade das Tutee/Tutorin-Sein angenehmer/schwieriger für dich?

Würdest du sagen, warst du eine Lehrperson?

Wenn nein: Welche Eigenschaften haben dir dazu gefehlt? Welches Verhalten zeichnet eine Lehrperson aus?

Befragung zu konkreten Szenen:

Ich möchte dir nun eine Szene aus dem Tutoring mit der 4NMS vorspielen:

Video: 9:25 – 11:04

Kannst du dich an diese Szene noch erinnern?

Kannst du mir die Situation dieser Szene beschreiben? Wie hast du dich dabei gefühlt?

Wie sicher hast du dich in der Situation gefühlt? Wie schätzt du in dieser Situation t_3 ein?

In welcher Rolle hast du dich in dieser Situation gefühlt? Warst du da eine Lehrperson? Wie sicher hast du dich da gefühlt? (Du hast t_3 gebeten nachzuschauen → war das Unsicherheit?)

Wie war das mit dem b? War er in dieser Situation ein Schüler?

Was wolltest du mit diesem Beispiel verdeutlichen?

Du hast den zweiten Spiegel als Kontrolle genommen – wie kam das? Ist das aufgegangen, was du damit erreichen wolltest?

Zwei gezielte Fragen habe ich noch: Du fragst: „Okay, wieso ist das so?“ An wen war die Frage gerichtet? (Lehrerhandlung oder Frage an dich selber?)

Du liest vor: „Das bedeutet, dass Bildweite ist gleich Gegenstandsweite.“ → Was bedeutet das?

Zweite Sequenz: 13:02 – 13:25

Was meinst du mit dieser Aussage? Ist es wichtig, die Lage vom Spiegelbild zu kennen?

Nimm bitte kurz den Spiegel in die Hand: Wo würdest du sagen, liegt das Spiegelbild?

In der Sequenz sagst du „es ist im Spiegel drinnen“ – „Es ist hinter dem Spiegel“ – „Es ist im Spiegel“
→ Was ist richtig? Ist überhaupt etwas davon richtig?

Leitfaden Items

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:

- Beschreibe mir, was bei diesem Bild dargestellt ist!
- Wie stellst du dir vor, dass Claudia die Blumen sehen kann?
Kannst du mit dazu eine physikalische Erklärung geben?
(Falls nicht deutlich genug in der SchülerInnenantwort:
Was ist dazu „notwendig“? Nenne mit bitte alles was die einfällt, auch wenn es für dich selbstverständlich wirkt!)
- Möchtest du dazu etwas einzeichnen?

Weiterer Verlauf orientiert sich nach folgenden Kategorien:

1. **Anwendung von SEV mit Streuung** → Nachfragen: Was heißt Streuung? Wie breitet sich das Licht von der Sonne aus? Wenn die Strahlung die Atmosphäre trifft – hat das einen Einfluss auf die Ausbreitung des Lichts?
(Farben bewusst nicht ansprechen → führt zu weit)
2. **Anwendung von SEV ohne Streuung** → Nachfragen: Beleuchten/Anstrahlen/... Was heißt das physikalisch?
Wie breitet sich das Licht von der Sonne aus? Wenn z.B. nur „ein Lichtstrahl“ genannt wird: Nur in eine Richtung? Wie breit ist denn der?
Was bedeutet Reflektieren?
3. **Strahlung von der Blume ins Auge** → Nachfragen: Wieso senden die Blumen Licht aus? Woher kommt das Licht?
4. **Sonne beleuchtet die Blumen (ohne Auge)** → Nachfragen: Wie gelangt die Strahlung der Sonne zur Blume? Was passiert, wenn sie auf die Blume trifft?
Wie kann dein Auge die Blumen wahrnehmen?
5. **Lichtbadvorstellung** → Nachfragen: Wie würdest du das „Scheinen der Sonne“ physikalisch erklären? Wie kommt es, dass es „hell“ sein kann?
Wie „sieht“ Claudia die Blumen? Was passiert da konkret?
6. **Blickrichtung** → Nachfragen: Wie „sieht“ Claudia? Was passiert hier konkret?
Ist noch etwas notwendig, damit sie sehen kann?
7. **Licht (zuerst) ins Auge** → Nachfragen: Woher kommt das Licht, das ins Auge fällt? Was passiert hier konkret?
Welche Rolle spielen die Blumen beim Sehvorgang?
(ev. Was passiert mit dem reflektierten Lichtstrahl vom Auge, wenn er auf die Blume trifft?
Was heißt in dem Zusammenhang reflektieren?)

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet.

- Ist nun etwas beim Sehvorgang anders als beim Sehvorgang aus Item 1?
Versuche das so genau wie möglich zu beschreiben

Weiterer Verlauf je nach Kategorie:

1. **SEV mit Hinweis auf Streuung an Regen- oder Wolkentröpfchen**
→ Wie gelangt das Licht der Sonne zu den Tröpfchen? Was passiert dann konkret? (Was heißt „Streuung“?)
Wieso ist es nun „dunkler“? Was passiert mit dem Licht?
2. **SEV ohne Streuung** → Nachfragen: Was bedeutet es „jetzt scheint nicht mehr die Sonne“?
Woher kommt sozusagen das Licht?
Wie meinst du das: „Das Licht wird abgeschwächt“/“Die Blumen werden weniger stark beleuchtet“?
Warum kann nur ein geringer Teil des Sonnenlichts auf die Blume fallen? Was passiert mit dem Licht?
3. **Strahlung von der Blume ins Auge (aber geringere Intensität/andere Beleuchtungsart)**
→ Nachfragen:
„Nichts ist anders“: Beschreibe mir, was du siehst? Sind die beiden Bilder gleich?
Was bedeutet es, dass die Sonne nicht mehr zu sehen ist? Welchen Einfluss hat dies auf den Sehvorgang, den du mir vorher beschrieben hast?
4. **Strahlengang von Blume zum Beobachter mit Hinweis auf geringere Helligkeit** →
Nachfragen: Was meinst du damit „Die Blumen erscheinen nicht mehr so schön“?
Was bedeutet „sie werden nicht mehr direkt bestrahlt“? Was meinst du damit? Was passiert mit dem Licht?
5. **Schwächere Beleuchtung der Blumen** → Nachfragen: Du hast gemeint: „Die Sonne ist weg und deshalb ist es nicht mehr so hell.“ Was meinst du damit? Wie kann ich mir: Die Sonne ist weg vorstellen?
Du meinst, das es nicht mehr so hell ist: Ist das der einzige Grund, oder ist noch etwas anders?
Was wäre notwendig, damit sie die Blumen „normal“ sehen kann?
6. **Blumen werden nicht mehr bestrahlt** → Nachfragen: Wie stellst du dir das vor, dass die Blumen das Licht aufnehmen? Wie können sie es wegschicken? Was passiert dazwischen?
7. **Sehvorgang vom Auge ausgehen** → Sie sieht die Blumen nacheinander, weil die erste am „nächsten“ zu ihr ist. Wieso sieht sie die Blumen nacheinander? *Wie* kann sie sehen?
8. **Lichtbad** → Woher kommt das Licht? Was ist alles notwendig, damit sie sehen kann?

Item 3

Vor Laura liegt ein Buch:

Beschreibe mir bitte, was du bei der Zeichnung siehst!

Was fehlt deiner Meinung nach bei der Zeichnung, um einen physikalisch sinnvollen Sehvorgang darzustellen?

Item 4

Diese 4 Skizzen zeigen mögliche Vorstellungen zum Sehvorgang:

Sind solche Skizzen verständlich für dich? Wie würdest du das interpretieren, was sie darstellen?

Welche Skizze stellt am besten deine Ansicht vom Sehvorgang dar?

Warum hast du gerade diese Skizze gewählt?

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer.

Zeichne ein Kreuz, wo Franz Petra im Spiegel sieht!

Warum sieht er sie gerade dort?

Zeichne ein Kreuz, wo Petra Franz im Spiegel sieht!

Warum sieht sie ihn gerade dort?

Würdest du bei der Zeichnung noch etwas ergänzen, damit ein physikalisch sinnvoller Sehvorgang dargestellt ist?

Item 6

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.

In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

Beschreibe mir bitte, was du bei der Abbildung siehst? Ist diese Zeichnung verständlich für dich? Wie interpretierst du die Lichtbündeldarstellung? Was bedeutet sie? Ist sie deiner Meinung nach richtig?

Wo befindet sich das Spiegelbild der Blume?

Versuche bitte, den Mittelpunkt der Blume im Spiegelbild einzuzeichnen!

→ Was meinst du damit: „Das Auge meint, der reflektierte Strahl käme aus dieser Richtung“?

Warum liegt das Spiegelbild hinter dem Spiegel und nicht z.B. auf dem Spiegel?

→ Du hast das Reflexionsgesetz eingezeichnet. Hängt das mit der Lage des Spiegelbildes zusammen? Wie?

Item 7

Kai, Tina und Michael spielen im Kinderzimmer verstecken. Vor Kai befindet sich ein Spiegel. Neben Michael und neben Tina steht jeweils ein Kasten.

Kann Michael Tina sehen?

Kann Michael Kai sehen?

Wo besteht dabei der Unterschied?

Was müsstest du bei der Zeichnung verändern, damit Michael Tina nicht sieht?

Verwendete Items:

Item 1

Es ist ein herrlicher sonniger Morgen! Auf dem Schulweg sieht Claudia mit einigem Stolz ihre selbstgezogenen Blumen:

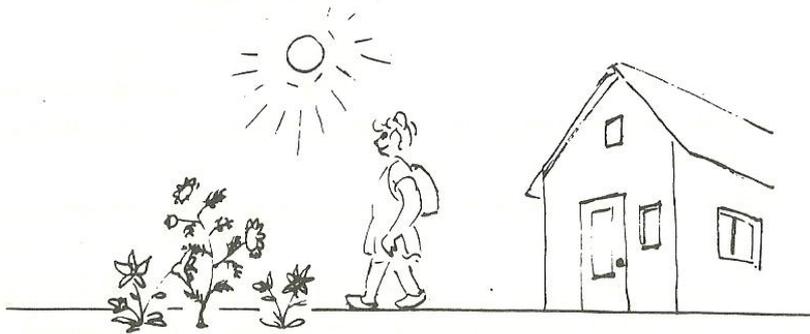


Abbildung 73: Item 1 (Herdt 1990, S.129a)

Item 2

Claudia kehrt nachhause zurück. Mittlerweile hat es sich eingetrübt und es regnet:



Abbildung 74: Item 2 (Herdt 1990, S.129 a)

Item 3

Vor Laura liegt ein Buch:

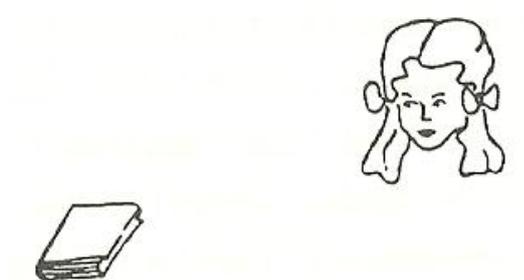


Abbildung 75: Item 3 (Andersson & Kärrqvist in Herdt 1990, S. 38)

Item 4

Diese 4 Skizzen zeigen mögliche Vorstellungen zum Sehvorgang:

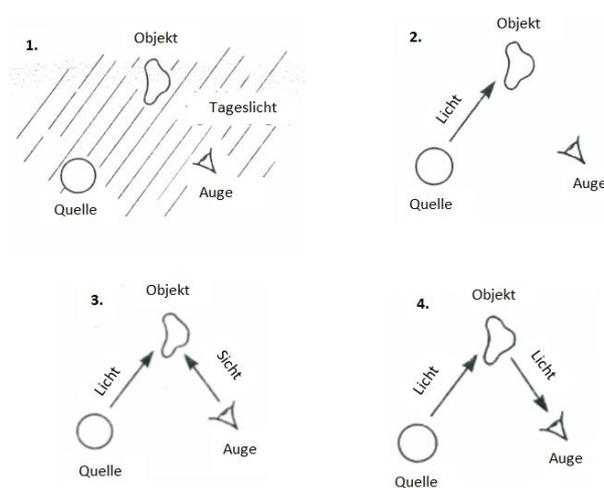


Abbildung 76: Item 4 (leicht verändert nach Guesne 1985)

Item 5

Zwei SchülerInnen stehen vor einem Wandspiegel. Hinter dem Wandspiegel befindet sich eine Betonmauer.

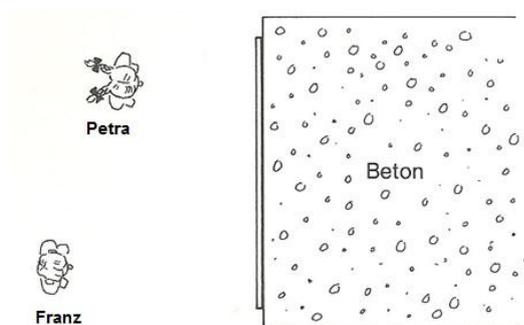


Abbildung 77: Item 5 (leicht verändert nach Wiesner et al. 1995, S.34)

Item 6

Du stehst vor einem Spiegel. Neben dir befindet sich eine Blume am Ort P.
In der Skizze sind das einfallende Lichtbündel vom Mittelpunkt der Blume und das reflektierte Lichtbündel zu deinem Auge eingezeichnet.

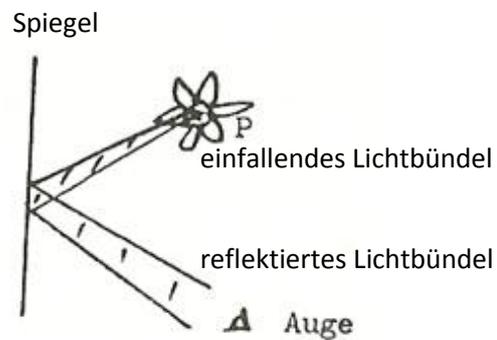


Abbildung 78: Item 6 (leicht verändert nach Herdt 1990, S. 286)

Item 7

Kai, Tina und Michael spielen im Kinderzimmer verstecken. Vor Kai befindet sich ein Spiegel. Neben Michael und neben Tina steht jeweils ein Kasten.

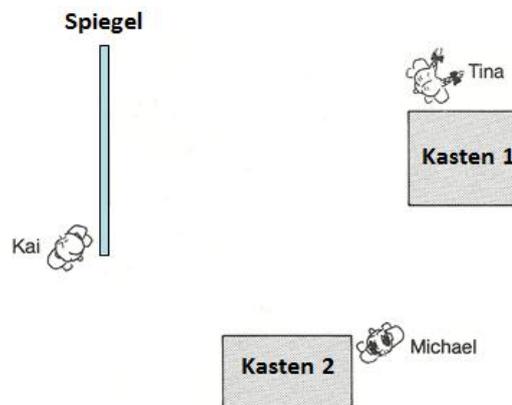


Abbildung 79: Item 7 (leicht verändert nach Wiesner 1995, S. 50)

7.4 Interview-Leitfaden für die Leitfadeninterviews

Interview-Leitfaden: 4AHS

Warm up

- Erzähle mir doch einmal über dein Interesse für das Fach Physik!
(Zum Einstieg könnte ich so die Einstellung für das Fach Physik abfragen, um die Antwort dann auch mit dem Fragebogen abzugleichen.)
- Wie hast du das Sparkling Science Projekt bisher erlebt?
Was war für dich interessant?

Schülervorstellungen

- Habt ihr zu Hause einen (oder mehrere) Spiegel?
- Was unterscheidet einen Spiegel von anderen Gegenständen wie zum Beispiel einem Blatt Papier?
- Bitte beschreib mir, was du im Spiegel siehst, wenn du in den in Spiegel blickst! (SchülerIn hält einen Spiegel in der Hand und soll auch ihre Umgebung beschreiben [dann sind „Gegenstände“ auch thematisiert])
- Wo befindet sich das entstehende Spiegelbild?
- Hast du dir schon einmal Gedanken darüber gemacht, wie das Spiegelbild, das du im Spiegel siehst, entsteht? Wie erklärst du dir das?
- Was glaubst du: Wie würden deiner Ansicht nach deine MitschülerInnen bzw. Gleichaltrige das Entstehen von einem Spiegelbild erklären? Wie schätzt du dein Wissen gegenüber deinen MitschülerInnen ein?
- Glaubst du, ist es für dich wichtig, dass dein Tutor/deine Tutorin deine Vorstellungen kennt?

Rollenbild

- In der Schule, hier im Projekt gibt es „Lehrpersonen“. Was macht deiner Meinung nach eine gute Lehrperson aus?
Sind Lehrpersonen Autoritätspersonen? Warum?
- Wir haben vorher über deine Vorstellungen zum ebenen Spiegel gesprochen. Haben Lehrpersonen auf deine Vorstellungen Einfluss? Wie geschieht dies? Warum glaubst du haben sie (keinen) Einfluss?
- Glaubst du, dass ein Tutor/eine Tutorin aus der 7. Klasse Einfluss auf deine Vorstellungen hat?
- Deine Tutorin/dein Tutor voriges Jahr: Was hat dir gut gefallen? Hast du etwas übernommen?

Abschluss

Wir haben nun über deine Vorstellungen und auch über das bevorstehende Tutoring gesprochen.

Möchtest du noch etwas ergänzen?

Ist dir etwas wichtig, worüber nicht gesprochen haben?

7.5 Curriculum vitae – Maria Teresa Ziegler

Persönliche Daten	Geboren am: 21. Jänner 1987 in Wien Österreichische Staatsbürgerin Verlobt (standesamtliche Trauung am 13. Juli 2012) Römisch-Katholisch Vater: Johann Ziegler, Drucker Mutter: Maria Ziegler, Volksschullehrerin
Schulbildung:	PVS Waldkloster von 1993 bis 1997 BRG Wien IV Wiedner Gymnasium von 1997 bis 2001 BRG Wien IV Wiedner Gymnasium Begabungsförderungsmodell: Sir-Karl-Popper-Schule von 2001 bis 2005 Schulabschluss: Matura am 13. Juni 2005 Studium Molekularen Biologie an der Universität Wien von WS 2005 bis SS 2006 Studium Biomedizin und Biotechnologie an der Veterinärmedizinischen Universität Wien von WS 2006 bis SS 2007 Seit SS 2007 Studium an der Universität Wien, Lehramtsstudium Physik und Biologie, geplanter Abschluss Juli 2012
Berufliche Kenntnisse:	Ferialpraktikum in der Universitätssternwarte Ferialpraktikum im KH Klosterneuburg Geringfügige Beschäftigung in einer Videothek Geringfügige Beschäftigung als Kellnerin in einem Irish Pub Geringfügige Beschäftigung als Rezeptionistin im Club Danube Freizeitanlagen Tutorin an der Universität Wien: Biologie: Physik: Mathematische Grundlagen für das Lehramtsstudium Physik (2 und 3) Erstellen der Diskussionsbeispiele für Theoretische Physik für das Lehramt 2 im WS 2011, Mitarbeit an Fakultätsinternen Projekten

Wien, 13.6.2012