



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Lokale und sequentielle Vorstellungen von
Schülerinnen und Schülern in der Elektrizitätslehre

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser:	Georg Hanisch
Matrikel-Nummer:	A 9909884
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A 190 412 406
Betreuerin / Betreuer:	Univ. Prof. Dr. Martin Hopf

Wien, am 17.7.2011

Zusammenfassung

Trotz umfangreicher empirischer Forschung in den letzten Jahrzehnten zu Schülervorstellungen in der elementaren Elektrizitätslehre liegt bisher kein Testinstrument vor, das eine effektive und zuverlässige Erfassung der Basiskonzepte im Schulunterricht ermöglicht und gleichzeitig für die empirische Forschung verwendbar ist. Am AECC Physik der Universität Wien wird ein Multiple-Choice-Fragebogen mit zweistufigen Items entwickelt, der psychometrisch so ausgereift sein soll, dass diese Vorgaben erfüllt werden. Das Hauptziel dieser Arbeit liegt in der Weiterentwicklung von sieben bisher einstufigen Testitems zur Abbildung von lokalen und sequentiellen Vorstellungen, die einen Teil dieses Fragebogens bilden. Es wurden 19 problemzentrierte Interviews geführt und mit Methoden der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Die Ergebnisse bildeten die Basis für die Entwicklung von Erklärungsdistraktoren. In weiterer Folge wurden die dadurch entstandenen Testitems von 78 SchülerInnen schriftlich beantwortet und die verschiedenen Antwortmöglichkeiten durch 19 Follow-Up-Interviews untersucht, wodurch Rückschlüsse auf das Vorhandensein von Schülervorstellungen gezogen werden können. Die Ergebnisse bringen gut funktionierende Items hervor, die verschiedene Schülervorstellungen eindeutig abbilden können. Darüber hinaus können die gewonnenen Ergebnisse und weitere Analysen des umfangreichen Datenmaterials für die zukünftige Weiterentwicklung des gesamten Testinstruments von Nutzen sein.

Abstract

Despite extensive empirical research in recent decades to students' conceptions in elementary electricity so far there is no test instrument that effectively and reliably captures the basic concepts in the classroom and at the same time is applicable for empirical physics education research. At the AECC for Physics at the University of Vienna, a multiple-choice questionnaire is developed with two-tier items that should be psychometrically matured to meet these requirements. The main objective of this work is the development of seven previously one-tiered test items for mapping local and sequential concepts, which form a part of this questionnaire. 19 problem-centered interviews were conducted and analyzed using methods of qualitative content analysis. The results had built the basis for the development of distractors which present reasons for the given answer. Subsequently, the new set of test items were administered to 78 students and 19 Follow-up interviews helped to explore, what conclusions can be drawn from the various response options about the existence of students' conceptions. The results bring out well-functioning items that can map different student's conceptions clearly. Beyond that, the results obtained and further analysis of the extensive data can be useful for future development of the entire test instrument.

Danksagung

Mein größter Dank geht an meine Eltern, die mich nun über 30 Jahre unaufhörlich unterstützen und fördern. Ohne ihre Hilfe hätte ich mich vielleicht gegen dieses späte Studium entschieden und diese Arbeit wäre nie entstanden.

Ein großer Dank geht auch an meine Betreuer dieser Arbeit, Prof. Dr. Martin Hopf und Dr. Hildegard Urban-Woldron für die exzellente Betreuung. Ihre grenzenlos scheinende Geduld, ihr stetiger motivierender Zuspruch und nicht zuletzt ihre hohe Kompetenz waren sehr förderlich für das Resultat dieser Arbeit.

Einen weiteren Dank will ich an alle Schülerinnen und Schüler richten, die sich freiwillig zu Verfügung stellten und mit ihren offenen und detaillierten Erzählungen die wichtigste Grundlage dieser Arbeit setzten. Nicht zu vergessen sind alle Lehrpersonen, die freiwillig ihre Zeit opferten und mit großem persönlichem Engagement bei der Organisation halfen. Stellvertretend für alle Helfer aus den vier Schulen möchte ich meinen Dank an Mag. Robert Pitzl, Mag. Wolfgang Pölzl, Mag.^a Susanne Neumann und Frau Mag.^a Irene Witthalm aussprechen.

Danke auch an alle meine Freunde, die meine soziale Abstinenz in den letzten Jahren ohne Murren akzeptierten und trotzdem jederzeit zur Stelle waren und sind.

Dir, Julia, danke ich, dass du mir so viel Kraft und Orientierung im Leben gibst.

Wien, Juli 2011

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iii
Abstract	iii
Danksagung	v
Inhaltsverzeichnis	vii
1 Inhalt dieser Arbeit	1
2 Theoretischer Hintergrund	3
2.1 Schülervorstellungen.....	3
2.1.1 Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre.....	5
2.2 Testinstrumente zur Abbildung von Schülervorstellungen.....	11
2.2.1 Rhöneck-Test.....	12
2.2.2 DIRECT.....	13
2.2.3 SEC DT	15
2.2.4 AECCP - Test	16
2.2.5 Zusammenfassung (und Implikationen)	17
3 Ziele und Forschungsfragen	19
4 Methodische Vorgangsweise	21
4.1 Theoretischer Hintergrund	21
4.1.1 Quantitativ vs. Qualitativ - Mixed Methods	21
4.1.2 Beschreibung spezieller Methoden.....	22
4.2 Beschreibung der Testitems	26
4.3 Untersuchungsdesign	30
4.4 Methodik der Datenerhebung, Datenaufbereitung und Datenauswertung	31
5 Datenerhebung.....	35
5.1 Organisatorisches	35
5.2 Durchführung und Erhebungsinstrumente	37
5.3 Beschreibung der Stichprobe.....	41
6 Ergebnisse.....	43
6.1 Überprüfung der Verständlichkeit und Gewinnung von Distraktoren (Phase 1)	43
6.2 Entwickelte Erklärungsdistraktoren (Phase 2 und 3)	49
6.3 Erprobung der Testitems (Phase 2 und 3).....	61
6.3.1 Testergebnisse	61
6.3.2 Auswertung nach Antwortkombinationen	61
6.3.3 Weitere ausgewählte Ergebnisse	82
6.4 Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse	84
6.4.1 Beantwortung der Forschungsfragen	84
6.4.2 Aufgezeigte Probleme bei der Erfassung von Schülervorstellungen	86
6.4.3 Güte der Ergebnisse.....	86
7 Folgerungen und Aussicht	87
8 Abbildungsverzeichnis	89
9 Tabellenverzeichnis.....	89
10 Zitatverzeichnis.....	90

11	Literaturverzeichnis.....	91
12	Anhang.....	95
A	Einverständniserklärung	95
B	Motivationsfragebogen	96
C	Interviewleitfaden Phase 1	97
D	Interview-Unterlagen Phase 1	103
E	Transkripte Phase 1	107
F	Schriftlicher Test Phase 2	131
G	Interviewübersichten und -ausschnitte Phase 2.....	133
H	Schriftlicher Test Phase 3	143
I	Interviewübersichten und -ausschnitte Phase 3.....	145
J	Lebenslauf	175

1 Inhalt dieser Arbeit

Diese Diplomarbeit versucht, einen Beitrag zur Entwicklung eines Testinstruments zur Erhebung von Schülervorstellungen zu liefern, indem ein Teil der dort enthaltenen Items durch Konstruktion von Distraktoren entscheidend verbessert werden. Das Ziel ist somit, gut funktionierende Items zu erhalten, die auch die Reliabilität und Validität des gesamten Tests erhöhen und psychometrischen Kriterien entsprechen.

Nach der Einleitung werden im Kapitel 2 die theoretischen Hintergründe beleuchtet. Hierzu gehören Ursachen und Eigenschaften von Schülervorstellungen im Allgemeinen, wesentliche Schülervorstellungen in der elementaren Elektrizitätslehre sowie eine eingehende Analyse der bisher vorhandenen Testinstrumente. Darüber hinaus wird ein Einblick in den aktuellen Entwicklungsstand und die Ziele des in dieser Arbeit als „AECCP-Test“¹ bezeichneten Tests gegeben, der unter der Leitung von Dr. Hildegard Urban-Woldron am AECCP² entwickelt wird.

Nach der Darstellung der Ziele und der formulierten Forschungsfragen in Kapitel 3 wird in Kapitel 4 die methodische Vorgangsweise dieser Untersuchung erläutert. Es werden diese Arbeit betreffende Methoden der qualitativen und quantitativen Forschung beschrieben und deren Verbindung im Sinne der „mixed methods“ sowie das Untersuchungsdesign vorgestellt. Der Abschnitt 4.2 bietet eine Übersicht über die in dieser Arbeit verwendeten und weiterentwickelten Testitems, in der auch analoge Items aus früheren Tests angeführt werden.

In Kapitel 5 werden der Prozess der Datenerhebung und die Entwicklung der Erhebungsinstrumente dargestellt. Die so entstandene Stichprobe ist ebenso beschrieben.

Kapitel 6 widmet sich schließlich den erhaltenen Ergebnissen und Auswertungen. In Abschnitt 6.1 wird die erste Phase der Untersuchung vorgestellt. In dieser Phase wurden 19 qualitative Interviews geführt, deren Resultate zu der Entwicklung der Distraktoren führten. In Abschnitt 6.2 werden die Entwicklungsschritte der Items und die Erklärungsdistraktoren beschrieben. Die Erprobung des so entstandenen Tests und die Analyse der gegebenen Antwortkombinationen mit Hilfe der 19 geführten Follow-Up-Interviews folgt in Abschnitt 6.3 und wird durch die Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse abgeschlossen.

In Kapitel 7 werden schließlich Folgerungen und Aussichten gegeben.

¹ Arbeitstitel - zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit existiert kein offizieller Titel für diesen Test.

² Austrian Educational Competence Centre Physics - Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik, siehe: <http://aeccp.univie.ac.at/> (letzter Zugriff: 23.06.2011)

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Schülervorstellungen

Schülervorstellungen sind individuell und abhängig vom persönlichen Erlebnishorizont - jede Schülerin und jeder Schüler konstruiert sich ihr / sein Wissen und damit die eigene Vorstellung der Wirklichkeit selbst. Dennoch treten gemeinsame Grundzüge auf, die es ermöglichen, verallgemeinerbare Aussagen über Schülervorstellungen zu machen (vgl. Hericks, 1993). Diese gemeinsamen Grundzüge werden in diesem Abschnitt näher beleuchtet.

Schülervorstellungen und deren Ursachen

Neben dem in dieser Arbeit vorrangig verwendeten Begriff „Schülervorstellungen“ sind in der Lehr- und Lernforschung einige weitere Begriffe gebräuchlich, die im Grunde dasselbe beschreiben (siehe auch Wodzinski, 2004 oder Gauld, 1986). Während Begriffe wie „Fehlvorstellungen“, „Falschvorstellungen“ oder „Fehlkonzepte“ einen eher negativen, abwertenden Eindruck vermitteln, wirken Begriffe wie „Präkonzepte“, „Vorverständnis“, neutraler. Begriffe wie „Alltagstheorien“, oder „Alltagsvorstellungen“ wirken ebenso wertfrei; sie deuten allerdings an, dass diese Vorstellungen vorrangig aus dem Alltag heraus entstehen. „Schülervorstellungen“ oder „Schülervorverständnis“ implizieren hingegen einen gewissen Bezug zur Schule. Im englischen Sprachraum ist die Vielfalt nicht geringer; oft verwendete Bezeichnungen sind: „misconceptions“, „alternative frameworks“, „students' conceptions“, „notions“ etc.

„Dahinter stecken jeweils etwas unterschiedliche Akzentsetzungen. Aber in der Hauptsache meinen sie alle dasselbe: Sie drücken auf die eine oder andere Art die Überzeugung aus, daß die Schüler nicht als leere Blätter angesehen werden dürfen [...]. Der Schüler kommt mit einem Inventar an Vorstellungen, Denkweisen, Erwartungen in den Unterricht.“

(Jung, 1986, 15)

In der deutschsprachigen Fachdidaktik sind die Begriffe „Schülervorstellungen“ und „Alltagsvorstellungen“ am geläufigsten. Mit diesen beiden Begriffen ist gut unterscheidbar, ob man nur die in den Unterricht mitgebrachten Vorstellungen betrachtet, oder auch die im Unterricht selbst entstandenen Denkweisen, die ja ebenso in der Lehr- und Lernforschung untersucht werden.

Eine Möglichkeit der Differenzierung dieser Vorstellungen wird von Dykstra et al. (1992, beschrieben in Wodzinski, 2004) dargestellt:

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.

Niedderer und Schecker (1992) sehen eine „Dualität innerhalb des kognitiven Systems“³: Sie unterscheiden zwischen spontan, aus dem jeweiligen Kontext heraus entwickelten Vorstellungen („current constructions“) und tief verwurzelten, stabilen Vorstellungen („deep structures“). Häußler et.al. (1998, 177) unterscheiden im gleichen Sinne und verwenden dafür die Begriffe „ad-hoc-konstruierte Vorstellungen“ und „tief verankerte Vorstellungen“.

Ebenso kann zwischen *speziellen* und *allgemeinen Vorstellungen* unterschieden werden. Während spezielle Vorstellungen ganz spezifische Phänomene betreffen (etwa die Vorstellung, eine Glühbirne leuchtet, weil in ihr ein Funken beim Zusammenprallen eines Plus- und Minusstroms entsteht), sind mit allgemeinen Vorstellungen grundlegende Konzepte gemeint, wie beispielsweise die

³ Übersetzt von Verfasser

Stromverbrauchsvorstellung, die Auswirkungen auf das Verständnis verschiedener Phänomene hat (vgl. Häußler et al., 1998, 177).

Der Begriff „*current constructions*“ deutete schon zuvor die theoretische Basis der modernen Lehr- und Lernforschung an, die *konstruktivistische Sicht vom Lernen*. Lernen ist in diesem Sinne

„ein selbständig zu vollziehender Akt mit starker Situationsbindung, in dessen Verlauf Wissen, Inhalte, Fähigkeiten etc. nicht eingearbeitet oder ‚absorbiert‘, sondern konstruiert werden. Dieser Konstruktionsprozeß beginnt jedoch nie bei Null, sondern hat als Basis immer die bereits vorhandene (Wissens)Struktur. Dieses vorhandene Wissen, i.w.: Erfahrung, ist immer der Ausgangspunkt für die Interpretation von Informationen, die zu Lernen als Konstruktion von Wissen führen können“.

(Terhart, 1999, 635)

Verstehen ist nur möglich, wenn dem Aufgenommenen (dem „rohen Datenmaterial“ an Sinneseindrücken sozusagen) Sinn gegeben wird. Dieser Sinn kann nur durch Verknüpfung dieser Daten mit schon Bekanntem entstehen, es sind schon vorhandene Vorstellungen vonnöten. Wissen kann also nicht in einer „reinen Form“ eingetrichtert werden; es wird neues Wissen konstruiert. Schülervorstellungen haben aus diesem Grund eine große Bedeutung bei Lernprozessen. Duit spricht von einer Doppelrolle der Schülervorstellungen beim Lernen von Physik: *„Sie sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens - andererseits aber auch Lernhemmnis“* (Duit, 2004, 1).

Durch die subjektive und individuelle Verarbeitung von Informationen entstehen gezwungenermaßen Kommunikationsprobleme zwischen Lernenden und Lehrenden. Weder die eine, noch die andere Seite kann sich sicher sein, zu verstehen, wie das Gegenüber einen Sachverhalt versteht („*Verstehen des Verstehens*“, vgl. Duit, 1993b, 18). Jung (1986, 3) vermutet zudem, dass *„die Tatsache, daß Vorstellungen nur zu oft als passive Daten“* (im Sinne vom Faktenlernen im Gegensatz zu einer intensiven Auseinandersetzung) gelernt werden, einer der Gründe sein könnte, weshalb sich Alltagsvorstellungen auch gegenüber Unterricht so hartnäckig halten. Die Alltagsvorstellungen, mit denen wir ganz automatisch, gewohnheitsmäßig, „arbeiten“, überlagern schnell neu Gelerntes, wenn dieses nur passiv „gespeichert“ wurden.

Schülervorstellungen können in verschiedenen Bereichen ihre Ursache haben. Einen sehr wichtigen Anteil haben alltagssprachliche Formulierungen; die Sprache bestimmt sehr stark unser Denken. Des Weiteren bilden sich sicher schon in der frühkindlichen Entwicklung tiefliegende Vorstellungen aus, die später bei der Konstruktion von konkreten Vorstellungen ihren Einfluss haben (vgl. Jung, 1986, 4f). Duit (in Kircher, 2009, 609) sieht zudem einen Einfluss von Vorstellungen über die Natur der Physik auf das Lernen, wobei er betont, dass man SchülerInnen als *„naive Realisten“* bezeichnen muss. SchülerInnen glauben also, dass Physik die „wahre“ Wirklichkeit beschreibt.

Eigenschaften und Bedeutung von Schülervorstellungen

Nicht übersehen sollte man die Tatsache, dass falsche Vorstellungen im Alltag auch sinnvoll sein können, da sie in einem gewissen Rahmen Alltagsphänomene treffend beschreiben und richtige Vorhersagen ermöglichen. Oft bilden Schülervorstellungen trotz falscher Annahmen die plausibelste Erklärung für ein Phänomen. *„Vieles, was aus der physikalischen Sicht schlicht falsch erscheint, hat im Denken der Schüler durchaus eine Logik und beruht auf ernsthaften Anstrengungen der Schüler um physikalisches Verständnis.“* (Wiesner et al., 2011, S.33)

Schülervorstellungen bestimmen auch die Beobachtungen bei Experimenten und somit die Beurteilung von Messergebnissen. Wenn Lehrkräfte also gerne Experimente als Hilfe bei der Erzeugung eines kognitiven Konflikts mit dem Ziel der Beseitigung oder Anpassung falscher Vorstellungen nützen wollen, verhindern diese Vorstellungen gleichzeitig diesen Konflikt, da die Lernenden das sehen, was ihnen ihre Vorstellungen gestatten. Schlichting (1991) dokumentiert etwa, dass viele Schülerinnen und Schüler *sehen*, das ein Glühdraht auf einer Seite zu glühen beginnt, obwohl der Versuch vor ihren Augen durchgeführt wird.

Ein gutes Bild über die zentralen Eigenschaften von Schülervorstellungen liefern Niedderer und Schecker (1992). Sie listen die wichtigsten Erkenntnisse der empirischen Forschung auf, über die Konsens herrscht. Wodzinski (2004, 26) zitiert diese Punkte wie folgt:

1. Schülervorstellungen sind sehr resistent gegen Veränderungen.
2. Bereichsspezifische Untersuchungen zeigen international ähnliche Ergebnisse.
3. Es gibt eine begrenzte Anzahl an grundlegenden alternativen Konzepten, die das Schülerverhalten in verschiedenen Situationen hinreichend erklären.
4. Schüler aktivieren unterschiedliche Konzepte in Situationen, die für Physiker äquivalent sind.
5. Schüler passen ihre Konzepte der jeweiligen Situation an.
6. Schüler beobachten und argumentieren kontextabhängig. Das bedeutet, durch Experimente lassen sie sich nur begrenzt überzeugen.

Die ersten drei Punkte ordnen sie dem stabilen Element von Vorstellungen, also der „*deep structure*“ zu, die letzten drei Punkte beziehen sich auf die flüchtigen, kontextorientierten Elemente, also die „*current constructions*“ (Niedderer & Schecker, 1992).

Ausubel (1968) betont mit folgendem - viel zitierten - Satz treffend die Bedeutung von Schülervorstellungen für den Physikunterricht:

“If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this; the most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.”

2.1.1 Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre

Die Elektrizitätslehre ist nach der Mechanik jenes Teilgebiet der Physik, in dem die häufigsten Untersuchungen zu Schülervorstellungen publiziert wurden (vgl. Duit, 1993b, S. 16). Durch die zahlreichen Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte wurden einerseits viele Vorstellungen und Konzepte entdeckt, andererseits konnten Kategorien gebildet werden, die gewisse Grundvorstellungen beschreiben, die in verschiedensten Untersuchungen immer wieder auftraten. Die am häufigsten auftretenden Schülervorstellungen aus der Elektrizitätslehre werden im Folgenden dargestellt.

Elektrischer Strom als Substanz statt als Vorgang / Prozess

Statt elektrischen Strom als Vorgang oder Prozess zu beschreiben, in dem elektrische Ladungsträger strömen, bezeichnen Schülerinnen und Schüler die Ladung selbst als elektrischen Strom. Sie stellen sich „Strom“ als eine Art Substanz vor, die in der Batterie ruht (also gespeichert ist) und im Stromkreis von der Batterie zum Lämpchen fließt. Zwischen Ladungsträger und Ladungen wird oft nicht unterschieden. Joshua und Dupin (1985, 131) schreiben hierzu:

„... we think that the diagram is considered by the students as a figurative representation of a real piping, inside which flows a fluid, electricity. This representation is supported by what we call “the metaphor of fluid in movement”.

Stromverbrauchsvorstellung (SV)

Strom wird oft als eine Art *Brennstoff* gesehen. Analog zum Alltag der Schülerinnen und Schüler, in denen Verbrennungsmotoren ja schließlich auch Treibstoff zugeführt bekommen und diesen verbrauchen, wird sich vorgestellt, dass eine „*Entwertung und Verminderung des Stroms durch ein Lämpchen oder einen Widerstand*“ stattfindet (Rhöneck, 1986). Diese Brennstoff-Vorstellung kann mit der *Alltags-Energievorstellung* verknüpft sein, bei der nicht die Energie im physikalisch korrekten Sinn als erhalten betrachtet wird, sondern ebenso erzeugt und wieder verbraucht wird (vgl. Duit, 1993a oder Duit, 1986).

Niedderer und Goldberg (1995, 77) sprechen im Zusammenhang der zwei obigen Kategorien vom „Alltags-Strom-Konzept“: „*Strom wird als eine Substanz gesehen, die ähnlich wie Treibstoff Energie enthält und nicht wie Wasser Energie transportiert*“. Aus diesem Konzept als Kernaussage folgen oft Einzelaussagen wie der Stromverbrauch, die Bewegung des Stroms von der Batterie zum Verbraucher ohne die Bewegung in die Rückrichtung, ein begrenzter Stromvorrat der Batterie und weitere.

Ohne einen direkten Bezug zu energetischen Vorstellungen herzustellen, beschreibt auch Andersson (1984) mit dem „Quelle-Verbraucher-Modell“ („*source-consumer-model*“) die Vorstellung, dass „Elektrizität“ oder „Strom“ von einer Quelle durch eine einzelne Verbindung zu einem Verbraucher fließt und dort aufgebraucht wird. Es ist davon auszugehen, dass schon die Verwendung des Begriffs „Verbraucher“ für Glühlampen und andere Bauteile in Schulbüchern und im Physikunterricht diese Verbrauchsvorstellung fördern kann.

Batterie als konstante Stromquelle (BS)

Eine Batterie liefert immer den „gleichen Strom“. Diese *Konstantstromvorstellung* wird sicher durch den häufig verwendeten Begriff „Stromquelle“ (statt Spannungsquelle; siehe auch „*Fehlende Differenzierung von Spannung und Strom*“ auf Seite 7) gefördert. Schülerinnen und Schüler folgern aus dieser konstanten Stromzufuhr, dass viele Lampen in einem Stromkreis schwächer leuchten, weil jede Lampe weniger Strom kriegt. Während diese falsche Vorstellung bei in Serie geschalteten Lampen noch die richtigen Aussagen liefert („je mehr Lampen, desto weniger hell leuchten sie“), widersprechen sie der gleichbleibenden Helligkeit in der Parallelschaltung verschieden vieler Lampen. Shipstone (1985) nennt dieses Modell des Aufteilens des Stroms in der Serienschaltung „*Sharing model*“.

Widerstandsvorstellungen

Im Zusammenhang mit dem Widerstand treten verschiedene Fehlvorstellungen auf.

Bei der *inversen Widerstandsvorstellung (IR)* gehen Schülerinnen und Schüler davon aus, dass bei einer Vergrößerung des Widerstands auch ein größerer Strom fließt (Rhöneck, 1986).

Bisweilen tritt auch die Vorstellung von einer teilweisen Unabhängigkeit der Stromstärke von der Größe der Widerstände auf. Vergrößert man einen Widerstand in einer Parallelschaltung, so bleibt zwar die Gesamtstromstärke konstant (also unabhängig), der Strom teilt sich nun aber neu auf die Teilströme auf (abhängig von den Widerständen). V. Rhöneck und Grob (1989) sprechen hierbei von der „*Kompensation*“ (K). Von der „*degenerierten Stromregel*“ sprechen sie, wenn eine Veränderung eines Widerstands in einer Schaltung keine Auswirkung auf die Stromstärke(n) hat (UR).

Natürlich werden auch Stromverbrauchsvorstellungen auf Widerstände bezogen. Verknüpft mit einer sequentiellen Argumentation hieße das, dass ein Widerstand abhängig von seiner Größe Strom verbraucht und somit „weniger“ Strom zu einem „dahinterliegenden“ Bauteil gelangen kann.

Engelhardt und Beichner (2004) beobachteten zudem die (vermutlich mit topologischen Problemen verknüpfte) Vorstellung, dass zwei Widerstände den Strom doppelt so viel vermindern wie ein Widerstand, unabhängig von ihrer Lage im Stromkreis („*resistive superposition*“).

Fehlende Differenzierung von Spannung und Strom

Rhöneck (1986, 13) spricht von „*einem übermächtigen Strombegriff, der (...) nicht durch einen unabhängigen Spannungsbegriff ersetzt wird*“, der Spannungsbegriff wird oft als „*Attribut des dominierenden Strombegriffes*“ verstanden (Rhöneck, 1988). Häufig wird argumentiert, die Spannung ist die „Kraft“ oder die „Stärke“ des Stromes (vgl. Rhöneck & Völker, 1984). Denkbar ist, dass die Betonung der Proportionalität von Spannung und Stromstärke bei der Behandlung des Ohmschen Gesetzes die Differenzierung erschwert.

Lokales Denken (LD)

Bei der lokalen Denkweise wird der Stromkreis nicht als System betrachtet. Schülerinnen und Schüler betrachten jeweils einzelne Punkte der Schaltung; der „Strom“ entscheidet an jeder Verzweigung neu, wie er sich weiter verhält. *„Die Ströme werden in den Verzweigungspunkten so aufgeteilt, als wüsste der Strom nicht, was anschließend im Stromkreis passiert.“* (Rhöneck, 1986) Vorgänge werden so beschrieben, als würde die *„Batterie einen konstanten Strom liefern, dem im Laufe des Stromkreises 'Erlebnisse' zustoßen“* (Closset, 1984).

In Abb. 5.3 ist das Schaltbild einer häufig verwendeten Aufgabe mit einer Antwortmöglichkeit bei lokaler Vorstellung skizziert. In diesem Fall wird der Strom mit der ursprünglichen Stromstärke von 1,2 Ampere an zwei Verzweigungspunkten jeweils halbiert, sodass die zwei oberen Lämpchen „weniger Strom kriegen“ und somit schwächer als das dritte leuchten. Beim Zusammentreffen zweier Zweige mit gegebenem Stromstärken (beispielsweise in dieser Abbildung rechts, „nach den Lampen“) wird die Addition beider Teilströme wiederum meist richtig berechnet, die dahinterliegende lokale Vorstellung stimmt aber auch hier nicht mit der physikalischen Sichtweise überein.

Die Argumentationen über die Art der „Aufteilung“ des Stroms an einem Verzweigungspunkt können sehr vielfältig sein. Heller und Finley (1992, 267) geben sogar acht verschiedene Modelle über das Verhalten des Stroms an Verzweigungen an. Bei vier Modellen wird die Abzweigung (zwei Lampen parallel geschaltet) nicht registriert. Der Strom ist beispielsweise in jedem Zweig gleich dem Strom davor, weil der Strom noch nicht bei den Glühlampen angekommen ist. Bei den anderen vier Modellen wird sie einbezogen, aber trotzdem falsch argumentiert. Strom wird zum Beispiel wie oben immer halbiert oder es fließt im der Batterie näheren Zweig derselbe Strom und im entfernteren Zweig weniger, weil der Strom zuerst innen vorbeifließt und erst im zweiten Durchgang in den hinteren Zweig kommt. Die Differenzierung in acht Modelle mag etwas übertrieben sein. Was Heller und Finley dabei aber gut herausarbeiten, ist die häufige Verbindung von mehreren Konzepten. Oft scheitern SchülerInnen daran, dass ihnen nicht klar ist, wann es sinnvoll ist, lokal zu denken (Zusammenhänge innerhalb eines Asts einer Parallelschaltung), und wann global (d.h., den ganzen Stromkreis betreffend) zu analysieren ist (vgl. Cohen et al., 1983, 411f).

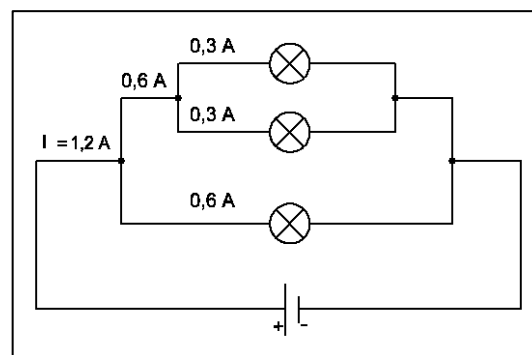


Abb. 2.1: Lokales Denken⁴

Der Gesamtstrom von 1,2A halbiert sich in jeder Abzweigung. Vor den oberen zwei Lampen wurde der Strom zweimal halbiert, wodurch dort nur noch 0,3A fließen. Im unteren Zweig fließt aber 0,6A, da der Strom direkt von der ersten Abzweigung kommt.

⁴ Dieses Schaltbild wird auch in dieser Arbeit behandelt, siehe „*Testitem D1*“, Seite 28

Sequentielle Argumentation (SA)

Die sequentielle Argumentation⁵ fußt wie schon das vorher beschriebene lokale Denken auf einer fehlenden systemischen Vorstellung des Stromkreises. Es herrscht hier die Vorstellung vor, dem Strom würden „im Laufe des Stromkreises ‚Erlebnisse‘ zustoßen.“ (Closset, 1984). Es wird argumentiert, „daß eine Änderung 'vorne' im Stromkreis sich auf eine Änderung 'hinten' im Stromkreis auswirkt, während eine Änderung 'hinten' im Stromkreis sich nicht 'vorne' bemerkbar machen sollte, weil da 'der Strom schon vorbei ist'“ (Rhöneck, 1986).

Abhängig von der Annahme, in welche Richtung der Strom fließt, bewirkt nur die Änderung des einen Widerstandes eine Veränderung der Stromstärke durch das Lämpchen, eine Veränderung des Widerstandes „hinten“ dem Lämpchen hat hingegen keine Auswirkung auf die Stromstärke. Wird etwa von der technischen Stromrichtung ausgegangen, so führt eine Veränderung oder Ersetzung von R_1 in Abb. 2.2 zu einer Veränderung der Helligkeit der Lampe, ein veränderter Widerstand R_2 „kümmert“ die Lampe nicht, sie bleibt gleich hell. Heller und Finley (Heller & Finley, 1992, 265f) beschreiben exemplarisch fünf verschiedene sequentielle Vorstellungen, die durch verschiedene Vorstellungen zur Stromrichtung beeinflusst werden:

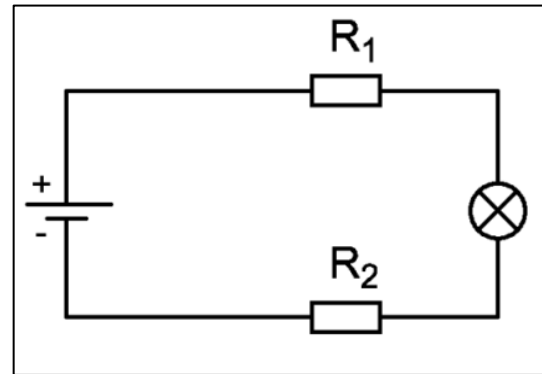


Abb. 2.2: Sequentielle Argumentation⁶

Je nachdem, ob R_1 oder R_2 geändert wird, gibt es einen unterschiedlichen Einfluss auf das Lämpchen.

- *Sequentiell 1:* Zwei in Serie geschaltete Lampen verbrauchen teilweise den Strom, dadurch leuchtet die näher beim Minuspol liegende Lampe weniger stark.
- *Sequentiell 2:* Wie 1, nur dass zusätzlich die Kabeln Strom verbrauchen und der Strom von Minus nach Plus fließt (dadurch leuchtet die näher beim Pluspol liegende Lampe weniger hell).
- *Sequentiell 3:* Der Strom kommt von beiden Seiten (Zweizuführungsvorstellung), dadurch leuchten beide Lampen gleich hell. In der Mitte ist die Stromstärke aber geringer als außen.
- *Sequentiell 1, angepasst:* Die Stromstärke nimmt durch den Verbrauch der Lampen zwar entlang des Stromkreises ab, weil Lampen aber nur einen Teil des Stroms „brauchen“, leuchten sie alle gleich hell.
- *Sequentiell 2, angepasst:* Beide Lampen leuchten gleich hell, weil der Strom gleich aufgeteilt wird. Gleichzeitig ist die Stromstärke aber hinter der Lampe geringer als zuvor, weil Lampen Strom verbrauchen.

Closset (1984, 30) geht davon aus, dass sich die sequentielle Argumentation vor allem bei der Einführung des Strombegriffes festsetzt und daher im Unterricht „*der globale Charakter der elektrischen Phänomene im Stromkreis betont werden*“ sollte. Duit (1993a, S.8) meint, man könne nicht völlig von der Hand weisen, dass Erklärungen über den „Weg des Stroms“ - vielleicht noch durch einen entlang dieses Weges deutenden Finger - solche Vorstellungen manchmal unbeabsichtigt stützen.

⁵ Closset spricht von „*sequential reasoning*“, Shipstone vom „*sequence model*“. Von Riley et al (1981) stammt der Begriff „*time dependent model*“

⁶ Dieses Schaltbild wird auch in dieser Arbeit behandelt, siehe „*Testitems C1 und C2*“ auf Seite 26

Geometrische Probleme

Das Erkennen der richtigen topologischen Struktur einer Schaltung stellt für Schülerinnen und Schüler oft ein großes Problem dar. Wie bei der sequentiellen und der lokalen Vorstellung dürfte ein fehlendes Verständnis für das System dahinterliegen. Patricia M. Heller und Fred N. Finley (1992) beschreiben in ihrer Untersuchung mit Physiklehrern mannigfaltige Probleme bei der Analyse von Stromkreisen. Hinzu kommt, dass der Großteil der Befragten kein einheitliches Konzept bietet; vielmehr werden für unterschiedliche Aufgaben verschiedene Konzepte benützt, selbst, wenn sie einander widersprechen.

Die Antworten der ProbandInnen lassen darauf schließen, dass sie große *Probleme mit Parallelschaltungen (PS)* und kurzgeschlossenen Schaltungen haben. Parallelschaltungen werden nur erkannt, wenn sie im Schaltbild auch parallel gezeichnet sind; sind Bauelemente parallel gezeichnet, müssen sie aus deren Sicht auch parallel geschaltet sein (vgl. Cohen et al., 1983). Paula V. Engelhardt und Robert J. Beichner (2004) beschreiben in ihrer Arbeit auch die sogenannte „*Resistive Superposition*“ (siehe „Widerstandsvorstellungen“ auf Seite 6). Ein Kurzschluss wird oft nur als solcher erkannt, wenn die Verbindung zwischen Batterie und Lampe liegt. Ist die Lampe in dem der Batterie näher liegenden Ast und das kurzschließende Kabel weiter außen, so wird davon ausgegangen, dass die Lampe davon unbeeinflusst leuchtet („*short circuit misconception*“, Fredette & Clement, 1981). Bei SchülerInnen wurden ähnliche Probleme mit Serien- und Parallelschaltungen festgestellt (Caillot, 1985).

Für Heller und Finley scheinen viele Lehrer auch von ihrer räumlichen Wahrnehmung der verschiedenen Parallelschaltungen beeinflusst zu sein (Heller & Finley, 1992, 270). Es wird manchmal argumentiert, dass eine Glühbirne weniger hell leuchtet, wenn man sie räumlich von der Batterie entfernt. Die Kabellänge spielt bei diesem „*empirical rule model*“ (Heller & Finley, 1992) keine Rolle.

Vorstellungen zum Stromfluss

Tiberghien und Delacôte (1976) sowie Evans (1978) und später Fredette und Lochhead (1980) zeigen in ihren Untersuchungen massive Probleme von SchülerInnen auf, eine Glühbirne mithilfe einer Batterie und eines Drahtes zum Leuchten zu bringen. Die Grundproblematik liegt hier in einer Fehlvorstellung über die Richtung und Art des Stromflusses.

Shipstone (1985) beschreibt basierend auf eigenen und damals bekannten Untersuchungen fünf Modelle des Stromflusses (vgl. Tallant, 1993, 12):

- Das *unipolare Modell*: Strom wird nur über ein Kabel „übertragen“ und vollständig verbraucht.
- Das Modell der *clashing currents* (Osborne, 1981): Strom geht von beiden Anschlüssen der Batterie zur Lampe, „stößt“ dort zusammen und wird verbraucht.
- Das *attenuation model*: Während der Strom in einer Richtung im Stromkreis fließt, wird er stetig geschwächt. Es geht also mehr Strom von der Batterie weg, als wieder hineinströmt / ankommt.
- Das *sharing model*: Die Vorstellung des Teilens von Strom. Der Strom wird im Gegensatz zum vorigen Modell nicht der Reihe nach abgegeben (woraus resultieren kann, dass „hintere“ Lampen in Reihenschaltungen weniger hell leuchten), sondern gleichmäßig auf alle Lampen verteilt.
- *The scientific view*, die wissenschaftliche Vorstellung: Der Strom fließt nur in eine Richtung und wird nicht verbraucht.

Versuche der Kategorisierung von Schülervorstellungen im einfachen Stromkreis

Die oben dargestellten Schülervorstellungen bilden in dieser Aufzählung nur *eine* mögliche Differenzierung. Wenn man die obigen Modelle betrachtet, fällt auf, dass oft mehrere Konzepte gleichzeitig angewendet werden. Wenn man versucht, möglichst viele verschiedene Vorstellungen aufzulisten, so muss man zwangsläufig feststellen, dass viele voneinander abhängen. Ordnet man eine sequentielle Vorstellung zu, so wird oft auch die Stromverbrauchsvorstellung miteinfließen. Wie sich die sequentielle Vorstellung dann beispielsweise auf mehrere seriell geschaltete Lampen auswirkt, hängt stark mit dem vorhandenen Konzept des Stromflusses zusammen. Gut denkbar ist auch, dass sequentielle Vorstellungen durch die Beschreibung des Stromes als Substanz gefördert oder gar verursacht werden. Durch das sequentielle Denken wiederum kann eine lokale Argumentation gestützt oder verstärkt werden; argumentiert man, dass Strom an einer Abzweigung nach links oder rechts abbiegt oder sich teilt, so ordnet man den Stellen um den Verzweigungspunkt automatisch Attribute wie „vorne“ oder „hinten“ zu. Trotz, aber auch wegen der großen Schwierigkeit, geeignete Kategorisierungen der vielfältigen Vorstellungen dieses abstrakten Themas zu finden, werden an dieser Stelle einige Versuche angeführt:

Eine Unterscheidung bietet Christoph von Rhöneck (Rhöneck, 1986, 10):

- Das *Quelle-Verbraucher-Modell*⁷, beschrieben von Andersson (1984)
- Die Vorstellung eines *kausalen Zusammenhangs zwischen Batterie und Lämpchens*, beschrieben von Tiberghien und Delacôte (1976)
- Das *Ausguss-Modell*, beschrieben von Fredette und Lochhead (1980)
- Das *Geben-Schema*, beschrieben von Maichle (1981)
- *Nicht ausreichende Differenzierung* des elektrischen Stroms und des Energieflusses, beschrieben von v. Rhöneck und Völker (1984)

Er fügt noch an:

"All diesen Umschreibungen von Schülervorstellungen ist gemeinsam, daß die Prozesse im Stromkreis mit einem vorherrschenden Begriff - meist dem Strombegriff - erläutert werden, dem energetische Aspekte zuzuordnen sind"

(Rhöneck, 1986, 10)

Tallant (1993, 1 bzw. 9) sieht in seiner Arbeit, die einen Überblick über die bisherige Literatur zu Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre zu geben versucht, zwei Grundvorstellungen (er nennt sie „*primary misconceptions*“), in die man die zahlreichen Vorstellungen möglicherweise eingliedern kann:

- Strom wird in einem Stromkreis verbraucht
- Die Batterie ist eine Quelle für einen konstanten Strom.

⁷ Siehe Seite 6

2.2 Testinstrumente zur Abbildung von Schülervorstellungen

Bei der Erhebung von Schülervorstellungen ist es unabdingbar, sich für eine empirische Forschungsmethode zu entscheiden. Während sich direkte Interviews von Schülerinnen und Schülern sehr gut eignen, um ein tiefgehendes Bild der vorhandenen Vorstellungen zu bekommen und vielleicht sogar in der Literatur noch nicht beschriebene Konzepte zu finden, sind die daraus gewonnenen Erkenntnisse schwer zu verallgemeinern und die Auswertung ist sehr zeitintensiv. Um Vorstellungen von einer großen Anzahl an Schülerinnen und Schülern erfassen zu können, bilden Multiple-Choice-Aufgaben eine geeignete Alternative.

Die Qualität eines solchen Testinstruments lässt sich vor allem an drei Faktoren festmachen:

- Objektivität
- Reliabilität
- Validität.

Die *Objektivität* gibt an, „inwieweit verschiedene Personen unabhängig voneinander (...) beim ‚Ablesen‘ des ‚Meßinstruments‘ (...) zu gleichen Ergebnissen kommen“ (Häußler et al., 1998, 64). „Ein Test ist dann objektiv, wenn er dasjenige Merkmal, das er misst, unabhängig von Testleiter, Testauswerter und von der Ergebnisinterpretation misst.“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, 8) Bei geschlossenen Fragen wie Multiple-Choice-Aufgaben kann im Allgemeinen von einer hohen Objektivität ausgegangen werden, bei offenen Antwortformen muss mit entsprechenden Auswertungsrichtlinien versucht werden, die Objektivität zu verbessern. Multiple-Choice-Aufgaben sind in Bezug auf dieses Gütekriterium aber in jedem Fall ein besseres Verfahren.

Die *Reliabilität* gibt an, „wie zuverlässig und genau ein Bewertungsverfahren mißt“ (Häußler et al., 1998, 64). „Ein Test ist dann reliabel (zuverlässig), wenn er das Merkmal, das er misst, exakt, d.h. ohne Messfehler, misst.“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, 11) Ein reliables Instrument liefert also bei der gleichen Messung die gleichen Resultate. Um diese Zuverlässigkeit zu quantifizieren, wird meist der α -Koeffizient nach Cronbach (meist „Cronbach- α “ genannt) berechnet, der sich im Grunde aus dem Quotienten der Summe der Varianzen der einzelnen Items einer Skala und der Gesamtvarianz des Tests ergibt (siehe auch Albers et al., 2007, 378-379). Der Koeffizient gibt daher an, inwieweit verschiedene Items dasselbe Konstrukt messen. Der Cronbach- α ist normiert auf einen Wert zwischen 0 und 1, bei einem Wert von 0,7 oder größer kann man von einer genügend hohen Reliabilität sprechen (vgl. Albers et al., 2007, 379). Abhängig ist der Koeffizient unter anderem von der Größe der Stichprobe, eine Vergrößerung kann durch Entfernung von Items geschehen, die eine zu geringe Trennschärfe aufweisen, was bei der Entwicklung von psychometrischen Tests eine häufig verwendete Methode ist.

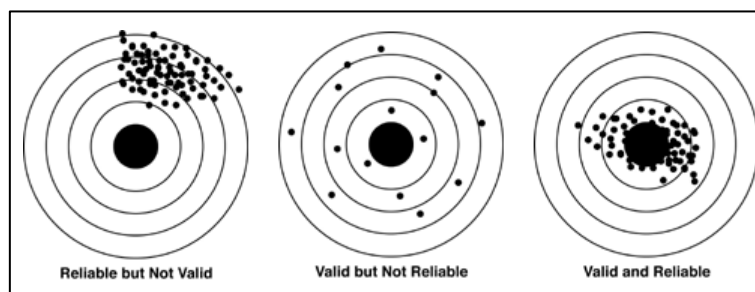


Abb. 2.3: Unterschied zwischen Reliabilität und Validität

Die Mitte der Zielscheibe stellt den „wahren Wert“ dar, den es zu messen gilt.
Jeder Punkt stellt eine Messung dar.

Die *Validität* beschreibt, „inwieweit ein Meßverfahren überhaupt das mißt, was es zu messen vorgibt“ (Häußler et al., 1998, 65). „Ein Test gilt dann als valide (»gültig«), wenn er das Merkmal, das er messen soll, auch wirklich misst und nicht irgendein anderes.“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, 13) Im

Unterschied zur Reliabilität beschreibt die Validität somit nicht (nur), *ob* etwas genau und zuverlässig gemessen wird, sondern widmet sich der Frage, *was* gemessen wird. An Abb. 2.3 ist der Unterschied zwischen Reliabilität und Validität anhand einer Zielscheibe mit dem wahren Wert als Zentrum veranschaulicht. Auf der linken Scheibe sieht man auf einen kleinen Bereich konzentrierte Messpunkte, die aber einen systematisch falschen Wert liefern (reliabel, aber nicht valide). Bei der mittleren Grafik treffen die Messpunkte zwar im Durchschnitt den wahren Wert, die einzelnen Messwerte weichen aber stark voneinander ab (valide, aber nicht reliabel). Die rechte Scheibe veranschaulicht eine valide und reliable Messung, bei der der wahre Wert scharf getroffen wird. (vgl. Weiss, 2003 oder Trochim, 2006). Die Validität (Gültigkeit) eines Messverfahrens kann auf theoretischer Ebene (etwa durch eine Expertenvalidierung) gemessen und verbessert werden, häufig werden auch mit Hilfe einer Faktorenanalyse jene Items identifiziert, die nicht nur die gewünschten Faktoren messen. Man kann dadurch den Test auf weniger Items reduzieren und im Idealfall diese Faktoren inhaltlich interpretieren und sich somit „*berechtigterweise etwas sicherer fühlen, daß ein valides Meßverfahren vorliegt*“ (Häußler et al., 1998, 66).

Diese drei Gütekriterien werden auch *Hauptgütekriterien* zur Beurteilung von Testverfahren genannt, daneben gibt es auch sogenannte *Nebengütekriterien* wie Normierung, Vergleichbarkeit, Ökonomie und Nützlichkeit. Diese Nebengütekriterien sowie weitere Differenzierungen der Hauptgütekriterien sind sehr übersichtlich in Bühner, 2004 oder auch in Moosbrugger & Kelava, 2008 dargestellt.

Unter Beachtung der obigen Kriterien wird nun ein Überblick über bereits vorhandene Tests zur Erhebung von Schülervorstellungen im Bereich der elementaren Elektrizitätslehre gegeben:

- Rhöneck-Test
- DIRECT (Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test)
- SECDT (Simple Electric Circuit Diagnostic Test)

Im Anschluss daran wird der aktuelle Entwicklungsstand von dem „AECCP-Test“ (Arbeitstitel) beschrieben, um dessen Weiterentwicklung es in dieser Arbeit geht.

2.2.1 Rhöneck-Test

Der wohl meistzitierte und -verwendete Test zur Erhebung von Schülervorstellungen stammt von Christoph von Rhöneck (1986). Der Rhöneck-Test umfasst 12 Items, die jeweils einer der folgenden Schülervorstellungen untergeordnet sind: Verbrauchsvorstellung, Differenzierung von Spannung und Strom (Schwerpunkt auf sprachliche Aspekte), Batterie als konstante Stromquelle, Vorhersage von Spannungswerten, lokale und sequentielle Vorstellung und Vorstellungen zum Widerstand.

Von Rhöneck beschreibt zwar die Durchführung des Tests an 414 Zehntklässlern aus Schweden, Frankreich und Deutschland (Rhöneck, 1986, 10), er geht allerdings nicht auf die Testkonstruktion oder Auswertungen über Häufigkeitsauszählungen ein. Schülervorstellungen werden aus dem Ankreuzverhalten der Schülerinnen und Schüler abgeleitet, eine weitere Überprüfung (etwa durch Follow-Up-Interviews) wird nicht beschrieben.

Design der Items

Von den 12 vorgestellten Aufgaben sind sieben Multiple-Choice-Fragen, wobei eine mit einer offenen Frage („Begründung:“) kombiniert ist, bei vier Aufgaben sollen Werte der Stromstärke oder Spannungswerte eingesetzt werden und eine Aufgabe hat nur eine offene Antwortmöglichkeit („Geben Sie dafür eine Begründung an“). Die Items sind somit bis auf eine Aufgabe (10) einstufig konzipiert, das heißt, es wird nach Werten oder Aussagen gefragt, diese müssen aber nicht in einem zweiten Antwortblock begründet werden.

Die Schaltbilder sind nicht gänzlich einheitlich; bei manchen Items ist etwas das Symbol für eine Batterie (Balken für die Pole) eingezeichnet, bei anderen wiederum das Symbol für eine Spannungsquelle (Kreise für die Anschlüsse) verwendet. Die Stromrichtung wird bei den Items, die

Stromstärken behandeln, mit Pfeilen in Richtung der technischen Stromrichtung veranschaulicht und somit vorgegeben.

Validität und Reliabilität

Es muss festgestellt werden, dass diese zwei Gütekriterien⁸ nicht ausreichend erfüllt sind. Angaben zur Reliabilität sind in den Beschreibungen von v. Rhöneck nicht gegeben. Hier muss davon ausgegangen werden, dass diesbezüglich keine näheren Untersuchungen angestrengt wurden.

Die Validität ist besonders zu hinterfragen. Durch das fehlende Nachfragen bezüglich einer Begründung der gegebenen Antworten müssen allein aufgrund dieser Antworten Rückschlüsse auf eine dahinterliegende Vorstellung gezogen werden. Während bei jenen Aufgaben, bei denen keine Antworten vorgegeben sind (Messwerte einzusetzen), Zufallsantworten in geringerem Ausmaß zu erwarten sind, muss bei Multiple-Choice-Aufgaben immer bedacht werden, dass hinter Antworten auch „Zufallstreffer“ stehen können. Bei drei anzukreuzenden Möglichkeiten liegt etwa die Wahrscheinlichkeit, bei zufälligem Auswählen richtig zu antworten bei einem Drittel - man kann nicht davon ausgehen, dass etwa bei 50% „richtigen“ Antworten auch die Hälfte der SchülerInnen die richtige Antwort *meinen*, geschweige denn, die physikalisch korrekte Vorstellung dahinter haben.

Auch Aufgaben, bei denen mehr Antwortmöglichkeiten vorhanden oder Werte einzusetzen sind, bieten einen großen Interpretationsspielraum. Zitzelsberger und Rabe beschreiben dies in „Eine Analyse des Rhöneck-Tests“ (Zitzelsberger & Rabe, 2010) exemplarisch anhand von drei Aufgaben dieses Tests. Beispielsweise muss die richtige Beantwortung der Aufgabe 4 (die erste und letzte Lampe bei fünf in Reihe geschalteten Lampen leuchten gleich hell, siehe Abb. 2.4) nicht auf eine korrekte Vorstellung zur Konstanz der Stromstärke hinweisen. Möglich ist etwa eine Zweizuführungsvorstellung in Verbindung mit einer Stromverbrauchsvorstellung, wodurch zwar die zwei äußersten Lampen gleich leuchten, die inneren Lampen jedoch weniger hell. Da nur nach der Helligkeit der beiden äußersten Lampen gefragt und keine Begründung verlangt wird, können diese und manch andere Vorstellungen nicht ausgeschlossen werden.

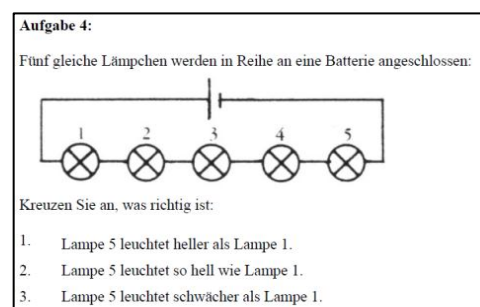


Abb. 2.4: Aufgabe 4 des Rhöneck-Tests

(Abb.4 aus Rhöneck, 1986, 12)

2.2.2 DIRECT

Der *Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT)* wurde von Paula Vetter Engelhardt und Robert J. Beichner an der State University of North Carolina entwickelt mit dem Ziel, ein ausgereiftes, diagnostisches Instrument zur Erhebung von Konzepten in Gleichstromkreisen und gleichzeitig ein Diagnosewerkzeug zur Evaluation von Unterrichtskonzepten und -strategien zu erhalten. (Engelhardt & Beichner, 2003, 2004).

Testentwicklung und -design

Nachdem der Test immer weiterentwickelt wurde, existieren verschiedene Versionen des Tests. Nachdem eine erste theoriegeleitete Version einer Expertenvalidierung unterzogen wurde, entstand Version 1.0. Die Version umfasst 29 Multiple-Choice-Fragen, die zweistufig konzipiert wurden. Die zweite Stufe besteht aus möglichen Begründungen der Antworten in der ersten Stufe. Entwickelt wurden diese sogenannten *Distraktoren* über Ergebnisse einer Vorabversion mit offenen Fragen. Nachdem der DIRECT 1.0 an 1135 Studentinnen und Studenten in den USA (teils High School, teils

⁸ Eine nähere Betrachtung der Objektivität ist nur hinsichtlich der zwei offenen Antwortmöglichkeiten indiziert.

Universität) getestet wurde, ist er einer ausführlichen Prüfung unterzogen worden. Die danach entwickelte Version 1.1 wurde an 692 Studentinnen und Studenten in den USA, Kanada und Deutschland getestet und wiederum analysiert und optimiert. Die aktuellste Version ist 1.2, wobei keine großen Änderungen mehr durchgeführt wurden - es wird auch auf der Website der NCSU auf die Beschreibung des DIRECT 1.0 (Engelhardt & Beichner, 2004) aus dem Jahre 2004 verwiesen⁹.

Reliabilität

Zur Feststellung der Reliabilität des gesamten Testes wurde die Kuder-Richardson Formel (KR-20, siehe auch Ding & Beichner, 2009), die mit dichotomen Variablen (nur die Werte „richtig beantwortet“ oder „falsch beantwortet“ statt allen möglichen Antworten) berechnet wurde¹⁰. Die erhaltenen Werte liegen für die Version 1.0 bei 0,71 und für die Version 1.1 bei 0,7. Engelhardt und Beichner (2004, 102) sehen diese Werte als Hinweis für eine ausreichende Reliabilität, wobei auch sie anmerken, dass die Werte an der unteren Grenze (Faustregel: 0,7 oder größer) liegen.

Validität

Die Validität wurde anhand der zwei Aspekte *Inhaltsvalidität* und *Konstruktvalidität* (vgl. drei Differenzierungen der Validität in Bühner, 2004, 36-41) geprüft. Eine unabhängige Expertengruppe prüfte und adaptierte den Test, um die inhaltliche Konsistenz (werden die gewünschten Inhalte abgedeckt und die gewollten Merkmale gemessen?) zu gewährleisten. Mittels Faktorenanalyse wurde der Frage nachgegangen, ob gewünschte Konzepte überhaupt gemessen werden (Konstruktvalidität). Zusätzlich wurden Interviews geführt, um die Verständlichkeit zu prüfen (Engelhardt & Beichner, 2004, 103).

Zusätzlich wurden noch weitere deskriptive Analysen durchgeführt, unter anderem wurde die durchschnittliche Trennschärfe („discrimination index“) und ein Index zur Bestimmung der Schwierigkeit des Tests („average difficulty index“) berechnet. Nach ihren detaillierten Ausführungen zu obigen Gütekriterien schlussfolgern Engelhardt und Beichner (2004, 105): „*there is evidence that both versions of DIRECT are reliable and valid.*“ Gleichzeitig merken sie jedoch an, dass der eher niedrige KR-20-Wert durch die niedrige Trennschärfe¹¹ (0,26 bzw. 0,23) und durch den hohen Schwierigkeitsgrad (average difficulty index bei 0,49 bzw. 0,41) bedingt sein könnte (Engelhardt & Beichner, 2003, 12).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der DIRECT zwar als valide und reliabel bezeichnet werden kann und sich als Diagnose- und Forschungsinstrument eignet, dass aber fraglich ist, ob Schülervorstellungen eindeutig festgestellt werden können. Einerseits ist ein Fokus auf die fachlich richtige oder falsche Beantwortung der Aufgaben festzustellen, auf der anderen Seite ist der Test nur einstufig konzipiert, wodurch falsch-negative Antworten¹², falsch-positive Antworten¹³ und zufällig gegebene Antworten nicht ausgeschlossen werden können. Es ist also davon auszugehen, dass zu viele Antworten mit einer dahinterliegenden Fehlvorstellung erklärt werden, als es in Wirklichkeit der Fall ist.

⁹ Siehe <http://www.ncsu.edu/per/TestInfo.html> (letzter Zugriff: 19.06.2011)

¹⁰ Für dichotome Variablen entspricht die KR-20 dem Cronbach- α

¹¹ Mit Trennschärfe ist hier der von Engelhardt und Beichner beschriebene „discrimination index“ gemeint. Dieser Diskriminationsindex ist genau genommen ein Spezialfall der Trennschärfe. Der Diskriminationsindex entspricht dem normierten Unterschied der Gesamtpunktezah der besten 27% der Teilnehmer und den 27%, die am schlechtesten angeschnitten haben. Der gewählte Prozentanteil kann hierbei variieren.

¹² „Falsch-negativ“: falsche Beantwortung einer Frage, obwohl eine richtige Vorstellung / Begründung vertreten wird.

¹³ „Falsch-positiv“: richtige Beantwortung einer Frage, obwohl eine falsche Vorstellung / Begründung vertreten wird.

2.2.3 SECDT

Haki Pesman und Ali Eryilmaz entwickelten den *Simple Electric Circuit Diagnostic Test (SECDT)*, der an 124 SchülerInnen (14-16 Jahre alt) in der Türkei getestet und hinsichtlich seiner Reliabilität und Validität geprüft wurde (Pesman, 2005, Pesman & Eryilmaz, 2010). Der Test besteht aus 12 Testitems, die vorwiegend Multiple-Choice-Format haben und sich auf einfache Gleichstromkreise beschränken. Mit Hilfe dieser 12 Items sollen folgende elf „misconceptions“ beschrieben werden (Pesman & Eryilmaz, 2010, 212): sink model, attenuation model, shared current model, clashing current model, empirical rule model, short circuit misconception, power supply as a constant current source model, parallel circuit misconception, sequential reasoning, local reasoning und current flow as a water flow.

Testentwicklung und -design

Besonderes Augenmerk wurde auf die Entwicklung von dreistufigen Items („*three-tier-test*“) gelegt, bei denen in der dritten Stufe nach der Sicherheit der ProbandInnen gefragt wird. Für die Entwicklung des Tests wurden zuerst Interviews geführt, die eventuell nicht in der Literatur vorhandene Schülervorstellungen aufdecken sollten und für die Gestaltung des Tests mit offenem Antwortformat auch eine Struktur lieferte. Der so entwickelte Test mit einem offenen Antwortformat („*open-ended questionnaires*“) wurde von 99 SchülerInnen auf High Schools ausgefüllt. Um die Inhaltsvalidität zu erhöhen, wurde dieser Test zuvor auch noch von Experten überprüft. Aus den so erhaltenen Ergebnissen wurden schließlich die Testitems mit dazugehörigen Erklärungsdistraktoren entwickelt und wiederum einer Expertenvvalidierung unterzogen.

Validität

Um zu prüfen, wie valide der Test ist, wurden vor allem drei quantitative Techniken benutzt. Zuerst wurde die Korrelation zwischen den Ergebnissen der ersten zwei Stufen und der dritten Stufe mit Hilfe des Pearson Koeffizienten berechnet. Der Koeffizient ist mit 0,508 nicht sehr hoch aber signifikant. Verantwortlich dürften hierfür vor allem jene SchülerInnen sein, die eine hohe Sicherheit angeben, aber schlecht abschneiden (Pesman, 2005, 69). Zweitens wurden Faktorenanalysen zu den korrekten Antworten und zu den berechneten Fehlkonzepten durchgeführt und mittels Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium überprüft, ob sich die Variablen durch Faktoren darstellen lassen. Zwei Items wurden daraufhin ausgeschieden, da deren KMO-Wert unter 0,5 war. Schlussendlich wurden die Faktoren interpretiert und argumentiert, dass der SECDT einen Großteil des qualitativen Verständnisses zu einfachen Stromkreisen für die 9. Schulstufe abdeckt (Pesman, 2005, 72ff).

Reliabilität

Die Prüfung der Reliabilität erfolgte durch Berechnung des Cronbach- α , der Wert für den gesamten Test ergab 0,69. Pesman und Eryilmaz argumentieren, dass der Wert vergleichbar mit anderen zweistufigen Tests ist und begründen damit, dass eine genügende Reliabilität vorliegt (2010, 216). Pesman (2005, 74ff) führt allerdings auch an, dass der Cronbach- α für die drei ermittelten Faktoren alleine sehr unterschiedliche Werte ergibt. Während für die ersten zwei Faktoren die Koeffizienten 0,75 und 0,73 berechnet wurden, ergibt sich für den dritten Faktor (Verständnis des Ohmschen Gesetzes) nur ein Wert von 0,24. Man muss dennoch anmerken, dass der Wert für die Gesamtreliabilität an der unteren Grenze des akzeptablen Bereichs angesiedelt ist.

In der Dissertation von Pesman (2005) werden sehr detailliert weitere Analysen des SECDT betrachtet, in denen auch viel auf Unterschiede zwischen ein-, zwei- und drei-stufigen Items eingegangen wird. Die Reliabilität der berechneten latenten Variablen („*misconception scores*“) wird ebenso analysiert und als sehr niedrig beschrieben. Ein Grund könnte nach Pesman ein bezüglich Fehlvorstellungen zu homogenes Sample sein, die errechneten Diskriminationsindizes für die einzelnen Fehlvorstellungen sind sehr niedrig. Es wird auch argumentiert, dass durch das dreistufige

Design des Tests der Anteil der falsch-positiven und falsch-negativen Antworten genau ermittelt werden kann, wodurch unter anderem auf die Inhaltsvalidität geschlossen werden kann (78f).

Insgesamt ist festzustellen, dass dieser Test durch das dreistufige Design einen großen Mehrwert hat, dass allerdings durch die niedrige Reliabilität des gesamten Tests eine Weiterentwicklung des Tests beziehungsweise weitere Untersuchungen mit einem größeren Sample sinnvoll wären.

2.2.4 AECCP - Test

Der „AECCP-Test“ wurde und wird am AECCP unter der Leitung von Hildegard Urban-Woldron entwickelt, wobei das Ziel ist, ein psychometrisch ausgereiftes Fragebogeninstrument zu entwickeln, das sowohl für die Evaluation im Unterricht als auch für die empirische fachdidaktische Forschung eingesetzt werden kann (vgl. Urban-Woldron & Hopf, 2010). Mithilfe von 23 Items sollen mit diesem Test die folgenden acht Schülervorstellungen abgebildet werden (Urban-Woldron & Hopf, 2010, 3): Strom wird verbraucht, Batterie als konstante Stromquelle, Widerstand beeinflusst Stromstärke nicht, Inverse Widerstandsvorstellung, Stromverbrauch ist proportional zum Widerstand, Lokales statt systemisches Denken, Sequentielle Argumentation und Probleme mit Parallelschaltungen.

Testentwicklung und -design

Die Pilotversion des Tests beinhaltet 30 Multiple-Choice-Items, die zum Teil von früheren Untersuchungen (z.B. Rhöneck-Test, DIRECT) übernommen und weiterentwickelt wurden und zum Teil selbst entworfen wurden. 11 der 30 Items wurden schon in diesem Entwicklungsschritt zweistufig gestaltet, wobei die Distraktoren der zweiten Stufe auf Basis des vorhandenen Forschungsstandes über Schülervorstellungen ausgewählt und formuliert wurden. An der Pilotierung des Online-Tests nahmen 422 SchülerInnen teil. Nach einer ersten Analyse wurde der Test auf 23 Items reduziert, wovon 9 Items zweistufig und 14 Items einstufig sind. Aktuell werden - unter anderem mit dieser Arbeit - einzelne Items verbessert und Distraktoren entwickelt. Als nächstes Ziel ist angedacht, den gesamten Test dreistufig zu gestalten (Urban-Woldron & Hopf, 2010, 17) - dies wurde ebenso in der dritten Phase dieser Arbeit berücksichtigt.

Reliabilität

Der Cronbach- α -Koeffizient des gesamten Tests liegt bei 0,84 (Items wurden dichotom kodiert), was für eine hohe Reliabilität spricht. Es wurden ebenso Itemschwierigkeiten (zwischen 0,11 und 0,57), Standardabweichungen und Trennschärfen der einzelnen Items berechnet. Es wurde festgestellt, dass sieben Items eine zu hohe beziehungsweise zu niedrige Streuung in Bezug auf ihre Trennschärfe aufweisen, sich bei den anderen Items aber ein positiver Zusammenhang zwischen den zwei Größen findet (Urban-Woldron & Hopf, 2010, 9). Die über Faktorenanalysen (s.u.) aus Antwortkombinationen eines oder mehrerer Items gewonnenen Variablen (siehe Urban-Woldron & Hopf, 2010, 12) wurden ebenfalls auf ihre Reliabilität getestet. Es ergibt sich für alle latenten Variablen ein Wert von 0,81 für α .

Validität

Eine Expertenvalidierung durch 14 Lehrpersonen und eine Erprobung des Pilottests mit zwei Klassen der 12. Schulstufe ermöglichte eine Verbesserung des Tests in Hinblick auf die fachlichen Inhalte, Klarheit der Formulierungen und Verständlichkeit (Urban-Woldron & Hopf, 2010, 6). Des Weiteren wurden die Testergebnisse ausführlichen Analysen unterzogen. Mit konfirmatorischen Faktorenanalysen wurde untersucht, ob sich Faktoren bilden lassen, die Schülervorstellungen abbilden („latente Variablen“) und auf Indikatorvariablen („manifeste Variablen“) zurückführen lassen. Es wurden theoriegeleitet den manifesten (beobachteten) Variablen latente Variable zugeordnet und die so entstandenen Messmodelle mit Hilfe von konfirmatorischen Faktorenanalysen getestet. Die erhaltenen Parameter der Analysen zeigen für alle acht beschriebenen Modelle eine gute

Übereinstimmung zwischen den theoretischen Annahmen und den Daten des Tests. „Die angeführten Schülervorstellungen zu Basiskonzepten in der Elektrizitätslehre lassen sich mit Hilfe von Skalen abbilden“ (Urban-Woldron & Hopf, 2010, 14). In einem weiteren Schritt wurden Strukturgleichungsmodelle erstellt und überprüft, ob und welche Zusammenhänge es zwischen den latenten Variablen gibt.

Dieses in Entwicklung befindliche Testinstrument stellt durch die hohe Reliabilität ein sehr treffsicheres Instrument dar. Durch konfirmatorische Faktorenanalysen und Strukturgleichungsmodelle kann psychometrisch verlässlich das Verständnis von ProbandInnen geprüft werden. Durch die (bisher) fehlende dritte Stufe, in der die Sicherheit bei der Beantwortung abgefragt wird, kann mit dem vorhandenen Instrument jedoch nicht zwischen Nichtwissen und unphysikalischen Vorstellungen unterschieden werden. Außerdem ist zu bedenken, dass viele Items noch keine Erklärungsdistraktoren besitzen, wodurch dort kaum falsch-positive und falsch-negative Antworten ermittelt werden können. Aufgrund der aktuellen Weiterentwicklung des Tests und von Beiträgen aus dieser und anderen Arbeiten kann aber gehofft werden, dass ein sehr gutes Instrument am Ende des Entwicklungsprozesses stehen wird.

2.2.5 Zusammenfassung (und Implikationen)

Neben den oben beschriebenen Testinstrumenten sollen an dieser Stelle noch weitere interessante Testinstrumente erwähnt werden. Das *EPSE-Network (Evidence-based Practice in Science Education)* unter der Leitung von Robin Millar an der Universität von York entwickelte einen diagnostischen Test, der sich drei Themenkreisen (electric circuits, force and motion, matter and chemical change) widmet; die Zielgruppe sind SchülerInnen zwischen 9 und 16 Jahren (siehe z.B. Millar & Hames, 2001; Millar & Hames, 2002). Der Test beinhaltet Multiple-Choice-Fragen mit zum Teil zwei- und drei-stufigem Design, aber auch viele offene Antwortformen. Durch den Fokus auf die Funktion als Diagnoseinstrument für den Unterricht, wenigen Angaben zu Reliabilität und Validität sowie die sehr breite Auswahl an Themen muss jedoch bezweifelt werden, dass dieser Test verlässlich Schülervorstellungen und Konzepte abbilden kann.

Ein sehr interessantes Testdesign wird von Imelda Caleon und R. Subramaniam (2010) mit dem *4WADI (Four-Tier Wave Diagnostic Test)* zur Erhebung von Schülervorstellungen zu Wellen beschrieben und analysiert. Obwohl mit diesem Test keine Vorstellungen in der Elektrizitätslehre behandelt werden, ist dieser Test durch die Einsetzung vierstufiger Items für die weitere Entwicklung des AECCP-Tests interessant. Caleon und Subramaniam fügten nach den Antwortmöglichkeiten *und* nach den Erklärungsdistraktoren ein „confidence rating“ ein, wodurch die Sicherheit sowohl bei der Beantwortung einer Frage als auch bei der Erklärung der gegebenen Antwort festgestellt wird. Dadurch sollen verschiedene Typen von Sicherheiten besser unterschieden werden können.

Betrachtet man die obige Auflistung der bisher vorhandenen Testinstrumente, so muss man zusammenfassend festhalten, dass keiner der genannten Tests den Anspruch eines psychometrisch verlässlichen Instruments zu Abbildung von Schülervorstellungen genügend erfüllen kann. Der Rhöneck-Test ist nur einstufig, zudem gibt es Zweifel an dessen Reliabilität und Validität. Beim DIRECT (ebenfalls einstufige Items) muss bedacht werden, dass neben der nicht allzu hohen Reliabilität ein recht umfangreiches Gebiet behandelt wird. Ebenso ist der Test auf einem hohen Niveau und somit für die 7. und 8. Schulstufe nur bedingt geeignet. Der SECDT ist ein gut analysierter Test, dessen großer Vorteil in der Verwendung von dreistufigen Items liegt. Die behandelten Themen sind wie beim AECCP-Test auf Vorstellungen im einfachen Stromkreis eingegrenzt. Zu kritisieren ist die geringe Reliabilität des gesamten Tests, die eine Optimierung und Weiterentwicklung sinnvoll erscheinen lässt. Der AECCP-Test grenzt sich in seiner aktuellen Form durch die hohe Reliabilität und auch durch tiefgehende multivariate Analysen von den vorgestellten Instrumenten ab, wobei zu sagen ist, dass gleichzeitig noch viel Optimierungsbedarf besteht.

3 Ziele und Forschungsfragen

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt in der Weiterentwicklung bestimmter Items zur Abbildung von lokalen und sequentiellen Vorstellungen für den AECCP-Test, die in einstufiger Form vorlagen und als nicht genügend valide und reliabel angesehen wurden. Durch die Entwicklung einer zweiten Stufe an Erklärungsdistraktoren sollen diese Items wirksamer und noch sicherer Schülervorstellungen abbilden. Diese Ziele sind in den folgenden zwei Forschungsfragen formuliert:

- FF 1:** *Gelingt es mit Hilfe von Fragebögen und vor allem Interviews geeignete Erklärungsdistraktoren zu finden?*
- FF 2:** *Kann man aus der Beantwortung der entwickelten Items Schülervorstellungen ableiten?*

Neben der Beantwortung dieser Forschungsfragen sollen bei dieser empirischen Untersuchung natürlich weitere Aspekte, die für die Entwicklung des AECCP-Tests eine Rolle spielen, nicht ignoriert werden.

4 Methodische Vorgangsweise

Die Methodik der Untersuchung befindet sich im theoretischen Rahmen der *mixed methods*; es werden sowohl quantitative als auch qualitative Methoden genutzt und miteinander vernetzt. In diesem Kapitel wird zunächst dieser theoretische Hintergrund skizziert und anschließend die praktische Umsetzung und der Forschungsgegenstand beschrieben.

4.1 Theoretischer Hintergrund

Phillip Mayring prägte vor über 20 Jahren den Begriff „*qualitative Wende*“ (vgl. Mayring, 2002, 9). Er beschreibt damit den in den 1970er-Jahren begonnenen Trend zu qualitativen Erkenntnismethoden. Die Ansicht, nur quantitative Vorgehensweisen würden sich als Erkenntnismethode eignen, wurde zunehmend verdrängt. Durch den Einsatz von qualitativen Vorgehensweisen liegt der Forschungsfokus verstärkt auf dem tiefgehenden „Verstehen“ und weniger auf dem reinen „Beschreiben“ des Untersuchungsgegenstands. Seit relativ kurzer Zeit gewinnt eine dritte Bewegung an Bedeutung, die die strikte Trennung zwischen qualitativer und quantitativer Forschung aufhebt und die Vorteile von beiden Methoden verbindet. Charles Teddlie und Abbas Tashakkori (2003) nennen diese Bewegung „*third methodological movement*“.

4.1.1 Quantitativ vs. Qualitativ - Mixed Methods

Im Zusammenhang mit dem Begriff „Mixed Methods“, den unter anderem Teddlie und Tashakkori prägten, wird oft „Triangulation“ genannt. Der Begriff *Triangulation* beschreibt in der Sozialforschung grundsätzlich nur die Betrachtung des Forschungsgegenstandes aus mindestens zwei Perspektiven, angelehnt an die Bedeutung in der Geodäsie. Die konkrete Umsetzung dieses Prinzips kann sich beispielsweise in verschiedenen theoretischen Zugängen, Verknüpfung verschiedener Datenquellen bzw. verschiedene Auswertungen der Daten oder in der Verwendung verschiedener Methoden äußern (vgl. Flick, 2008, 12ff). Am bedeutendsten ist wohl der letzte Gesichtspunkt, die Triangulation von Methoden. Je nach Untersuchungsgegenstand ist es denkbar, innerhalb der qualitativen oder innerhalb der quantitativen Forschung die Methoden zu variieren. Ebenso möglich ist die oben schon erwähnte Verbindung von quantitativen und qualitativen Methoden. In der Literatur finden sich verschiedene Bezeichnungen, wie „*Integration qualitativer und quantitativer Verfahren*“, „*Mixed Methodologies*“ bzw. „Mixed Methods“ oder „*Triangulation von qualitativen und quantitativen Methoden*“ (vgl. Flick, 2008, 76).

Teddlie und Tashakkori (2003, 10f) definieren „*Multiple Method Designs*“ als Überbegriff und unterscheiden zwischen „*Multimethod Designs*“ (verschiedene quantitative (QUANT) oder verschiedene qualitative (QUAL) Herangehensweisen) und „*Mixed Methods*“ (QUAN und QUAL Erhebungen bzw. Forschungsmethoden).

Die Verbindung von verschiedenen Methoden kann sehr unterschiedlich erfolgen. Abb. 5.4 zeigt eine mögliche Differenzierung zwischen verschiedenen Basisdesigns bei der Anwendung von Mixed-Methods von Miles & Huberman, 1999. In Design 1 werden laufend qualitative und quantitative Daten je nach Bedarf erhoben. In Design 2 wird vorrangig Feldforschung betrieben, wobei für verschiedene Aspekte öfters quantitative Methoden miteinbezogen werden. So können beispielsweise Hinweise einfließen, worauf sich in der Feldforschung besonders konzentriert werden sollte. Das dritte Design sieht eine alternierende Abfolge von qualitativen und quantitativen Erhebungen vor. Bei der Entwicklung eines quantitativen Fragebogens können im Vorfeld vermutlich relevante Fragestellungen exploriert werden; nach der Testung des entwickelten Fragebogens kann wiederum eine tiefergehende, überprüfende Analyse in qualitativer Form stattfinden. Im vierten Design wird eine quantitative Erhebung (beispielsweise eine Umfrage) durch eine Feldstudie ergänzt. In einem nächsten Schritt ist eine Überprüfung der bis dahin erhaltenen Ergebnisse durch eine experimentelle Intervention in das Feld möglich.

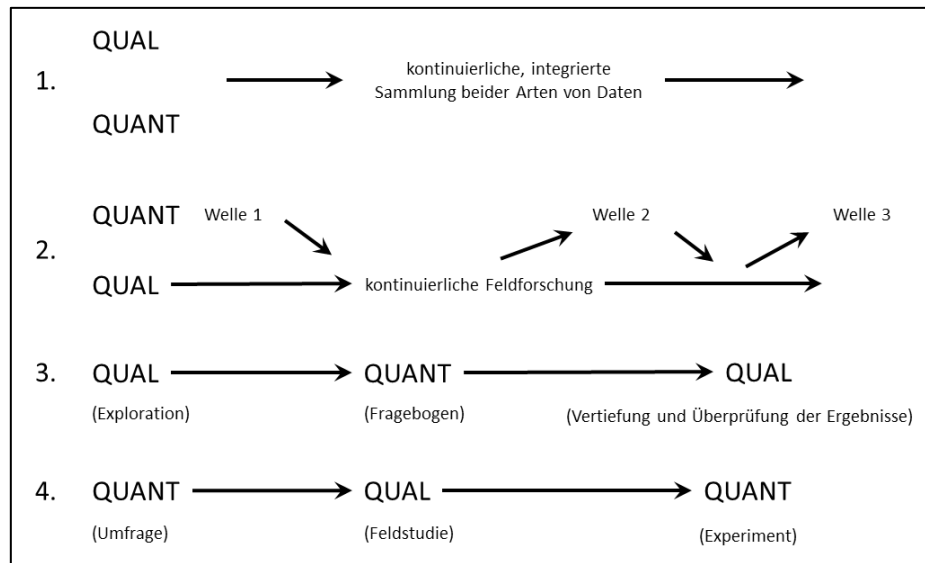


Abb. 4.1: Basisdesigns zur Verbindung qualitativer und quantitativer Forschung
(übersetzt von Verf., nach Miles & Huberman, 1999, 41)

4.1.2 Beschreibung spezieller Methoden

Das problemzentrierte Interview

In der Literatur finden sich verschiedenste (und somit diskutierbare) Unterscheidungen von qualitativen Interviews. Nach Siegfried Lamnek (König & Zedler, 2002, 172) wird einerseits inhaltlich differenziert (wie etwa zwischen situationsflexiblem, problemzentriertem und rezeptivem Interview), andererseits wird auch nach dem Grad der Standardisierung (wie teilstrukturiert oder teilstandardisiert, unstrukturiert oder offen und halbstandardisiert) klassifiziert. Lamnek selbst versucht, über acht Differenzierungen einen möglichst breiten Überblick über verschiedene Formen von qualitativen Interviews bieten zu können: Das fokussierte, das halbstandardisierte, das Experten-, das Tiefen- oder Intensiv-, das problemzentrierte, das episodische, das narrative und das rezeptive Interview. Die obige Reihenfolge wurde von Lamnek so gewählt, dass möglichst eine „tendenziell zunehmende qualitative Orientierung“, also eine zunehmende Offenheit und Flexibilität, gegeben ist (siehe König & Zedler, 2002, 173ff). Philipp Mayring reduziert die Beschreibung von sprachlichen Erhebungsverfahren in „Einführung in die Qualitative Sozialforschung“ (Mayring, 2002) auf nur drei Methoden: Problemzentriertes und narratives Interview, sowie Gruppendiskussion. Das im Folgenden näher beschriebene problemzentrierte Interview lässt sich also als Mittelweg zwischen einer eingegrenzten, durchstrukturierten und einer völlig offenen, erzählungsanimierenden Befragungsmethode sehen.

Der Begriff des *problemzentrierten Interviews* geht auf Andreas Witzel (siehe Witzel, 1985, 2000) zurück. In der Beschreibung von Witzel wird unter dem problemzentrierten Interview ein Methodenmix aus qualitativem Interview, Fallanalyse, biographischer Methode, Gruppendiskussion und Inhaltsanalyse verstanden - Mayring (2002) sowie Lamnek (in König & Zedler, 2002) konzentrieren sich in ihren Beschreibungen allerdings vorrangig auf das qualitative Interview, dass auch von Witzel (2000, 3) als wichtigstes Instrument innerhalb dieser Methodenkombination gesehen wird.

Das problemzentrierte Interview hat drei Grundpositionen (vgl. Witzel, 2000, 3ff; Mayring, 2002, 68):

1. Die *Problemzentrierung*: Durch vorausgehende Beschäftigung des Interviewers mit der vorliegenden, eventuell durch die Theorie definierte Problemlage, werden im Interview gezielt objektive Forschungsaspekte betrachtet und durch gezieltes Nachfragen die subjektive Sichtweise der Befragten erarbeitet. Durch einen vorab erarbeiteten Interviewleitfaden kann die Problemzentrierung gestützt werden.

2. Die *Gegenstandsorientierung*: Die Gestaltung des Interviews hat sich an den Anforderungen des Gegenstands zu orientieren, die gewählten Methoden und Erhebungsinstrumente werden hierfür sorgfältig ausgewählt und angepasst.
3. Die *Prozessorientierung*: Nach Witzel (1985) „*betrifft das Kriterium der **Prozeßorientierung** neben der **Gesamtgestaltung** des Forschungsablaufes und der Entwicklung des kommunikativen Austauschs im Interview auch den Aspekt der Entwicklung des Verstehensprozesses im Interview bis hin zur kontrollierten **Absicherung** und Erweiterung der Interpretation im wissenschaftlichen Kontext*“ (234). Der Forschungsprozess muss also ständig reflektiert werden, er darf und soll Änderungen unterworfen sein, wenn sich diese als nötig erweisen. Dies gilt insbesondere auch für den Verlauf des Interviews.

Lamnek (vgl. König & Zedler, 2002, 178) sieht vier Phasen des Ablaufes eines problemzentrierten Interviews, wobei er als „Phase 0“ die Möglichkeit des Voranstellens eines standardisierten Kurzfragebogens (als Hilfe für den Einstieg in das Interview oder als Möglichkeit, biographische Daten festzuhalten) bezeichnet:

1. Eine *Einstiegsphase*, in der die Intention und das Erkenntnisinteresse der Interviewerin / des Interviewers dargelegt werden und die Wichtigkeit der Darstellung der individuellen Vorstellungen und Meinungen betont wird.
2. Eine *allgemeine Sondierungsphase*, in der ein Erzählstimulus als Einstieg in das eigentliche Interview gebracht wird.
3. Eine *spezifische Sondierungsphase*, die eine verständnisgenerierende Funktion hat. In dieser Phase nutzt der / die InterviewerIn drei spezielle Kommunikationsstrategien¹⁴: *Zurückspiegelung* (das Erzählte in eigenen Worten wiedergeben), *Stellen von Verständnisfragen* (auch zum Aufdecken von Widersprüchen) und *Konfrontation* (möglichst einfühlsames direktes Entgegenhalten von Widersprüchen und Unklarheiten).
4. Eine *ad-hoc-Phase*, in der als Abschluss des Interviews noch bisher ausgelassene Themen angesprochen werden.

Aufbereitung der Daten - Transkription

Um die erhaltenen Informationen auswerten zu können, ist eine Audioaufnahme mit anschließender Transkription sinnvoll. Die Detailtreue dieser Aufbereitung der Daten ist auf Basis des Erkenntnisinteresses und des Untersuchungsgegenstands zu bestimmen. Sehr exakt und aufwendig ist die Technik der phonetischen Transkription. Inhalts- und themenorientierter sind dagegen Transkriptionstechniken, die sich vorrangig auf das Gesprochene konzentrieren. Zu entscheiden ist hier, ob eine *literarische Umschrift* (vorhandener Dialekt und Umgangssprache wird direkt in die Niederschrift übertragen) oder eine *Übertragung ins normale Schriftdeutsch* (Bereinigung des Dialekts, Korrektur von Satzbaufehlern, Glättung des Stils) sinnvoller ist (vgl. Mayring, 2002). Um das Transkript in der richtigen Weise interpretierbar zu machen, ist die Einhaltung von Transkriptionsregeln erforderlich. Übliche Transkriptionssysteme existieren von Hoffmann-Riem (1984, 331, zitiert in Kuckartz, 1999, 47) oder von Kallmeyer / Schütze (1976, 6, zitiert in Mayring, 2002, 92), wobei letzteres System aufwendigere Regeln¹⁵ beinhaltet.

¹⁴ Diese Unterbrechungen des Gesprächsflusses stellen einen großen Unterschied zum narrativen und rezeptiven Interview dar. Witzel (1985) sieht in einer solchen Unterbrechung keinen Nachteil, vielmehr argumentiert er: „Die Sondierung blockiert daher das Gespräch auch nicht (...), sondern befördert es, wenn die Befragten diese Bemühungen des Interviewers anerkennen.“ (248)

¹⁵ wie etwa die Kennzeichnung von Stimmhebungen oder Senkungen, die bei Hoffmann-Riem nicht festgehalten werden

Analyse der Daten - Qualitative Inhaltsanalyse

„Qualitative Inhaltsanalyse will Texte systematisch analysieren, indem sie das Material schrittweise mit theoriegeleitet am Material entwickelten Kategoriensystemen bearbeitet.“ Mayring, 2002, 114)

Die konkrete Anwendung der Kategoriensysteme und der Analysetechniken ist stark vom Erkenntnisinteresse und vom Umfang der geplanten Arbeit abhängig. Mayring (2002) beschreibt drei Grundformen qualitativer Inhaltsanalyse:

- Die *Zusammenfassung* dient einerseits zur Reduktion des Materials mit dem Versuch, ein übersichtliches Abbild zu erhalten. Sie eignet sich gut zur induktiven Kategorienbildung.
- Bei der *Explikation* wird zu einzelnen Textteilen zur Vertiefung zusätzliches Material herangetragen.
- Die *Strukturierung* beschreibt die Analyse zur Herausfilterung von bestimmten Aspekten, die Bildung eines spezifischen Querschnitts durch das Material oder einer allgemeinen Einschätzung des Materials aufgrund bestimmter Kriterien.

Die Umsetzung der Analyse in dieser Arbeit wird bei der Darstellung des Untersuchungsdesigns und der Methodik der Untersuchung näher beschrieben.

Multiple-Choice Tests

In Kapitel 2.2 sind die wichtigsten Gütekriterien zur deskriptiven statistischen Evaluation von quantitativen Erhebungsinstrumenten beschrieben und bei dem Vergleich der vorhandenen Testinstrumente zur Erhebung von Schülervorstellungen weiter ausgeführt. An dieser Stelle werden daher nur ergänzende Aspekte betrachtet, die beim Entwurf eines solchen Testinstruments besonders zu beachten sind. Während in der fachdidaktischen Literatur immer häufiger detaillierte Analysen zu Diagnoseinstrumenten zu finden sind, wird die Problematik der Konstruktion und des Designs dieser Instrumente seltener beschrieben. In der schon zitierten Dissertation von Haki Pesman (2005) wird etwa sehr intensiv auf die unterschiedlichen Vor- und Nachteile zwischen ein-, zwei- und dreistufigen Testitems eingegangen¹⁶. Abgesehen von der Überprüfung auf Verständlichkeit durch Lehrpersonen ist aber nicht näher beschrieben, ob beispielsweise das Design der Schaltbilder, der Aufbau des Tests oder die Struktur der Fragestellungen hinterfragt oder erforscht wurden. An diesem Punkt werden daher einige für die Testkonstruktion wichtige Überlegungen angeführt; der Fokus liegt hier auf objektiven Persönlichkeitstests im Multiple-Choice-Format.

Bei der Testkonstruktion muss in jedem Fall die Länge beachtet werden. Während durch mehr Testitems die Informationsfülle und im Allgemeinen auch die Zuverlässigkeit steigt, muss abgewogen werden, wie viel Bearbeitungsaufwand den ProbandInnen zugemutet werden kann und wie weit die Motivation darunter leidet. Außerdem kann ab einer gewissen Aufgabenanzahl nicht mehr von einer wesentlichen Reliabilitätssteigerung ausgegangen werden (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, 34). Hilfreich könnte bei dieser Problematik die Entscheidung für ein computergestütztes Format sein, wobei zu klären ist, ob bei dem jeweiligen Itemdesign eine Zeitersparnis gegenüber dem herkömmlichen „Paper-Pencil“-Format möglich ist¹⁷.

Entscheidet man sich für ein gebundenes Antwortformat wie Multiple-Choice-Aufgaben, so ist die Exhaustivität und gleichzeitig die Disjunktheit der Distraktoren von großer Wichtigkeit¹⁸. Wird nicht die Gesamtheit der möglichen Antworten abgedeckt, so muss sich einE ProbandIn mit einer alternativen

¹⁶ Am Ende seiner Einleitung spricht Pesman auch davon, dass seine Studie einen Beitrag leisten soll, um die Lücke in der Literatur hinsichtlich physikbezogener dreistufiger Multiple-Choice-Tests zu füllen. (Pesman, 2005, 7)

¹⁷ Zusätzlich werden bei der Entscheidung für die Art der Testadministration natürlich weitere Faktoren wie etwa die thematische Ausrichtung oder die Art des Erkenntnisinteresses zu bedenken sein.

¹⁸ vgl. Moosbrugger & Kelava, 2008, 46. Die Vollständigkeit (Exhaustivität) ist bei Leistungstests (im Gegensatz zu den hier betrachteten Persönlichkeitstests) von weniger großer Bedeutung.

Vorstellung für eine Antwort entscheiden, die nicht der eigenen Überzeugung entspricht. Überschneiden sich die Aussagen, wird die Testperson durch Zufall entscheiden müssen, welche Antwort ausgewählt wird. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Anzahl der Auswahlmöglichkeiten abzuwägen. Eine Möglichkeit, der Unvollständigkeit entgegen zu wirken, ist das Anfügen einer offenen Antwortmöglichkeit, in der die Testperson in eigenen Worten eine Antwort formulieren kann. Dies kann allerdings auch bewirken, dass sich die Streuung der Antworten vergrößert und stellt außerdem einen zusätzlichen administrativen Aufwand dar.

Werden Rating-Skalen verwendet (wie in der dritten Stufe der hier vorgestellten dreistufigen Items, in denen nach der Sicherheit bei der Beantwortung gefragt wird¹⁹), ist eine geeignete Skaleneinteilung wichtig. Eine *verbale Ratingskala* (Skalenpunkte sind mit Worten statt mit Zahlen bezeichnet) „*hat den Vorteil, dass die Interpretation der Skalenpunkte intersubjektiv einheitlicher erfolgt*“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, 52). Die Testpersonen müssen also nicht interpretieren, was mit den einzelnen Skalenpunkten gemeint ist. Die Kategorienanzahl der Skala ist ebenso entscheidend für die Verteilung der Antworten. Eine dichotome Einteilung (ja / nein) liefert eine eindeutige Zuordnung und ist somit leicht zu interpretieren; sie liefert aber wenig Differenzierung. Bei einer größeren Anzahl (von idealerweise möglichst äquidistanten und symmetrisch verteilten) von Kategorien, muss abgewogen werden, ob eine neutrale Mittelkategorie (ungerade Anzahl) verwendet wird oder nicht. Moosbrugger und Kelava (2008, 53f) betrachten solch eine neutrale Antwortmöglichkeit kritisch. Häufig dient sie als Möglichkeit, der Frage ausweichen zu können; von motivierten ProbandInnen wird die mittlere Antwort eher gemieden. „*Die daraus resultierende Konfundierung (Vermischung, Vermengung) des interessierenden Konstrukts mit einem konstrukt fremden Antwortverhalten kann zu erheblichen Validitätsproblemen und somit zu Verzerrungen in der Interpretation der Befunde führen.*“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, 54) Neben grundsätzlichen Entscheidungen muss eine klare Formulierung der Testitems gewährleistet werden. Entscheidende Punkte sind hierfür die Sprache und Verständlichkeit, die Eindeutigkeit des Iteminhalts und die Schwierigkeit der Aufgaben. Moosbrugger und Kelava (2008, 62ff) listen dazu eine große Zahl an Aspekten auf, die zu beachten sind; eine Auswahl wird im Folgenden sinngemäß wiedergegeben:

- i. Vermeidung von zu komplizierten Satzkonstruktionen und umständlichen Fragen.
- ii. Anpassung der Begriffe und Formulierungen an die Zielgruppe.
- iii. Angaben zur Intensität oder Häufigkeit sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Eine Antwortmöglichkeit wie „L1 leuchtet viel heller als L2“ kann verwirrender und weniger eindeutig wirken als eine nicht gesteigerte Form wie „L1 leuchtet heller als L2“.
- iv. Der Iteminhalt darf nicht verschieden interpretierbar sein.
- v. Ein Item soll nur eine Aussage enthalten. Bei zwei Aussagen ist nicht zu unterscheiden, ob nur einer oder beiden Aussagen zugestimmt wurde.
- vi. Die Itemformulierung soll so gewählt werden, dass ProbandInnen mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen auch Unterschiede im Antwortverhalten aufweisen. Sehr leichte und sehr schwere Aufgaben sollen daher im Allgemeinen vermieden werden, da diese eine zu niedrige Itemvarianz aufweisen.
- vii. Suggestivfragen sind zu vermeiden.

¹⁹ Die Items des SECDT haben etwa eine zweistufige Skala (Sure / Not Sure), die Items des 4WADI eine 6-stufige Skala (Just Guessing / Very Unconfident / Unconfident / Confident / Very Confident / Absolutely Confident) und die hier behandelten Items in der dritten Version eine vierstufige Skala (sehr sicher / ziemlich sicher / nicht so sicher / sehr unsicher).

4.2 Beschreibung der Testitems

Im Zuge der Festlegung auf das Thema „sequentielle und lokale Argumentation in der Elektrizitätslehre“ wurden sieben Testitems aus dem AECCP-Test (siehe Urban-Woldron & Hopf, 2010) ausgewählt, die versprachen, jene zwei Vorstellungen abbilden zu können. Die ersten fünf Items (C1 und C2, C4, C8 und C9) sollen zur Abbildung von sequentiellen Vorstellungen dienen, die letzten zwei Items (D1, D2) sollen vorhandene lokale Vorstellungen erkennen lassen.

Tab. 4.1: Übersicht über Bezeichnungen der Items

„Alt“	„Neu“	Schaltbild und Fragestellung	Bemerkung
C1	Item 2	Schaltung: R1 - L - R2 Frage nach <i>Stromstärke</i> in L bei vergrößertem R1	
C2	Item 13	Schaltung: R1 - L - R2 (wie C1) Frage nach <i>Stromstärke</i> bei vergrößertem R2	
C4	Item 26	Schaltung: L1 - R - L2 Frage nach <i>Helligkeit</i> L bei vergrößertem R	
C8 (a) C8 (b)	Item 10 Item 29	Schaltung: R1 - L - R2 (wie C1 / C2, aber Schaltbild um 90° gedreht) Frage nach <i>Helligkeit</i> von L bei vergrößertem / verkleinertem R1	Ab Phase 2 nur noch (a) / Item 10 verwendet („R1 verkleinert“)
C9 (a) C9 (b)	Item 15 Item 25	Schaltung: R1 - L - R2 (wie C8) Frage nach <i>Helligkeit</i> von L bei vergrößertem / verkleinertem R2	Ab Phase 2 nur noch (b) / Item 25 verwendet („R2 vergrößert“)
D1	Item 16	Schaltung: drei L parallel geschaltet Frage nach <i>Stromstärken</i> I1, I2, I3 (bei den L)	
D2	-	Schaltung: R1 und R2 parallel geschaltet Frage nach <i>Stromstärken</i> I1, I2 (bei den R) und I (Gesamtstromstärke)	Nicht in Publikation aufgeführt, da bei der Analyse ausgeschieden

„Alt“: in dieser Arbeit verwendete Bezeichnungen, „Neu“: Bezeichnungen in der Publikation von Urban-Woldron und Hopf (2010), Abk.: R...Widerstand, L...Lämpchen / Lampe / Glühbirne, I...Stromstärke

Die Bezeichnungen der Items in dieser Arbeit sind jene, die in den Erhebungen verwendet wurden und entsprechen den alten Bezeichnungen im gesamten Testinstrument von Urban-Woldron und Hopf (2010). Nachdem in der zitierten Publikation die Items nummeriert sind, sind diese Bezeichnungen an relevanten Stellen zusätzlich erwähnt. Die Abb. 4.1 gibt einen Überblick, wobei zusätzlich Stichworte zur Aufgabenstellung angefügt sind. Im Folgenden werden die einzelnen Items näher beschrieben.

Testitems C1 und C2

In Abb. 4.2 sind die Items C1 und C2 zu sehen; von C2 ist nur ein Ausschnitt abgebildet, da der restliche Teil ident ist. Die Aufgaben behandeln einen einfachen Stromkreis, in dem zwei Widerstände und eine dazwischenliegende Lampe in Reihe geschaltet sind. Gefragt ist, ob sich die Stromstärke durch die Glühbirne verändert, wenn man den ersten bzw. den zweiten Widerstand vergrößert. Die Intention hinter diesen Items ist, festzustellen, ob es für SchülerInnen einen Unterschied macht, dass ein „davorliegender“ oder ein „dahinterliegender“ Widerstand geändert wird. Eine unterschiedliche Beantwortung von C1 und C2 kann also eine sequentielle Vorstellung indizieren (siehe auch „

Sequentielle Argumentation“ auf Seite 8).

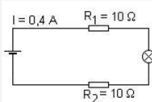
C1)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.	
	Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?	
☐	Die Stromstärke ist nun kleiner als 0,4 A.	
☐	Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher.	
☐	Die Stromstärke ist jetzt größer als 0,4 A.	
C2)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.	

Abb. 4.2: Testitems C1 und C2 in der ursprünglichen Version

Die Bezeichnung C1 entspricht Item 2, C2 entspricht Item 13 in der Publikation von Urban-Woldron & Hopf, 2010.

Diese Items entsprechen sehr genau der Aufgabe 7 im Rhöneck-Test (Abb.7 in Rhöneck, 1986, 12), wobei dort drei Schaltbilder abgebildet sind (ursprüngliche Schaltung, Schaltung bei verändertem Widerstand R_1 und Schaltung bei verändertem Widerstand R_2). In der hier verwendeten Version ist das Item einerseits auf zwei Items aufgeteilt, andererseits wird nur die ursprüngliche Schaltung abgebildet.

Testitem C4

Das in Abb. 4.3 zu sehende Item C4 behandelt einen Stromkreis, in dem ein Widerstand zwischen zwei Lampen in Reihe geschaltet ist. Im Gegensatz zu den zwei vorigen Items wird hier nach der Helligkeit der Lampen und nicht nach der Stromstärke gefragt, falls der Widerstand vergrößert wird.

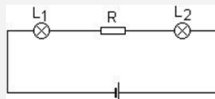
C4)	Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit. Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2 , wenn der Widerstand R vergrößert wird?	
☐	L_1 bleibt gleich hell, L_2 leuchtet schwächer.	
☐	L_1 leuchtet schwächer, L_2 bleibt gleich hell.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide stärker.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide schwächer.	
☐	L_1 und L_2 leuchten gleich hell wie vorher.	

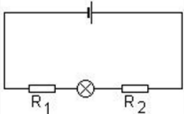
Abb. 4.3: Testitem C4 in der ursprünglichen Version

Das Item C4 entspricht Item 26 in Urban-Woldron & Hopf, 2010.

Vergleichbare Testfragen sind auch in der Literatur zu finden: Closset verwendet in seinem 1984 beschriebenen Test ein Item mit der gleichen Schaltskizze (Abb. 3 in Closset, 1984, 25) und stellt auch die Frage nach der Helligkeit der zwei Lampen bei vergrößertem Widerstand. Ebenso zu finden ist diese Aufgabe im DIRECT (Aufgabe 26 in Engelhardt & Beichner, 2004, 113) mit den gleichen Antwortmöglichkeiten. Einzig der erste Satz („Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit“) ist dort nicht vorhanden - dieser einleitende Satz wird noch später in dieser Arbeit kritisch betrachtet. Bei beiden Testaufgaben sind analog zur abgebildeten Version des Items C4 keine Erklärungsdistraktoren vorhanden.

Testitems C8 und C9

Die Schaltung der Testitems C8 und C9 entspricht genau jener der Items C1 und C2. Die Schaltskizze ist allerdings um 90° gedreht (Batterie oben statt links) und die zwei Widerstände mit dazwischen liegender Lampe sind alle auf einer Seite des Rechtecks, während in C1 und C2 die drei Bauteile auf drei Seiten des Rechtecks aufgeteilt sind. Des Weiteren wird hier - wie in C4 - nach der Veränderung der Helligkeit der Lampe gefragt, während in C1 und C2 die Veränderung der Stromstärke durch die Lampe anzugeben ist. In der ursprünglichen Version (Abb. 4.4) wird außerdem zwischen den Auswirkungen eines verkleinerten und eines vergrößerten Widerstandes unterschieden.

C8) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen. Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und ...		
a) ... wenn R_1 verkleinert wird	b) ... wenn R_1 vergrößert wird	
☐ Die Lampe leuchtet heller.	☐ Die Lampe leuchtet heller.	
☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.	☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.	
☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.	☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.	

C9) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen. Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und ...		
a) ... wenn R_2 verkleinert wird	b) ... wenn R_2 vergrößert wird	

Abb. 4.4: Testitems C8 und C9 in der ursprünglichen Version

Bezeichnungen: C8a: Item 10, C8b: Item 29, C9a: Item 15, C9b: Item 25

Der abgeschnittene Teil von C9 entspricht exakt dem von C8.

Shipstone (1985, Fig.4, 77) beschreibt die gleiche Aufgabe als eine Fragestellung, die das „sequence model“ aufdecken soll. Im SECDT ist ebenso eine ähnliche Aufgabe gestellt, wobei dort analog zu C1 und C2 die Widerstände konkret von 10 auf 20 Ohm verändert werden²⁰ (Aufgabe 9, siehe Pesman & Eryilmaz, 2010, 221). Diese Items sollen wie auch C1, C2 und C4 sequentielle Vorstellungen messbar machen, zusätzlich könnten Unterschiede von Argumentationen bezüglich der Helligkeit von Lampen gegenüber Argumentationen bezüglich der Stromstärke bei C1 und C2 auftreten. Falls die konkrete Gestaltung der Schaltskizze für die Testperson von Wichtigkeit ist (z.B. Unterschied zwischen „oben“ und „unten“ oder Vorhandensein einer Ecke zwischen Widerstand und Lampe), kann dies eventuell durch den Vergleich zwischen C8/9 und C1/2 herausgelesen werden.

Testitem D1

Im Gegensatz zu den vorigen fünf Testitems zielt das Item D1 vorrangig auf die lokale Argumentation ab (siehe auch „Lokales Denken“ auf Seite 7). Während bei allen übrigen vorgestellten Items ankreuzbare Antwortmöglichkeiten vorgegeben sind, sind hier konkrete Werte für die Stromstärken in jedem Zweig der drei parallelgeschalteten Lampen anzugeben. Werden unterschiedliche Werte für I_1 , I_2 und I_3 angegeben, kann vermutet werden, dass lokal gedacht wurde, also beispielsweise die Vorstellung vorhanden ist, dass sich der Strom in jeder Verzweigung halbiert. Zusätzlich können bei dieser Aufgabe Schwierigkeiten mit der Topologie des Stromkreises auftauchen, die Schaltung also beispielsweise nicht als Parallelschaltung erkannt werden.

D1) Die Birnchen im folgenden Stromkreis sind alle gleich. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A. Wie groß sind die Stromstärken in den Verzweigungen? Ergänze die fehlenden Werte für I_1, I_2 und I_3!		
Stromstärke I_1 =		A
Stromstärke I_2 =		A
Stromstärke I_3 =		A

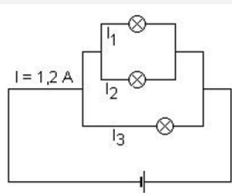


Abb. 4.5: Testitem D1 in der ursprünglichen Version

Das Item D1 entspricht Item 16 in Urban-Woldron & Hopf, 2010.

Die ursprüngliche Version von Item D1 (Abb. 4.5) entspricht großteils der Aufgabe 6 im Rhöneck-Test (Abb. 6 in Rhöneck, 1986, 12). Unterschiede sind zu finden bei den hier unsymmetrischen angeordneten Lampen, dem zusätzlichen Einleitungssatz und dem Fehlen von Pfeilen, die die Stromrichtung andeuten (siehe auch Abschnitt 6.2). Im SECDT ist diese Aufgabe ebenso enthalten (Aufgabe 2, siehe Pesman & Eryilmaz, 2010, 218), dort sind allerdings zwei Antworten vorgegeben

²⁰ Des Weiteren ist dieses Item wie alle Aufgaben des SECDT dreistufig. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass beide Fälle (R_1 wird verändert und R_2 wird verändert) in eine Fragestellung verpackt sind.

(0,6 / 0,3 / 0,3 und 0,4 / 0,4 / 0,4). Schon Rhöneck erwähnt allerdings eine dritte häufige Antwort: $I_1 = I_2 = I_3 = 1,2\text{A}$. Diese deutet nach Rhöneck (1986, 11) auf eine Konstantstromvorstellung im falschen Kontext hin.

Testitem D2

Dieses Item (Abb. 4.6) zielt wie das Item D1 vorrangig auf lokale Vorstellungen ab. In dieser Schaltung sind zwei Widerstände parallel geschaltet; gefragt ist nach einer möglichen Veränderung der Teilströme und der Gesamtstromstärke. Einerseits ist zu vermuten, dass bei der Beantwortung der Aufgabe lokale Vorstellungen stark hervortreten (z.B.: „An der Verzweigung halbiert sich der Strom, unabhängig von den dahinterliegenden Widerständen.“), andererseits könnten auch Schwierigkeiten mit dem Widerstandsbegriff auftauchen.

D2)	Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.				
	Wie verhalten sich dann die Ströme I_1 , I_2 und I ?				
	Die Stromstärke I_1 ...	Die Stromstärke I_2 ...	Die Stromstärke I_{ges} ...		
☐	wird größer	☐	wird größer	☐	wird größer
☐	wird kleiner	☐	wird kleiner	☐	wird kleiner
☐	bleibt gleich	☐	bleibt gleich	☐	bleibt gleich

Abb. 4.6: Testitem D2 in der ursprünglichen Version

Das Item D2 ist in der oben erwähnten Publikation von Urban-Woldron und Hopf(2010) nicht beschrieben.

Im Rhöneck-Test ist die Aufgabe 9 (Abb. 9 in Rhöneck, 1986, 14) unter der Überschrift „Schwierigkeiten beim Widerstandsbegriff“ beschrieben. Die Aufgabe 9 entspricht in Bezug auf Aufgabenstellung und Antwortmöglichkeiten genau der Version von D2 in Abb. 4.6, wobei im Schaltbild bei Rhöneck statt dem Batteriesymbol ein Symbol einer Spannungsquelle mit 4V zu finden ist. Grund wird dafür keiner angegeben, es wäre aber denkbar, dass dadurch die Berechnung der Stromstärken (trotz rein qualitativer Fragestellung) über das Ohmsche Gesetz ermöglicht werden soll. Ein weiterer Unterschied im Schaltbild ist wie schon beim vorigen Item die Darstellung der technischen Stromrichtung über Pfeile nahe den Beschriftungen I , I_1 und I_2 .

4.3 Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign²¹ formt die Rahmenbedingungen für diese empirische Erhebung und entspricht der grundlegenden Konzeption der geplanten empirischen Untersuchung. Unter Beachtung der in Kapitel 3 formulierten Ziele und Forschungsfragen und der in 4.2 vorgestellten Auswahl der Testitems wurde das Untersuchungsdesign entwickelt.

Die Zielsetzung ist, die Vorstellungen und Konzepte und die daraus abgeleiteten Lösungswege von Schülerinnen und Schülern in der elementaren Elektrizitätslehre zu untersuchen. Durchgeführt wird die Untersuchung mit SchülerInnen aus der 7. und 8. Schulstufe, die vor dem Zeitpunkt der Untersuchung schon einmal Unterricht in Elektrizitätslehre besucht hatten. Es ist eine ausführliche Auseinandersetzung mit den Schülerinnen und Schülern nötig; sie müssen die Möglichkeit haben, sich intensiv mit der Thematik auseinanderzusetzen und die eigenen Vorstellungen zu artikulieren. Der Forschungsansatz muss individuelle Herangehensweisen der SchülerInnen ermöglichen, gleichzeitig sollte die Interaktion mit ihnen so strukturiert sein, dass die eng eingegrenzte Thematik genügend Beachtung findet. Um dies zu gewährleisten, eignen sich Einzelinterviews am besten, wobei die Lösungswege bei der Beantwortung eines Testinstruments erst durch die selbstständige Erarbeitung der SchülerInnen umfassend genug studiert werden können. Es ergibt sich somit folgende Gliederung der Untersuchung:

- in *Phase 1* werden durch problemzentrierte Interviews gemeinsam mit den interviewten SchülerInnen die Fragestellungen der untersuchten Items bearbeitet, um daraus mögliche Erklärungen für die verschiedenen Antwortmöglichkeiten zu gewinnen und gleichzeitig die Verständlichkeit der Fragen zu überprüfen.
- In *Phase 2* wird der mit den Ergebnissen aus Phase 1 entwickelte Test von SchülerInnen selbstständig ausgefüllt und die so erhaltenen Ergebnisse durch sogenannte Follow-Up-Interviews mit einzelnen Schülerinnen näher beleuchtet. Bei der Auswahl der nun interviewten SchülerInnen wird darauf geachtet, dass jene ausgewählt werden, deren Testergebnisse auf für die Untersuchung relevante Vorstellungen hindeuten.

Durch ein zu geringes Sample in Phase 2 (es konnten nur 5 Interviews bei 46 Testteilnehmern geführt werden) wurde entschieden, eine *Phase 3* anzufügen, die der Phase 2 entspricht, bei der allerdings durch den zeitlichen Abstand eine weiterentwickelte Version des Tests verwendet werden konnte. In der von Miles und Huberman getroffenen Einteilung (siehe Kap. 4.1, Abb. 5.4) kann man dieses Design als dritten Typ bezeichnen. In Abb. 4.7 ist nur das dritte Design abgebildet und entsprechend angepasst, um die drei Phasen zu veranschaulichen. Der strichlierte Pfeil zeigt den vom Basisdesign abweichenden Schritt; die nochmalige Weiterentwicklung des Tests mit darauffolgenden Interviews. Im Folgenden ist die konkrete Methodenwahl ausführlicher beschrieben.

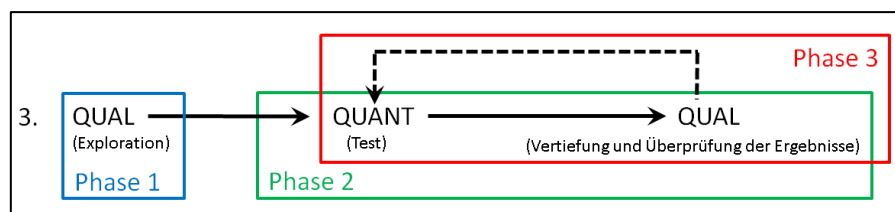


Abb. 4.7: Angepasstes drittes Basisdesign

(nach Miles & Huberman, 1999, 41)

²¹ „Der Untersuchungsplan umfasst auf formaler Ebene Untersuchungsziel und -ablauf, (...). Davon unterschieden werden die Methoden der Datenerhebung, Datenaufbereitung und Auswertung.“ (Mayring, 2002, 40)

4.4 Methodik der Datenerhebung, Datenaufbereitung und Datenauswertung

Entscheidend für den Ausgang einer empirischen Forschung ist die Auswahl der Methoden, um der Zielsetzung möglichst nahe zu kommen. Die Auswahl wird durch das Erkenntnisinteresse und das Untersuchungsdesign bestimmt, wobei natürlich immer die beschränkten Ressourcen (zeitlicher Rahmen, Arbeitsaufwand) beachtet werden mussten.

Phase 1

Der erste Schritt ist die Gewinnung von Erklärungsdistraktoren und die Überprüfung der Verständlichkeit der vorhandenen Items. Um hierfür die Vorstellungen und den Umgang mit vorgelegten Schaltbildern inklusive entsprechender Fragestellungen möglichst gut zu ergründen, sind qualitative Interviews am besten geeignet. Es wurde somit ein erster *Interviewleitfaden* entwickelt, der den zu führenden *problemzentrierten Interviews*²² eine äußere Struktur und somit eine möglichst hohe Vergleichbarkeit geben sollte. Im Vorfeld wurden Einverständniserklärungen zusammen mit einem Motivationsfragebogen²³ an interessierte Schülerinnen und Schüler ausgeteilt, die unterschrieben beziehungsweise ausgefüllt zum vereinbarten Interviewtermin mitzubringen waren. Nach der Durchführung von zwei Probeinterviews wurde der Interviewleitfaden²⁴ in Details überarbeitet.

Die äußere Strukturierung ist hauptsächlich durch die Auswahl der Items bestimmt. Der Leitfaden besteht aus vier Phasen: Einstieg, Eingangsfragen, Behandlung der Items (Hauptteil) und der Abschluss. Die in Tab. 4.2 dargestellten Phasen entsprechen somit im Wesentlichen der Gliederung von Lamnek (siehe Seite 23).

Einstieg: Nach der Begrüßung und Betonung der Anonymität werden die eigenen Intentionen dargelegt und der interviewten Person deutlich gemacht, dass dies kein Wissenstest ist, sondern das eigene Denken und die eigenen Vorstellungen vorrangig sind. Das Diktiergerät wird eingeschaltet und der Code zur Identifizierung wird ermittelt bzw. bestätigt.

Eingangsfragen: Anhand einer einfachen Schaltskizze wird die Schülerin / der Schüler gefragt, ob sie / er sich mit den Bezeichnungen und den Symbolen auskennt und allgemeine Fragen zu Vorgängen im Stromkreis sowie der eigenen Vorstellung

Tab. 4.2: Gliederung des Interviewleitfadens

Phase	Inhalt
Einstieg	Begrüßung Klärung Feststellen des Codes
Eingangsfragen	Symbole und Schaltbild Stromfluss und -richtung Wann leuchtet die Lampe? Vorstellung zu Strom
Behandlung der Testitems	C1 C2, Vergleich mit C1 C4 C8 C9, Vergleich mit C8 D.0.1* D.0.2* D2 D1
Abschluss	ad-hoc-Fragen Frage nach Schwierigkeit Interesse an Auslösung

* D.0.1 und D.0.2 sind zusätzlich entwickelte Fragestellungen, die nicht auf den in 4.2 vorgestellten Testitems beruhen.

²² Die Klassifikation der geführten Interviews als problemzentrierte Interviews ist diskutierbar. Durch das auf Seite 22 beschriebene Fehlen einer einheitlichen Differenzierung von qualitativen Interviews erscheint eine eindeutige Klassifikation der geführten Interviews allerdings nicht möglich (zusätzlich sind diese Unterscheidungen vorwiegend durch die Sozialwissenschaft geprägt). Der Autor hat somit nach Sichtung der Literatur entschieden, dass die Beschreibung der Interviews als *problemzentriert* die bestmögliche Zuordnung sei. Ebenso denkbar ist es jedoch, etwa von teilstrukturierten Interviews zu sprechen.

²³ Der Fragebogen „Lernmotivation und Interesse im Physikunterricht“ wurde nicht näher in die hier beschriebene Auswertung einbezogen. In Phase 2 und 3 wurde er aufgrund nicht mehr konsequent ausgefüllt, zudem ergaben erste Analysen keine signifikanten Ergebnisse. In Phase 1 war er zur Erhebung der biographischen Merkmale und für die Festhaltung des Codes jedoch sehr nützlich. (Siehe auch „Motivationsfragebogen“, Seite 37)

²⁴ ein Ausschnitt ist in Abb. 5.2 zu sehen, der komplette Leitfaden ist im Anhang C, Seite 97 zu finden

von Strom gestellt, um die Interviewsituation zu entspannen und ihn/sie zum Erzählen anzuregen.

Behandlung der Testitems: Nach diesen Eingangsfragen wird kurz erklärt, dass nun gemeinsam verschiedene Aufgaben besprochen werden und noch einmal betont, dass es wichtig ist, zu erfahren, was die befragte Person bei so einer Aufgabe denkt. Die Abfolge der behandelten Items ist festgelegt und es wird versucht, bei jedem Interview diesen Ablauf einzuhalten, außer, es ergeben sich andere Notwendigkeiten. Bei jedem Testitem wird der Testperson die Aufgabenstellung erklärt; die Schaltskizze mit dazugehöriger Frage (*ohne* Antwortmöglichkeiten) wird hergezeigt. Der Interviewer stellt offene Fragen, wobei er sich am Interviewleitfaden orientiert. Die Aufgabe wird gemeinsam mit der Schülerin / mit dem Schüler detailliert erörtert. Der Interviewer stellt durch gezieltes Nachfragen, Konfrontation mit Widersprüchen oder Unklarheiten und durch Wiederholen von getätigten Aussagen sicher, dass ihm die Sichtweise klar ist. Entsteht der Eindruck, dass die/der Interviewte Probleme mit der Aufgabenstellung hat, wird versucht, darauf einzugehen und herauszufinden, warum etwas unklar ist. Auch wenn der Interviewer Fehlvorstellungen aus der Literatur zu erkennen glaubt, versucht er, so unvoreingenommen wie möglich auf diese einzugehen, um nicht suggestiv zu agieren. Falls allerdings eine *inverse Widerstandsvorstellung* auftritt, wird diese „korrigiert“, um möglichst vergleichbare Antworten zu erhalten²⁵.

Tab. 4.3: Transkriptionsregeln

Symbol	Bedeutung
..	kurze Pause
...	mittlere Pause
(Pause)	lange Pause
(?)	Frageintonation
(Nickt) (lächelt)	Charakterisierung von nichtsprachlichen Vorgängen sowie Intonationen, die Bejahung und Verneinung betonen
(...)	unverständlich / nicht transkribiert
(sage ich?)	nicht genau verständlicher, vermuteter Wortlaut
I: Was denkst- B: Also ich ...	Abbruch des Satzes mit auffällig schnellem Anschluss durch Kommunikationspartner (durch Bindestrich angedeutet)
I:	Interviewer
B:	BefragteR

Weitere Vorgaben:

- Pausenfüller wie „mhm“, „Hm“ werden transkribiert
- zu starker Dialekt wird ins normale Schriftdeutsch übertragen
- Umgangssprache wird nicht verändert

Abschluss: Zum Abschluss des Interviews werden durch den jetzt vorhandenen Überblick aufgetauchte Fragen gestellt (ad-hoc-Fragen), um das Bild abzurunden. Des Weiteren wird nach der subjektiven Schwierigkeit der Aufgaben gefragt. Wenn es zeitlich möglich ist, wird noch die Frage angehängt, ob die/der SchülerIn an der Auflösung interessiert ist. Die letzte Frage zielt vorrangig auf die Feststellung der Motivation ab, ist andererseits aber auch als Dank für die Arbeit gedacht.

Nach der Durchführung der Interviews werden Transkripte erstellt. Die Transkription erfolgt nach festgehaltenen Regeln, die in Tab. 4.3 angeführt sind. Bei der Durchsicht des Materials werden, angelehnt an die Methodik der *qualitativen Inhaltsanalyse*²⁶ (vgl. Mayring, 2002, 114-121) entsprechende Textstellen markiert und Kategorien gebildet. Die Kategorien, die bei der Inhaltsanalyse gebildet werden, müssen ein umfassendes Bild ermöglichen. Einerseits ist die

²⁵ Dieser starke Eingriff ist deshalb sinnvoll, weil im elementaren Elektrizitätsunterricht der Widerstand oft erst spät eingeführt wird und somit viele SchülerInnen aus diesem Unwissen heraus glauben, ein größerer Widerstand verursache grundsätzlich eine größere Stromstärke.

²⁶ Phillip Mayring weist aber selbst darauf hin, dass die qualitativen Techniken zur Aufbereitung und Auswertung der Daten nicht einander ausschließen. Vielmehr sollte eine Methodenvielfalt angestrebt werden. Es muss pragmatisch und gegenstandsbezogen erwogen werden, welche Ansätze und Techniken (ob qualitativ oder quantitativ) sich mit Gewinn einsetzen lassen (vgl. Mayring, 2002, 134f).

Zusammenfassung, andererseits die *Strukturierung* des Materials das Ziel dieser Zuordnungen. Zwischen zwei Arten von Kategorien wird unterschieden: Stammkategorien und Individualkategorien. *Stammkategorien*, die sich aus der Struktur des Interviewleitfadens ableiten, sind bei jedem Interview vollständig enthalten. *Individualkategorien* betreffen Vorstellungen und Konzepte, die die InterviewpartnerInnen artikulieren, und werden somit abhängig vom Inhalt des Interviewverlaufes zugeordnet. Die Bildung der Individualkategorien erfolgt teils deduktiv, teils induktiv. *Deduktiv* (theoriegeleitet) wird im Vorfeld aus in der Literatur häufig beschriebenen Schülervorstellungen (wie Stromverbrauch, Sequentielle Vorstellung, Konstantstromvorstellung, etc.) ein erster Satz an Kategorien gebildet. Wird bei der Durchsicht des Materials eine relevante Textstelle gefunden, die sich nicht einer vorhandene Kategoriendefinition entspricht, so wird daraus eine neue Kategorie konstruiert, das Kategoriensystem wird also *induktiv* erweitert. Während des Materialdurchgangs wird das Kategoriensystem öfters auf die innere Logik geprüft und abgeändert bzw. der Abstraktionsgrad angepasst. Das Ziel ist, ein System zu erhalten, dass einen Überblick über die Häufigkeit und Anzahl der auftretenden Schülervorstellungen bietet und eine eventuell gewünschte Exploration und Detailanalyse von bestimmten Sachverhalten ermöglicht.

Die Definitionen der Kategorien, die Beispielstellen und die Paraphrasierung der typischen Aussage beinhalten, werden in einem nächsten Schritt für die Entwicklung der Erklärungsdistraktoren verwendet. Durch den erhaltenen Überblick über das Material wird entschieden, welche Antworten und Erklärungen der einzelnen Fragestellungen am wichtigsten sind und am häufigsten auftreten. Die Formulierung eines Erklärungsdistraktors ergibt sich unmittelbar aus der Paraphrasierung einer Erklärung. Soweit dies möglich ist, werden so pro Fragestellung fünf Distraktoren entwickelt, wobei die auf Seite 25 angeführten Aspekte zur Formulierung von Testitems beachtet werden. Ergeben sich bei der Analyse des Materials Hinweise auf Verständnisprobleme durch unklare Aufgabenstellungen, unübersichtliche Schaltbilder, etc., so werden diese bei der Entwicklung miteinbezogen. Bei der Entwicklung wird in besonderer Weise auf die folgenden Punkte geachtet (vgl. Seite 25):

- i. Kurze und einfache Formulierung.
- ii. Altersgerechte Formulierung.
- iii. keine Verwendung von Steigerungsformen wie „der Widerstand beeinflusst *stark*...“.
- iv. Eindeutigkeit der Formulierung.
- v. Eine Erklärung bezieht sich nach Möglichkeit auf eine Aussage.
- vi. Sich möglichst stark unterscheidende Formulierungen verwenden.
- vii. Vermeidung von suggestiven Elementen.

Phase 2

Die in Phase 1 weiterentwickelten Testitems werden zu einem schriftlichen Test zusammengefügt, dessen Aufbau sich am vorhandenen AECCP-Test orientiert. Dieser Test wird an eine möglichst große Zahl an Schülerinnen und Schülern ausgeteilt, um quantitative Aussagen zum Antwortverhalten zu erhalten. Bei Austeilung des Tests werden an Schülerinnen und Schüler, die sich zu einem späteren Interview bereit erklären, zusätzlich eine Einverständniserklärung und der Motivationsfragebogen ausgeteilt. Durch Einbeziehung der Ergebnisse aus Phase 1 werden Antwortkombinationen mit Schülervorstellungen verknüpft und tabellarisch festgehalten. Auf dem Test sind eine Anleitung zur Kreierung eines individuellen Codes und die Frage nach der Bereitschaft zu einem späteren Interview eingebaut, wodurch für potentielle InterviewpartnerInnen individuelle Interviewleitfäden erstellt werden können. Ziel dieser Interviews ist, eine tiefgehende Analyse der Antwortkombinationen zu ermöglichen und deren Zuordnung zu vorhandenen Schülervorstellungen zu überprüfen und anzupassen. Durch den individuellen Interviewleitfaden kann die Thematik des Interviews auf interessante Aspekte reduziert werden und somit die Dauer reduziert werden. Wenn sich genügend SchülerInnen zur Verfügung stellen, werden anhand dieser Auswertung die interessantesten Fälle ausgewählt und die Interviews durchgeführt. Der ausgefüllte Test wird bei den

Interviews verwendet, um das Gedächtnis der InterviewpartnerInnen aufzufrischen und die Möglichkeit zur Überprüfung der auf den Interviewleitfaden übertragenen Antworten zu haben.

Die äußere Struktur des *individuellen Interviewleitfadens* ist angelehnt an jenen aus Phase 1 (vgl. Tab. 4.2). Zuerst werden Einstiegsfragen gestellt, die teilweise aus dem ersten Leitfaden übernommen worden sind und teilweise den Test betreffen. Als Erzählstimulus wird die Frage gestellt, ob der Test als schwierig empfunden wurde und wie es der Testperson dabei ergangen ist. Der Hauptteil umfasst wieder die Behandlung der Testitems, wobei im Unterschied zu Phase 1 nur die aus Sicht des Forschers interessanten Aufgaben behandelt werden. Außerdem wird verstärkt nach der Verständlichkeit der Items gefragt, die Zufriedenheit mit den angebotenen Auswahlmöglichkeiten ermittelt und versucht, für die angekreuzte Antwortmöglichkeit die Motivation und die dahinterliegenden Konzepte zu untersuchen.

Die Interviews werden zunächst nur grob transkribiert, wobei angelehnt an die Methode des *zusammenfassenden Protokolls* (vgl. Mayring, 2002, 94-99) nur die inhaltlich-thematische Seite des Materials übersichtlich festgehalten wird. Der Unterschied zur gänzlichen Transkription und Inhaltsanalyse in Phase 1 begründet sich durch die Behandlung der spezifischeren zweiten Forschungsfrage²⁷. Zur Auswertung der Ergebnisse dieser Phase werden zunächst die schon vor den Interviews ermittelten Kombinationen aus den ausgekreuzten Antworten und Erklärungen herangezogen und aus der Datentabelle ermittelt, welche Personen diese Kombination gewählt haben und ein Follow-Up-Interview geführt haben. Es kann somit gezielt jede Antwortkombination einzeln durch Sichtung der Interviews analysiert werden; relevante Stellen werden nun detailliert transkribiert. Zu jeder so analysierten Antwortkombination werden somit Hinweise auf dahinterliegende Vorstellungen und auf die Interpretation der Formulierungen gesammelt und zusammengefasst.

Phase 3

Der Verlauf und Einsatz der Methoden der Phase 3 entspricht genau jener in Phase 2. Der Unterschied liegt in der

c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?			
	☐ sehr sicher	☐ ziemlich sicher	☐ nicht so sicher	☐ sehr unsicher

Abb. 4.8: dritte Stufe der Testitems

Hinzufügung einer dritten Stufe der Testitems, bei der die Sicherheit bezüglich der Beantwortung der Aufgabe angegeben werden kann. Diese dritte Stufe bietet zusätzliche Informationen und kann Vorteile bei der Zuverlässigkeit des Testinstruments bringen²⁸. Basierend auf den auf Seite 24 dargestellten Vor- und Nachteilen verschiedener Ratingskalen wurde eine vierstufige verbale Ratingskala verwendet (siehe Abb. 5.3). Die Auswertung der Ergebnisse dieser Phase erfolgt analog zu Phase 2, es können aber zusätzliche Ergebnisse zum Einsatz der dritten Stufe eingebunden werden.

²⁷ Zweite Forschungsfrage: „Kann man aus der Beantwortung der entwickelten Items Schülervorstellungen ableiten?“

²⁸ Vgl. dazu Abschnitt 4.1.2.

5 Datenerhebung

5.1 Organisatorisches

Anfang Mai 2010 wurde in einer ersten Besprechung mit den Betreuern die thematische Ausrichtung dieser Arbeit beschlossen und im Anschluss sieben zu untersuchende Testitems ausgewählt. Im selben Monat wurden DirektorInnen an verschiedenen Schulen angefragt, ob sie bereit sind, die Untersuchung an ihrer Schule zu ermöglichen. Nachdem die Durchführung einer wissenschaftlichen Untersuchung vom Wiener Stadtschulrat genehmigt wurde, konnte ins Feld gegangen werden. Mitte Juni 2010 konnten schließlich Probeinterviews mit zwei Schülern des BRG14 (Linzerstrasse 146) geführt werden, wodurch kleine Anpassungen an dem Interviewleitfaden und den Interviewunterlagen vorgenommen wurden²⁹.

In Folge wurden in den letzten zwei Juniwochen zwei weitere Interviews an dieser Schule, zehn Interviews am GRg 23 (Draschestraße 90-92) und sieben Interviews am GRg17 (Geblergasse 56) durchgeführt. Bevor die Interviews durchgeführt werden konnten, stellte der Forscher in zur Verfügung stehenden Klassen die eigene Person und die Intention der Untersuchung kurz vor. An Schülerinnen und Schüler, die sich für Interviews meldeten, wurden die Einverständniserklärung und der Motivationsfragebogen ausgeteilt und Termine für die Interviews ausgemacht. Die Interviews fanden in Absprache mit den verantwortlichen Lehrpersonen während der Unterrichtszeit an geeigneten Plätzen (Gang, Schulaula, etc.) statt, wobei die SchülerInnen einzeln befragt wurden. Durch die Länge der Interviews (20-30 Minuten) konnten maximal zwei SchülerInnen pro Stunde interviewt werden - durch die große Kooperation der verschiedenen LehrerInnen konnten aber bis zu sieben Befragungen an einem Tag durchgeführt werden. Problematisch war einzig die geringe Rücklaufquote der Einverständniserklärungen, wodurch mehr Fahrten an die Schulen nötig waren als geplant. Gründe für die geringe Rücklaufquote liegen mit Sicherheit an der „Vergesslichkeit“ mancher SchülerInnen, es mag aber auch sein, dass durch die Beigabe des auszufüllenden Motivationsfragebogens die Motivation mancher Kinder gedämpft wurde.

Nach der Analyse der erhobenen Daten der ersten Phase und einer zeitweiligen Unterbrechung der Forschungsarbeit wurde Anfang 2011 die zweite Phase geplant und entwickelt. Am BRG 14 wurde der inzwischen entwickelte schriftliche Test von SchülerInnen zweier Klassen ausgefüllt und wiederum an interessierte Kinder die Einverständniserklärung und der Motivationsfragebogen ausgeteilt. In Folge konnten fünf Interviews durchgeführt werden. Aufgrund der geringen Anzahl an InterviewpartnerInnen wurde entschieden, den Test von weiteren Klassen ausfüllen zu lassen, um eine akzeptable Anzahl an Follow-Up-Interviews zu erhalten.

Die Organisation gestaltete sich sehr schwierig und langwierig, wodurch in der Zwischenzeit erste Auswertungen der 46 Tests und fünf Interviews gemacht und die Testitems weiterentwickelt wurden³⁰. In der so entstandenen dritten Phase wurden schließlich 12 Tests mit acht Follow-Up-Interviews am GRg17 und 20 Tests mit sechs Follow-Up-Interviews am GRg10 (Pichelmayergasse 1) durchgeführt. Am GRg17 mussten aus Zeitproblemen der Test und die Interviews am gleichen Tag durchgeführt werden. Statt der sonst individuellen (auf den Antworten des Tests basierenden) Interviewleitfäden wurde für diesen Tag ein allgemeiner Interviewleitfaden erstellt, um während des Interviews mit Hilfe

²⁹ Vorgenommene Änderungen: Detailliertere Abklärung der Vorstellungen zu Stromfluss und -richtung bei den Einstiegsfragen. Bei Auftreten einer inversen Widerstandsvorstellung wird diese korrigiert (Es wird erklärt, dass bei vergrößertem Widerstand die Stromstärke kleiner wird). Bei der Schaltskizze für den Einstiegspart werden beim Symbol für die Batterie „+“ und „-“, entfernt und gefragt, bei der Frage nach bekannten Symbolen erfragt, ob bekannt ist, welcher Balken für welchen Pol steht. Vor dem Item D2 werden D.0.1 und D.0.2 eingefügt, um Vorstellungen zu zwei bzw. drei Lampen in Serien- und Parallelschaltung detaillierter ergründen zu können.

³⁰ Diese Weiterentwicklung bestand in der Optimierung und Reduzierung der Erklärungsdistraktoren und im Anfügen der dritten Stufe zur Einschätzung der Sicherheit. Grundlage dafür waren die ermittelten Häufigkeiten der einzelnen Auswahlmöglichkeiten aus den 46 Tests und Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten aus der Auswertung der fünf Follow-Up-Interviews.

des dann vorliegenden Tests eine Vorlage für individuell zu stellende Fragen zu haben. Aufgrund der vorher gemachten Erfahrungen mit der Problematik des Rücklaufs der Einverständniserklärungen wurde entschieden, nicht mehr die Ausfüllung der Motivationsfragebögen zu verlangen. Bei ersten Auswertungen der Fragebögen aus Phase 1 und 2 konnten zudem keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Motivation und Ankreuzverhalten festgestellt werden, wodurch es als sinnvoll erachtet wurde, sich in dieser Arbeit auf die übrigen Ergebnisse zu konzentrieren.

5.2 Durchführung und Erhebungsinstrumente

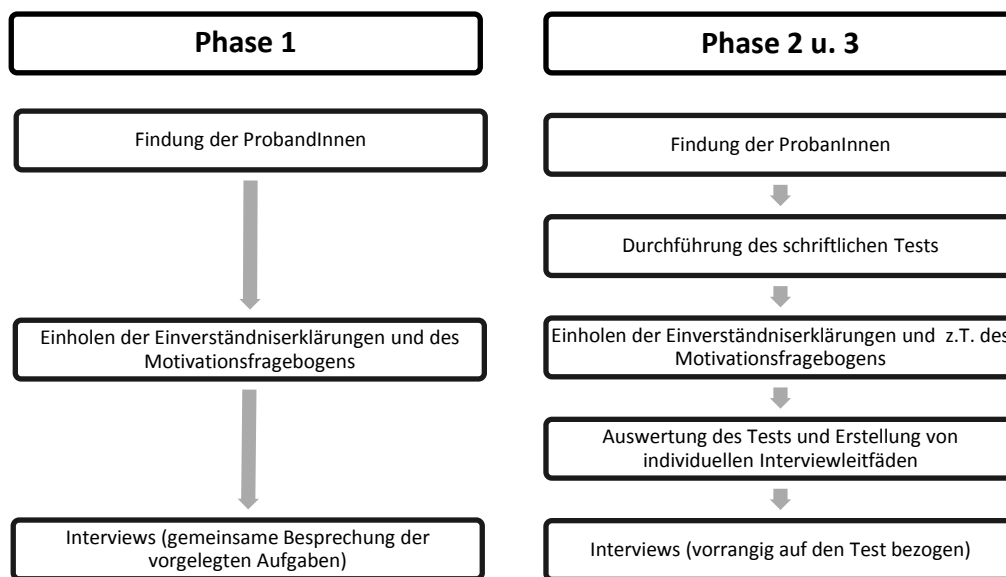


Abb. 5.1: Ablauf der Untersuchung

Die Durchführung der Untersuchung ist in Abb. 5.4 zu sehen. Im Folgenden werden Erhebungsinstrumente, zusätzliche Materialien und deren Einsatz bei diesen Abläufen beschrieben.

Einverständniserklärung

Vor der Abhaltung der Interviews wurde eine Einverständniserklärung (siehe Anhang A, Seite 95) ausgeteilt, in der die Erziehungsberechtigten ihr Einverständnis zum Interview und zum Mitschnitt per Diktiergerät geben mussten. Ohne das Einverständnis konnte das Interview nicht durchgeführt werden.

Motivationsfragebogen

Der Fragebogen „Lernmotivation und Interesse im Physikunterricht“ setzt sich aus fünf biographischen Fragen und 39 Fragen zu Motivation und Interesse zusammen. Die Fragen wurden aus einem bereits bestehenden Fragebogen ausgewählt, der von Hildegard Urban-Woldron bei einer IMST-Begleitstudie zum Einfluss von computerunterstütztem Unterricht auf Lernmotivation und kognitive Lernfähigkeiten (Urban-Woldron, 2009) eingesetzt wurde. Der Fragebogen ist in verschiedene Themecluster eingeteilt, die unterschiedliche Skalen abbilden sollen. Der Motivationsfragebogen wird in dieser Arbeit nicht näher beschrieben, da er nicht in die Auswertung miteingeflossen ist. Für die Bedeutung der verschiedenen Skalen (siehe Anhang B, Seite 96) sei an dieser Stelle auf die Ausführungen von Urban-Woldron (2009, 10-14) verwiesen. Von Nutzen war der Fragebogen in jedem Fall zur Feststellung der biographischen Daten und Festhaltung des persönlichen Codes der Interviewten.

Interviewleitfaden der ersten Phase

Die äußere Struktur des Leitfadens ist in 4.4 bereits beschrieben, es werden an dieser Stelle daher nur weitere Details erläutert. Es wurde der Versuch unternommen, im Leitfaden möglichst alle Wege der Beantwortung aufzulisten, um während der Interviews möglichst gleiche Bedingungen zu schaffen und dem Interviewer die nötige Übersicht zu bieten. In Abb. 5.2 kann man einen Ausschnitt einer Seite sehen, an der man den Aufbau als Flussdiagramm erkennt. Nach den ersten Interviews stellte sich heraus, dass eine ständige Verfolgung der gezeichneten Wege zu aufwendig und stressig für den Interviewer ist. Der Interviewleitfaden hat allerdings vor der Durchführung der Interviews als „Brainstorming-Hilfe“ und während der ersten Interviews als Orientierungshilfe gut gedient. Auch bei

den weiteren Interviews war jederzeit die Möglichkeit vorhanden, bei Bedarf auf den Leitfaden zurückzugreifen. Der komplette Leitfaden befindet sich in Anhang C auf Seite 97.

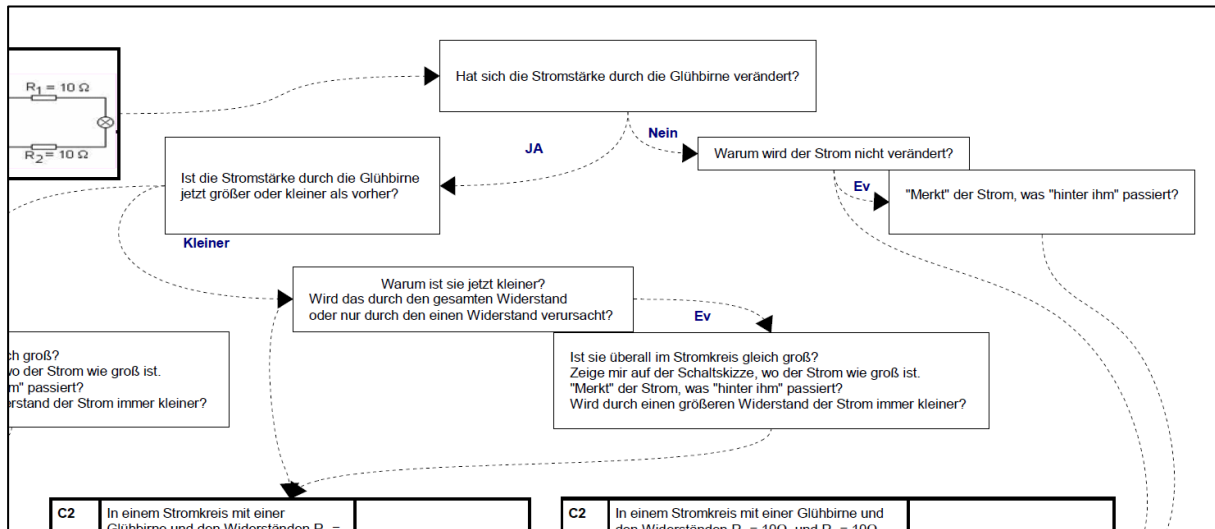


Abb. 5.2: Ausschnitt aus dem Interviewleitfaden für die Phase 1

Links oben sieht man die klein abgebildete Aufgabenstellung von C1. Nach der Schilderung dieser Aufgabe führt ein Pfeil zur ersten zu stellenden Frage. Abhängig von der gegebenen Antwort leiten entsprechende Pfeile zu weiteren Fragen. Am unteren Bildrand kann man die Aufgabenstellung von C2 sehen.

Interviewunterlagen der Phase 1

Neben dem Interviewleitfaden als das Interview strukturierende Stütze wurden in Phase 1 speziell entworfene Interviewunterlagen verwendet. Bei den Einstiegsfragen wurde eine eigene Schaltskizze (Abb. 5.3) verwendet, um noch kein Testitem zeigen zu müssen. Beim Design wurde darauf geachtet, dass die Pole der Batterie unbeschriftet blieben, um bei der Frage nach bekannten Symbolen auch erörtern zu können, ob der Minus- und Pluspol richtig zugeordnet werden. Des Weiteren ist ein offener Schalter eingebaut, da gefragt wurde, ob in diesem Fall die Lampe leuchtet und was passiert, sobald man den Schalter schließt.

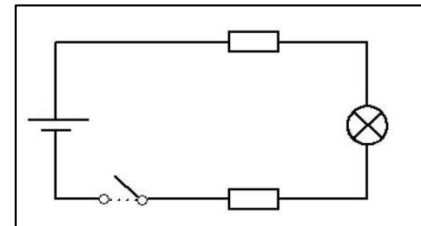


Abb. 5.3: Schaltbild auf Seite 1 der Interviewunterlagen

Für die Behandlung der Testitems wurden ebenfalls eigene Schaltskizzen angefertigt, die sich an den ursprünglichen Items orientierten. Es wurden zwar die Fragen auf den Unterlagen gelassen, die Antwortmöglichkeiten wurden aber entfernt, um keine Antwort zu suggerieren. Zur Verdeutlichung der Fragestellung sind bis auf Item D1 zwei Schaltskizzen abgebildet; die zweite Schaltskizze veranschaulicht jeweils die veränderte Situation, die bei der Aufgabe beschrieben ist. Um einen möglichst tiefen Einblick in die Konzepte der Schülerinnen und Schüler bei Lampen und Widerständen zu ermöglichen, wurde nach den Probeinterviews entschieden, die Items D.0.1 und D.0.2 extra einzubauen, die in Abb. 5.4 zu sehen sind. Nach den auf sequentielle Vorstellungen abzielenden ersten fünf Items bilden diese zwei Items einen Übergang zu den auf lokales Denken abzielenden Items D2 und D1. Sie bieten die Möglichkeit, ohne beeinflussende Widerstände zu erheben, ob für die interviewte Person eine unterschiedliche Anzahl an Lampen in einem Stromkreis einen Unterschied bei deren Helligkeit und für die Stromstärke bewirkt. Das Item D.0.2 kann in Folge als Vergleichsmöglichkeit für Argumentationen bei D2 dienen, wo nur Widerstände parallel geschaltet sind. Die kompletten Unterlagen sind in Anhang D auf Seite 103 zu finden.

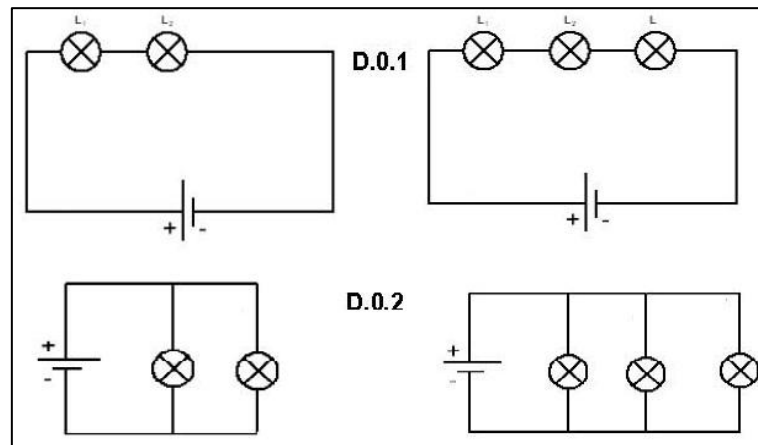


Abb. 5.4: Items D.0.1 und D.0.2 aus den Interviewunterlagen

Interviewleitfaden Phase 2 und 3

Für die hier als „*Follow-Up-Interviews*“ bezeichneten Befragungen wurden individuelle Leitfäden für jene SchülerInnen erstellt, die bei dem schriftlichen Test die Frage nach der Bereitschaft zu einem späteren Interview mit Ja beantworteten. Mithilfe von Excel wurden aus der Datentabelle mit den Testergebnissen automatisch die individuellen Antworten ausgelesen und damit die Grundstruktur der Leitfäden erstellt. Im Anschluss mussten diese Leitfäden nur noch durchgelesen werden und für interessante Antworten Fragen hinzugefügt werden. Es wurde dadurch ermöglicht, auch bei einem größeren Sample an einem Tag den Test ausfüllen zu lassen und schon am nächsten Tag die ersten Interviews führen zu können. Die praktische Durchführung gestaltete sich jedoch aus organisatorischen Gründen etwas anders. Im BRg14 führten immer wieder vergessene Einverständniserklärungen dazu, dass viele Fahrten unternommen werden mussten und zudem bei einigen Kindern der Abstand zwischen Ausfüllung des Tests und Abhaltung des Interviews ein Zeitraum von 1-3 Wochen lag. Diese lange Zeit ist für das Erinnern an die eigenen Argumente beim Ausfüllen des Tests sehr hinderlich. Am GRg17 musste hingegen aus terminlichen Gründen die Beantwortung des Tests und die anschließenden Interviews an einem Tag durchgeführt werden. Im Vorfeld wurde hierfür extra ein „allgemeiner Interviewleitfaden“ erstellt, bei dem für die wichtigsten Antwortmöglichkeiten Fragen formuliert wurden, um eine Orientierung für das Interview zu haben. Es war nicht einfach für den Interviewer, die Testantworten erst bei der Durchführung des Interviews zu sehen, durch das „Abarbeiten“ aller Aufgaben des Tests konnte aber auch hier ein genügend gutes Datenmaterial erhalten werden. In Abb. 5.2 sieht man einen Ausschnitt aus einem solchen Interviewleitfaden. Während die oben stehenden Einstiegsfragen bei allen Leitfäden gleich waren, wurden unterschiedliche Fragen neben den eingefügten gegebenen Antworten eingefügt. In Anhang G und Anhang I sind die später erstellten Übersichten und Teiltranskripte zu sehen, die direkt in die Tabelle des Leitfadens eingefügt wurden.

Nr.	2	Code	
Hyp	Einstiegsfragen		
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		
"+ -"	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen
IR	C1.a.3	größer	Wie beeinflusst ein Widerstand die Stromstärke, wird sie größer oder kleiner?
	C1.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?
	C2.a.2	gleich	
ES	C2.b.6	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher liefert sie denselben Strom.	Wann / wo ändert sich die Stromstärke, wenn die Batterie gleich bleibt?
	C4.a.1	L2 schwächer	
SA	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe HINTER dem Widerstand.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?
	D1.a.4	(anders)	(1,2 0,6 0,3)
EB	D1.b.2	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.	
IR	D2.a.2	I2 verändert	Was passiert mit I1?
	D2.a.7	I größer	ok
	D2.b.3	R2 kann I1 NICHT BEEINFLUSSEN.	ok

Abb. 5.5: Ausschnitt eines individuellen Interviewleitfadens aus Phase 2

Unterhalb der Einstiegsfragen sind in der zweiten und dritten Spalte die automatisch eingefügten Antworten und Erklärungen zu sehen (mit früherer Codierung), rechts daneben die vorab formulierten Fragen. Nicht zu sehen ist die Kommentarspalte ganz rechts, die Platz für allfällige Notizen während des Interviews ließ.

5.3 Beschreibung der Stichprobe

Tab. 5.1: Stichprobenübersicht																	
		Phase 1 (ID01-ID19)				Phase 2 (20-65)				Phase 3 (66-97)				Gesamt			
		MB	T	I	Gesamt	MB	T	I	Gesamt	MB	T	I	Gesamt	MB	T	I	Gesamt
Geschlecht	männlich	10	0	10	10	4	21	5	21	2	18	12	18	**16	39	**27	**49
	weiblich	9	0	9	9	0	25	0	25	0	14	2	14	9	39	11	48
Muttersprache	Deutsch	14	0	14	14	4	36	5	36	1	22	9	22	*19	58	*28	*72
	andere Sprache	5	0	5	5	0	10	0	10	1	10	5	10	*6	20	*10	*25
Alter	13	9	0	9	9	18	23	6	23	1	9	6	9	*10	32	*16	*41
	14	10	0	10	10	4	22	4	22	1	19	7	19	15	41	19	51
	15	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	1	4	0	5	1	5
Note	Note 1	7	0	7	7	1	6	1	6	2	8	4	8	*10	14	*12	*21
	Note 2	7	0	7	7	3	19	4	19	0	9	4	9	8	28	15	35
	Note 3	4	0	4	4	0	12	0	12	0	9	4	9	3	21	8	25
	Note 4	1	0	1	1	0	8	0	8	0	5	2	5	1	13	3	14
	kA	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2
Schule	GRG10 (ID 78- ID 97)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6	20	0	20	6	20
	GRG14 (1, 2, 20-65)	2	0	2	2	4	46	5	46	0	0	0	0	6	47	7	48
	GRG17 (13-19, 66-77)	7	0	7	7	0	0	0	0	2	12	8	12	**9	12	**15	**19
	GRG23 (3-12)	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10
Erhebungsinstrumente	Motivationsfragebogen (MB)				19				4				2				**25
	Test (T)				0				46				32				78
	Interview durchgeführt (I)				19				5				14				**38
Gesamt					19				46				32				97

*, **...einmal / bzw. zweimal doppelt gezählt, da: IP17 = IP68 und IP18 = IP73 wurden in der Phase 1 interviewt, haben in Phase 3 den Test ausgefüllt und sich danach wieder interviewen lassen.

Details zu den InterviewpartnerInnen: siehe Tab. 6.7 und Tab. 6.10

In Tab. 5.1 ist die Stichprobe dieser Untersuchung mit den Häufigkeiten nach bestimmten biografischen Daten und nach Häufigkeiten der ausgefüllten Motivationsfragebögen und Tests sowie durchgeführten Interviews dargestellt. Bei der Erhebung war es aus organisatorischen Gründen nicht

möglich, auf ein ausgeglichenes Sample zu achten; trotzdem sind fast alle Personengruppen meist in ausreichender Anzahl vertreten. Einzig die Tatsache, dass nur zwei Mädchen von 19 InterviewpartnerInnen in Phase 3 interviewt werden konnten, ist sehr ungünstig (Die Tests wurden genau zur Hälfte von Mädchen ausgefüllt). Für die Untersuchung wäre ein größerer Anteil an Interviews der am Test teilnehmenden Personen von Vorteil gewesen; dies hätte aber auch den Rahmen dieser Untersuchung gesprengt. Interviews der Phase 1 dauerten im Durchschnitt ca. 29 Minuten. Die Interviews in Phase 2 und 3 konnten auf durchschnittlich 12,5 Minuten begrenzt werden, indem anhand der vorher entwickelten individuellen Interviewleitfäden gezielt gefragt wurde. Es wurden in Phase 2 und 3 somit absichtlich je nach Antwort der Schülerin/des Schülers einzelne Testitems ausgeblendet.

Alle teilnehmenden Schülerinnen und Schüler hatten vor der Erhebung Unterricht in Elektrizitätslehre. Es sind bei der Datenauswertung aber auch Unterschiede diesbezüglich aufgefallen - manche Schülerinnen hatten im Vorfeld nur sehr wenig oder gar nichts über Widerstände gehört.

6 Ergebnisse

6.1 Überprüfung der Verständlichkeit und Gewinnung von Distraktoren (Phase 1)

Nach der Durchführung der Interviews wurden diese nach den vorher festgelegten Regeln (Tab. 4.3) transkribiert. Während 13 der 19 Interviews komplett transkribiert wurden, wurde bei den restlichen Interviews aufgrund der Fülle des Materials entschieden, nur interessante Stellen detaillierter zu betrachten. Um den Umfang dieser Arbeit in Grenzen zu halten, wird die Kategorienbildung nur exemplarisch beschrieben (vgl. aber 4.1.2 und 4.4). Ausgewählte Transkripte und alle übrigen zitierten Ausschnitte der Phase 1 sind in Anhang E angeführt. Die Befragten sind wie in der ganzen Arbeit mit „IPXX“ (InterviewpartnerIn Nr. XX) gekennzeichnet, die der entsprechenden ID der teilnehmenden SchülerInnen entspricht.

Kategorienbildung

In Phase 1 wurden 19 Interviews geführt, in denen nach Einstiegsfragen (Verständnis von Schaltbildern und deren Symbole, Vorstellungen zum Strom und zur Stromrichtung etc.) die schon vorgestellten sieben Testitems (C1 und C2, C4, C8 und C9, D2, D1) und vor D2 noch vier zusätzliche Schaltskizzen (2 und 3 Lampen in Serien- und Parallelschaltung; D.0.1 und D.0.2) zusammen bearbeitet wurden und am Ende noch ein paar Abschlussfragen (wie z.B. „Fandest du etwas irritierend?“) gestellt wurden. Um die Transkripte grob zu strukturieren, wurden entsprechende Passagen mit Stammkategorien (Einstieg, C1, ...) gekennzeichnet. Für die Erfassung von Schülervorstellungen wurden einerseits theoriegeleitete (deduktive) Kategorien zugeordnet, andererseits für nicht erwartete oder unbekannte Schülervorstellungen neue (induktive) Kategorien erstellt und zugeordnet. Es stellte sich oft ein direkter Argumentationszusammenhang zwischen der Vorstellung über Stromrichtung bzw. Stromfluss und der Beantwortung der Aufgabe ein, wodurch dieser Aspekt ebenso beleuchtet wurde. Nicht aufgelistet sind an dieser Stelle Verständnisprobleme, die gesondert behandelt wurden. Die Tab. 6.1 gibt einen Überblick über die verwendeten Kategorien:

Tab. 6.1: Übersicht und Kategorisierung der aufgetretenen Schülervorstellungen und weiteren Aussagen

	Kürzel	Kategorie	Kurzbeschreibung
Individualkategorien	SV	Stromverbrauch	Ankommender Strom wird von einem Bauteil verbraucht
	BS	Batterie als konstante Stromquelle („Konstantstromvorstellung“)	Die Batterie liefert immer den gleichen, konstanten Strom; unabhängig vom Aufbau des Stromkreises.
	IR	Inverse Widerstandsvorstellung:	Ein größerer Widerstand bewirkt eine größere Stromstärke
	LD	lokales Denken	Ströme werden in Verzweigungspunkten aufgeteilt, als wüssten sie nicht, was anschließend im Stromkreis passiert
	SA	Sequentielle Argumentation	Wird ein Bauteil (Widerstand, Lämpchen) geändert, so wirkt sich das nur auf die Stromstärke dahinter aus.
	EB	Entfernung zur Batterie	Stromstärke ist abhängig vom (räumlichen) Abstand zur Batterie
	GW	Weg des geringsten Widerstands	Strom fließt immer auf dem „Weg des geringsten Widerstands“

Systemkategorien	PB	Pendelbewegung / Zurückfließen des Stroms	Nachdem der Strom in einer Richtung durch den Stromkreis fließt, fließt er am selben Weg wieder zurück (er pendelt)
	MP / PM	Strom fließt im Kreis von Minus nach Plus bzw. von Plus nach Minus.	(richtige) Vorstellung des kreisförmigen Stromflusses, wobei diese Richtung ausgezeichnet ist
	ZZ	Zweizuführungsvorstellung	Der Strom fließt von beiden Polen der Batterie weg.
	UR	„degenerierte Stromregel“	Die Stromstärke ist unabhängig von den Widerständen im Stromkreis immer konstant.
	UL	„I=konst im falschen Kontext“	Die Stromstärke ist unabhängig von den Lampen im Stromkreis immer konstant.
	K	Kompensation	Der (konstante) Strom der Batterie wird bei Veränderung eines Widerstandes in einer Parallelschaltung neu auf die Teilströme aufgeteilt.
	E	Einstiegsfragen	zur Schaltskizze, Symbole, Stromrichtung, ... Abklärung: Drähte (fast) widerstandslos, gleiche Lampen, ...
	C1, C2, C4, C8, C9, D.0.1, D.0.2, D2, D1	Item C1 bis Item D1	siehe Interviewleitfaden in Anhang C
	A	Abschlussfragen	hast du dich wo um entschieden? Wegen mir? Welche Aufgaben schwierig? etc.

Im Folgenden werden nun einzelne Individualkategorien durch Beispielaussagen verdeutlicht. Kodierungen dieser Ausschnitte sind in der Klammer angegeben:

Zitat 6.1: IP06 zu Stromverbrauch (SV, SA, D.0.1)

- 187 I: I: Das ist jetzt das D.0.1, da haben wir einfach zwei Lampen und sonst gar nichts.
 188 IP06: Mhm.
 189 I: Also die Widerstände sind jetzt einfach mal weg. Wir haben sie wieder L1 und L2 genannt einfach, ja. Hier Plus und Minuspol, leuchten die gleich stark?
 190 IP06: Das L1 ein bisschen weniger, äh, schwächer als L2.
 191 I: Ok, gut. Das leuchtet ein bisschen schwächer als das.
 192 IP06: Mhm.
 193 I: Wie ist das, wenn wir da jetzt einfach eins dazu hängen, sozusagen, in dem Fall noch davor, sozusagen.
 194 IP06: Das L leuchtet am stärksten, das L2 ein bisschen weniger und das L1 am wenigsten.
 195 I: Ok und wenn du jetzt L1 mit vorher vergleichst,
 196 IP06: Mhm
 197 I: Leuchten die gleich stark oder unterschiedlich?
 198 IP06: Das L1 leuchtet ein bisschen schwächer.
 199 I: Das L1 leuchtet ein bisschen schwächer als vorher, das L2?
 200 IP06: Auch schwächer.
 201 I: Ok, wie begründest du das?
 202 IP06: Weil davor noch ein Lämpchen kommt, dass verbraucht, also ist auch ein Widerstand und verbraucht auch Strom.

Der letzte Satz von IP06 ermöglicht es, dem hier angeführten Ausschnitt die Kategorie SV zuzuordnen. Bei der Kategorienzuordnung war SV oft nicht eindeutig zuzuordnen, da nicht klar war, ob der Strom wirklich in der Vorstellung der Lernenden „verbraucht“ wird. Stattdessen konnte bei solchen Stellen aber meist eindeutig SA (sequentielle Argumentation) zugeordnet werden.

Zitat 6.2: IP11 zu Batterie als konstante Stromquelle (D.0.2, BS)

- 001 I: Hast du das schon mal gesehen?
 002 IP11: Parallelschaltung.
 003 I: Ja genau, das ist die Parallelschaltung. Wie sieht das hier aus, leuchten die unterschiedlich oder gleich, glaubst du?

- 004 **IP11:** Gleich stark, weil die können ja da durchgehen und da durchgehen, da müssten sie ja nicht durch die hier durch zu der hin.
- 005 **I:** Ok, also weil beide sozusagen da ihre direkte Verbindung haben.
- 006 **IP11:** Aber wenn die Batterie gleich stark ist, dann leuchten die beiden jetzt so gut wie L2 da, weil das auf zwei aufgeteilt werden muss.
- 007 **I:** Mhm. Also leuchten (sie ..?) Wie ist das wenn man hier noch eine dran hängt? Das ist jetzt der Fall.
- 008 **IP11:** Dann leuchten alle drei auch wieder, aber mit der gleichen Stärke, so wie, bei der einen da, L1 gelehchtet hat.
- 009 **I:** Ok, das heißt insgesamt nicht so hell wie hier, meinst du, oder?
- 010 **IP11:** Es fließt der gleiche Strom durch, aber es wird mehr aufgeteilt.
- 011 (Unterbrechung)
- 012 **I:** Entschuldige, noch einmal, sind jetzt diese drei - diese drei hast du gesagt, sind gleich hell?
- 013 **IP11:** Ja.
- 014 **I:** Sind die so hell wie vorher die zwei oder nicht?
- 015 **IP11:** Nein, so hell wie vorher das L1 bei dem hier, das heißt, schwächer als die beiden.
- 016 **I:** Ok, schwächer als die beiden. Das heißt, es macht schon einen Unterschied, ob mans so oder so hat.
- 017 **IP11:** Ja.

Die Aussagen „Aber wenn die Batterie gleich stark ist (...)“ und „Es fließt der gleiche Strom durch, aber es wird mehr aufgeteilt.“ weisen eindeutig auf die Konstantstromvorstellung hin (BS). Die Batterie liefert den gleichen Strom, der auf die verschiedenen Lampen aufgeteilt wird.

Zitat 6.3: IP02 zur Inversen Widerstandsvorstellung (C1, C2, IR)

- 035 **I:** (...) In einem Stromkreis mit einer Glühbirne und den Widerständen R1 ist 10 Ohm und R2 ist 10 Ohm - Du hast zwei Widerstände und die 10 Ohm sagen, wie groß die Widerstände sind, also gleich groß - beträgt die Stromstärke 0,4 Ampere. Das ist jetzt mal gemessen, durch das Glühlämpchen, ja. In dem Fall hier, das ist jetzt so wie es hier ist, ja. Wenn man hier den Widerstand R1 austauscht und statt 10 Ohm 20 Ohm nimmt, was glaubst du, passiert dann? Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke, die hier durchgeht?
- 036 **IP02:** Sie wird größer, also höher.
- 037 **I:** Mhm. Wenn die Stromstärke höher wird, wird die dann nur hier größer, oder überall?
- 038 **IP02:** Überall.
- 039 **I:** Ok.
- 040 **IP02:** Würd ich sagen. (leise)
- 041 **I:** Gut, wie ist das hier? Das ist jetzt das C2. Gleiches Schaltbild wieder, und diesmal wird der untere ausgetauscht und einfach 20 Ohm hineingegeben.
- 042 **IP02:** Dann ist es bis zum Lämpchen noch 10 Ohm, danach wirds größer und bleibt dann größer.
- 043 **I:** Ok. Also die Ohm beschreiben jetzt, wie stark der Widerstand ist.
- 044 **IP02:** Mhm
- 045 **I:** Das heißt, hier, wenn wir da vorher 0,4 Ampere gehabt haben, das ist die Stromstärke. Die geht hier herum, hast du gesagt. Und dann, wo ist die dann wie groß? Kannst du dir was unter Stromstärke vorstellen, oder tust du dir da...
- 046 **IP02:** Eher nicht so. Naja, irgendwie, wie schnell der fließt, würd ich sagen.
- 047 **I:** Ok. Und .. ist da ein Unterschied, fließt der da schneller dann und da weniger schnell, oder ist das überall gleich?
- 048 **IP02:** Na, da wird er schneller. Da wird er schneller und dann bleibt er halt ziemlich gleich schnell.
- (Anm.: Gleich danach wurde vom Interviewer erklärt, dass sich die Erhöhung eines Widerstands umgekehrt auswirkt)

Der Interviewpartner zeigt hier zwar das richtige Konzept für den Einfluss des Widerstand auf den Stromkreis („überall“), meint aber, dass die Stromstärke durch eine Vergrößerung des Widerstands größer wird. Die Inverse Widerstandsvorstellung wurde bei den Interviews in Phase 1 immer „korrigiert“, d. h., der Interviewer erklärte, dass ein vergrößerter Widerstand grundsätzlich die Stromstärke verringert. Weiter Vorstellungen wie SA wurden nicht beeinflusst.

Zitat 6.4: IP06 zu Lokalem Denken (D2, LD)

- 261 **I:** (...) Wir haben hier drei Lampen, und bei den Lampen steht I1, I2, I3. Was wir wissen ist, dass hier der Strom 1,2 Ampere groß ist. Da ist jetzt wirklich mal die Frage, kannst du vermuten oder sagen, wie groß sind die anderen Stromstärken?
- 262 **IP06:** Ok, also I3 ist 0,6, I1 und I2 sind beide 0,3.
- 263 **I:** Ok. Und wie hast du dir das jetzt überlegt? Also Schritt für Schritt, ja(?)
- 264 **IP06:** Das teilt die Hälfte halt auf, aufgeteilt.
- 265 **I:** Also nach dem Minuspol kommts da zu der ersten Abzweigung-

- 266 **IP06:** Ja, da wird's dann aufgeteilt.
 267 **I:** Und zwar, wie viel?
 268 **IP06:** Auf 0,6, 0,6.
 269 **I:** Ok, ja.
 270 **IP06:** Beim unteren geht's durch, die 0,6, beziehungsweise, da wird dann so etwas weggenommen und .. Also es wird ja dahinter gemessen, also. J
 271 **I:** Ah, wenns dahinter gemessen wird, sagst du, davor wird's ein bisschen mehr gewesen sein?
 272 **IP06:** Ja. Dann, da oben wird's wieder die Hälfte, das heißt oben ein Viertel und unten ein Viertel vom Insgesamten. Und, I1 und I2 sind dann beide ein Viertel vom Gesamten und dann fließen sie wieder zusammen.

Diese Antwort und Erklärung des IP06 (der Strom wird genau halbiert) wurde als LD kategorisiert.

Zitat 6.5: IP01 zu Sequentieller Argumentation (C4, SA)

- 112 **I:** Was passiert jetzt, wenn der vergrößert wird?
 113 **IP01:** Dann würde ich sagen, L1 wird weniger.
 114 **I:** Ok, also. Wie ist das dann mit L2, bleibt das gleich?
 115 **IP01:** Das würde ich sagen, bleibt gleich. Ich würde sagen, das ist dann nicht vom Widerstand abhängig Ich mein, wenn jetzt in die andere Richtung der Strom fließt, ja, was ja auch sein kann, ich weiß es nicht genau, dann würde ich sagen, ist I1 unbeeinflusst und I2 natürlich schwächer
 116 **I:** Mhm, ok, ja.
 117 **IP01:** Das würde ich sagen
 118 **I:** Und der Strom hier, irgendwo bei der Quelle in der Nähe, rechts oder links, musst halt jeweils überlegen, wird der insgesamt weniger? Sozusagen der Gesamtstrom bevor...
 119 **IP01:** Nein, also der reingeschickt wird sicherlich nicht. Der, der reingeschickt wird nicht. Auf dem Weg würde ich sagen ist er unbeeinflusst. Erst eben ab dem Widerstand wird er eben geringer, die Stärke. Aber der reingeschickt wird - also wenn man davon ausgeht, dass er (...)

IP01 argumentiert hier deutlich, dass es einen Unterschied macht, in welche Richtung der Strom fließt. Die Frage nach der Stromrichtung wurde in den Interviews sehr häufig diskutiert, da sie gerade bei sequentiellem Denken entscheiden ist.

Zitat 6.6: IP01 zu Entfernung zur Batterie (D.0.1, EB)

- 145 **IP01:** Das eine leuchtet heller und das andere schwächer. Weils eine Serienschaltung ist, und Serien ist immer. Das heißt, wenn ich das eine jetzt rausschraub, dann wird das andere heller.
 146 **I:** Ok, ja. Und wenn beide drinnen sind?
 147 **IP01:** Dann ist das erste, wo der Strom zuerst kommt - je nach dem jetzt, ob Plus Minus, Minus Plus...
 148 **I:** Ja, wir bleiben einfach bei der Richtung, ja.
 149 **IP01:** Dann würd ich sagen, ist L2 stärker und L1 schwächer.
 150 **I:** Ok. Was passiert, wenn man da jetzt noch eins dazwischen hängt?
 151 **IP01:** Dann ist...
 152 **I:** Da schraubt man jetzt noch eins rein, ja.
 153 **IP01:** ... L3 am stärksten. Oder L, ja, wurscht- Dann ist, würd ich sagen, das hier am stärksten, das ist so mittel und das ist am schwächsten.
 154 **I:** Also L leuchtet am hellsten, dann L2 und dann L1.
 155 **IP01:** ja.
 156 **I:** Und umso mehr du anhängst, da fällt dann immer ab?
 157 **IP01:** Ja, genau.

Die Abhängigkeit der Stromstärke von der Entfernung zur Batterie kann räumlich verstanden werden (unabhängig von den Leitungen kommt es auf den Abstand an). Möglich ist auch, die Entfernung über die Länge der Leitungen zwischen Batterie und Bauteil zu deuten. Die früher vorgestellte „empirical rule“ beschreibt nach nur Ersteres. Bei der Kodierung in dieser Arbeit wurden allerdings beide Fälle zusammengefasst. Auf Nachfragen war zudem für manche Schülerinnen und Schüler oft beides von Bedeutung.

Zitat 6.7: IP01 zum Weg des geringsten Widerstands (E, C1, GW)

- 015 **I:** Geht das in der Richtung, wie du's gezeigt hast oder?
 016 **IP01:** Ähm, der kürzeste Weg des Widerstands, also das ist in dem Fall, würd ich einmal sagen, egal, also...

- 050 **IP01:** Naja, im Prinzip ist es ja so: der Strom geht immer den geringsten Weg vom Widerstand, also der geringere Weg ist ja eigentlich hier, aber.... Ja, dann müsste es eigentlich von der Seite kommen... hm
- 057 **IP01:** Ich bin mir eigentlich nicht sicher, weil wir haben das nie so mit dem Widerstand gemacht. Ich weiß nicht direkt, was der Widerstand ändert, ich weiß nur: Strom geht den geringsten Weg vom Widerstand. Hier ist der Widerstand halt höher als im anderen Stromkreis, ja.

Zitat 6.8: IP12 zum Weg des geringsten Widerstands (D2, GW)

- 199 **I:** Ok. In unserem Beispiel geht man davon aus, das steht zumindest am Anfang mal, dass dieser Draht hier keinen Widerstand hat. Das ist mal so die Voraussetzung. In Wirklichkeit hat so ein Draht schon einen kleinen Widerstand, aber in dem Fall nicht. Wenn dieser Draht da keinen Widerstand hat, macht das dann, ahm, was ist dann die Ursache dafür, dass es hier, wenns länger wird, nicht so hell leuchtet?
- 200 **IP12:** Ja, weil die Elektronen einen längeren Weg machen müssen, und sie ... Also was wir gelernt haben ist, dass sie immer den kürzeren Weg nehmen.
- 201 **I:** Ok, also sie nehmen den kürzesten Weg-
- 202 **IP12:** Also nicht alle, aber viele halt.
- 203 **I:** Ok, also umso kürzer der Weg, umso eher wollen sie in die Richtung.
- 204 **IP12:** Ja, genau.

Falls von dem „kürzeren Weg“ bzw. von dem „kürzesten Weg“ gesprochen wurde, wurde dies ebenfalls als GW kodiert.

Zitat 6.9: IP04 zur Pendelbewegung des Stroms (C1, PB)

- 001 **I:** Ja, hier wars jetzt noch nicht ganz klar, wie das jetzt aussieht, bei C1.
- 002 **IP04:** Ja also ich glaub, dass es so ist ja, dass die immer so rüber wandern, die äh Elektronen, bis dann wieder da mehr sind, dann geht's wieder zurück und ich glaub, dass deshalb, dass der Lämpchen dann schwächer wird, ja, aber erst, also-
- 003 **I:** Vielleicht zur Stromrichtung noch, also es geht zuerst von Minus nach Plus, wird dann immer schwächer, dann geht's zurück, von Plus nach Minus, und geht dann genauso schwächer der Reihe nach(?)
- 004 **IP04:** Ich glaub, dass er, bei, von Minus zu Plus bleibt er – nein – ist gleich stark .. aber wenn's, na, das is ja ... Ich glaub, es wird einfach insgesamt schwächer.
- 005 **I:** Mhm. Also du bist dir jetzt nicht ganz sicher, wie das da abläuft?
- 006 **IP04:** Nein, eigentlich nicht.
- 007 **I:** Glaubst du eher, dass es sich im Kreis dreht, oder-
- 012 **IP04:** Ja, bei dem, beim Minus (Minuspol weil da ja dort mehr Elektronen sind als beim Plus. Mhm... Und deshalb geht's ja zum Plus, weil dort ja ein Elektronenmangel ist.
- 013 **I:** Ok, ja.
- 014 Haben wir mal so gelernt. Und ja, deshalb ist ja so die Stromrichtung, die wirkliche.
- 015 **I:** Mhm.
- 016 **IP04:** Wir haben irgendwie so, die technische Stromrichtung gibt's auch, die ist halt, keine Ahnung, die umgekehrte. Aber so ists richtig, so ist die richtige.
- 017 **I:** Ok, ja. Einigen wir uns halt auf irgendetwas, was du halt als am wahrscheinlichsten siehst. Das sich das immer im Kreis dreht, oder, wiest es gemeint hast, das es von Minus nach Plus geht und dann wieder zurück pendelt .. Was denkst du ist eher, stimmt eher?
- 018 **IP04:** Hmm ... Ich glaub, dass das pendelt.
- 019 **I:** Ok. Gut, das pendelt. Wenn das jetzt so pendelt, was passiert dann, verändern sich dann andauernd die Stromstärken da an manchen Punkten, oder ist der überall gleich größer dann?
- 020 **IP04:** Na, also der verändert – ob's sich zu dem verändert, oder, oder wie meinst du das?
- 021 **I:** Ja, einerseits zu dem und andererseits grundsätzlich. Ist das da, wenn ich zwischen R2 und dem Lämpchen messe, bleibt das dann immer gleich größer, oder hängt das davon ab, in welche Richtung grad der Strom kommt.
- 022 **IP04:** Na das bleibt immer gleich groß, weil da ja immer was dazu gegeben wird, oder?
- 023 **I:** Mhm.
- 024 **IP04:** Ja, bleibt gleich groß, also ...
- 025 **I:** Ich sag dir ja nicht, was richtig ist, weil ich will ja hören, was du denkst, ja.
- 026 **IP04:** Also ob das jede Runde schwächer wird, ob das dann irgendwann, das wie ein Pendel ist, das irgendwann erlischt
- 027 **I:** Zum Beispiel ja.
- 028 **IP04:** Nein, das glaub ich nicht, nein, das stimmt auch nicht. Weil die Stromquelle liefert ja immer weiter den Strom. Also, es ist zwar schwächer, das Lämpchen, aber es bleibt immer bei, auf einer.. Also es brennt die ganze Zeit so lang, dass es halt an ist.

Dieser Ausschnitt aus dem vierten Interview ist mit Absicht etwas länger, da IP04 hier sehr interessant

argumentiert, was aus seiner Sicht mit „dem Strom“ passiert. Er schwankt zwar zwischen zwei Modellen, entscheidet sich aber schlussendlich für eine Pendelbewegung.

Zitat 6.10: IP08 zur Zweizuführungsvorstellung (E, ZZ)

- 001 I: Es ist sozusagen die Frage, wo fließt da Strom, wenn ich das schließe. Fließt der überall gleichzeitig oder fängt er irgendwo an?
- 002 IP08: Es fangt glaub ich beim Minuspol an und geht dann zum Pluspol, oder?
- 003 Ok, das heißt da beim Minuspol weg zum Pluspol.
- 004 IP08: Mhm.
(Unterbrechung)
- 005 I: Das heißt, wir haben hier, beim Minuspol fängt er an zu fließen, (Lärm, Unterbrechung) Denkst du, am Anfang, fließt hier etwas, und was ist am Anfang hier beim Pluspol, fließt da auch schon was oder nicht?
- 006 IP08: Nein, ich glaub nicht, dass da schon was fließt, weil der Stromkreis noch nicht geschlossen ist.
- 007 I: Wenn er geschlossen ist, mein ich jetzt.
- 008 IP08: Achso ja, dann glaub ich schon, dass es fließt.
- 009 I: Fließt er dann überall gleichzeitig, oder?
- 010 IP08: Nein, beim Minuspol fangts an und dann so ...
- 011 I: Ok, und wann wird die dann heller? ..
- 012 IP08: Wenns (Pause) Wart mal, ich glaub, es fangt ... ich glaub, es fangt von beiden an und wenn dann beide ... wenns dann da ist, fangts an zu leuchten.
- 013 I: Ok, das heißt, es geht von da und da weg. Der Strom fließt von Plus und Minus zum Lämpchen hin.
- 014 IP08: Ja.

Zitat 6.11: IP03 zur Zweizuführungsvorstellung (C4, ZZ)

- 079 I: Mhm. Ok, gut. Schauen wir mal zum nächsten [C4]: Ist jetzt auch keine riesige Schaltung. Wir haben jetzt zwei Lampen, L1 und L2, und einen Widerstand dazwischen. Ja, und hier ist die Batterie, Lampe 1, Widerstand, Lampe 2, oder umgekehrt. Jetzt frage ich dich, wie ändert sich die HELLIGKEIT der beiden Lampen L1 und L2, wenn der Widerstand vergrößert wird? Vielleicht fangen wir vorher noch an, leuchten die zwei Lampen gleich hell?
- 080 IP03: Ja
- 081 I: Bevor wir was verändern.
- 082 IP03: Ja.
- 083 I: Warum leuchten die gleich hell?
- 084 IP03: Weil ... weil die von beiden Seiten, also von da kommt's gleich und von da .. das ist genau in der Mitte, und das(), also.
- 085 I: Ok. Da ist ja kein Widerstand.
- 086 IP03: Ja.
- 087 I: Ahm, und wenn wir jetzt den hier veränder, größer machen in dem Fall, was passiert dann, verändert sich dann etwas?
- 088 IP03: Dann wird's, dann wird die Helligkeit weniger, also, wird's dunkler.
- 089 I: Ok. Weils so () wie vorher. Weil der gesamte Widerstand da größer geworden ist? Leuchten die jetzt gleich hell immer noch, oder nicht?
- 090 IP03: Ja.
- 091 I: Ok. Das heißt, sozusagen, du sagst sozusagen, der Widerstand in der Schaltung wird größer, dadurch wird die Stromstärke insgesamt kleiner?
- 092 IP03: Ja.

Zitat 6.12: IP01 zu Kompensation (D2, K, SV)

- 183 IP01: Ich würd sagen, es kommt zu beiden gleich viel Strom hin, aber das frisst halt mehr Strom, genauso wie beim anderen Bsp. Angenommen, das eine wäre eine Energiesparlampe, die braucht weniger und das andere eine normale Glühbirne.
- 188 I: Ok. Das heißt, sagen wir mal, der Gesamtstrom hat 1 Ampere. Wie glaubst du, ca., nur ganz grobe Schätzung, wie teilt sich der auf?
- 189 IP01: Naja... , bei beiden kommt 0,5
- 190 I: Bei beiden 0,5.
- 191 IP01: Ja.
- 192 I: Jetzt verändern wir den Wid, das heißt, jetzt siehts anders aus, zumindest hier der Widerstand ist anders. Ist jetzt der Gesamtstrom anders?

-
- 193 **IP01:** Nein, der bleibt gleich
 194 **I:** Der bleibt gleich.
 195 **IP01:** Wir nehmen diese Energiequelle an, also kommt wieder ein Ampere rein, 0,5, 0,5, hier wird mehr gebraucht, hätt ich gesagt.

Zusammenfassung und Überprüfung der Verständlichkeit

Am häufigsten trat bei den Interviews die sequentielle Vorstellung auf, was aufgrund der Intention der ersten fünf Items allerdings nicht überraschen sollte. Das lokale Denken wurde bei den letzten vier Aufgaben ebenso sehr häufig eingeordnet. Alle anderen Kategorien sind ebenfalls mehrfach in den 19 Interviews aufgetreten. Hinweise auf Verständnisprobleme wurden gesondert gekennzeichnet und flossen ebenfalls in die Entwicklung der Erklärungsdistraktoren und der Gestaltung der Items mit ein.

6.2 Entwickelte Erklärungsdistraktoren (Phase 2 und 3)

Der Entscheidungsprozess für die Auswahl der Kategorien für die Distraktoren fand immer unter dem Gesichtspunkt statt, dass nur eine begrenzte Anzahl an Distraktoren sinnvoll ist (vgl. die Überlegungen in „*Multiple-Choice Tests*“ auf Seite 24). Gleichzeitig ist es nötig, die Verwendung der Items zum vorrangigen Abbilden von sequentiellem und lokalem Denken zu berücksichtigen. Es ist etwa nicht sinnvoll, eine Stromverbrauchsvorstellung herausstreichen zu wollen, wenn diese mit anderen Items erfasst wird.

Aus den verschiedenen Aussagen bei der Beantwortung der Aufgaben der SchülerInnen wurden nun Erklärungsdistraktoren durch Paraphrasierungen gebildet und aufeinander abgestimmt. Diese Distraktoren und die verschiedenen Antworten können als Erweiterung der Systemkategorien gesehen werden. Wie bei der Darstellung des Untersuchungsdesigns und der Durchführung schon angemerkt wurde, kam nach der Phase 2 die Entscheidung, vor weiteren Erhebungen die Items und ihre Erklärungsdistraktoren zu verbessern; eine Phase 3 wurde angefügt. Bei der Vorstellung und Begründung der Distraktoren werden aus Übersichtsgründen beide Versionen jedes Items zusammen vorgestellt. Genauso sind die Erklärungsdistraktoren und die Auswahlhäufigkeiten aus den schriftlichen Tests beider Phasen in einer Tabelle dargestellt. Die Begründungen für die jeweilige Reduktion und Auswahl der Distraktoren sind somit erst nach der Beschreibung beider Versionen zu lesen. Für die Reduktion wurden vorrangig die Ankreuzhäufigkeiten herangezogen, es flossen aber auch Eindrücke aus den fünf geführten Follow-Up-Interviews mit ein. Der Leser möge die hier vorgestellten Items mit den Originalitems in Kapitel 4.2 vergleichen. Bei der Formulierung der Erklärungsdistraktoren und bei der konkreten Gestaltung der Items flossen viele kleine Hinweise zur Verständlichkeit ein, die sich aus den Interviews ergaben.

Items C1 und C2

Da die Items C1 und C2 gleich aufgebaut sind und sich nur dadurch unterscheiden, dass entweder der Widerstand „vor“ der Lampe oder der Widerstand „nach“ der Lampe vergrößert wird, sind auch die Erklärungsdistraktoren ident gewählt und formuliert..

C1)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.	
a)	Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?	
☐	Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$.	
☐	Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher.	
☐	Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.	
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.	
☐	Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.	
☐	Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.	
☐	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	
☐	Andere Erklärung: _____	

C2)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.
------------	--

Abb. 6.1: Testitems C1 und C2 in der Version 2

Von C2 ist die zweite Stufe ausgeschnitten, da sie identisch zu C1 ist.

In der Abb. 6.1 sind die Items C1 und C2 nach der Entwicklung der Distraktoren (die ursprünglichen Versionen sind in 4.2 beschrieben) dargestellt. Die Stufe 1 (a) entspricht den Fragen und Antwortmöglichkeiten der Originalversionen, die Formatierung wurde lediglich leicht geändert. Im Schaltbild wurde das Symbol für die Batterie um Plus- und Minus-Zeichen erweitert und die Angabe der Stromstärke zur Lampe verschoben (Es wird nach der Stromstärke *in* der Glühlampe gefragt). In einer zweiten Stufe (b) wird nach einer Erklärung für die in (a) gegebene Antwort gefragt. Hierfür sind sechs Möglichkeiten (identisch bei beiden Items) vorgegeben, zusätzlich ist eine offene Antwortform angefügt, in der eine andere Erklärung in eigenen Worten beschrieben wird.

C1)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.			
a)	Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?			
☐	Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$.			
☐	Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher.			
☐	Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.			
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?			
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand R_1 .			
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand R_1 .			
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.			
☐	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.			
☐	Andere Erklärung: _____			
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?			
☐	sehr sicher	☐ ziemlich sicher	☐ nicht so sicher	☐ sehr unsicher

C2)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.
------------	--

Abb. 6.2: Testitems C1 und C2 in der Version 3

Von C2 sind die zweite und die dritte Stufe ausgeschnitten, da sie identisch zu C1 sind.

Wie man an Abb. 6.2 erkennen kann, ist die erste Stufe gegenüber der Phase 2 bei der Weiterentwicklung unverändert geblieben; Item C2 ist bis auf den gezeigten Ausschnitt identisch zu C1. Die Anzahl der Distraktoren wurde nach Auswertung der Testergebnisse aus der vorigen Phase reduziert. Zusätzlich wurde eine dritte Stufe angefügt, um die Sicherheit der ProbandInnen bei der Beantwortung der jeweiligen Aufgabe abzufragen. Des Weiteren wurden manche Distraktoren umformuliert, um die Verständlichkeit zu erhöhen. Bei allen Items wurden beispielsweise die Kurzbezeichnungen in den Text eingebaut. Statt „Widerstand“ wurde „Widerstand R_1 “ geschrieben.

Die Tab. 6.2 gibt eine Übersicht über die Erklärungsdistraktoren und die Häufigkeiten aus den Antworten der Tests in Phase 2 und Phase 3. Die in der zweiten Spalte angegebenen Kürzel stehen bei den nachfolgenden Kreuztabellen in 6.3.2 unter der entsprechenden Spalte und sollen eine bessere Orientierung gewährleisten. In der Spalte ganz rechts sind die Basiskonzepte aufgeführt, die über die Distraktoren angesprochen werden sollen.

Tab. 6.2: Erklärungsdistraktoren der Items C1 und C2

Kodierung	Kürzel	Erklärungsdistaktor Phase 2	C1	C2	Ges	Erklärungsdistaktor Phase 3	C1	C2	Ges	Basis konzept
0			9	7	16		0	1	1	ungültig
1	H	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.	6	6	12	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand R_1 .	8	7	15	SV, SA
2	V	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.	3	5	8	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand R_1 .	4	6	10	SV, SA
3	ZF	Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.	5	2	7	-	0	0	0	PB
4	Ü	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.	10	7	17	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.	14	13	27	richtiges Konzept
5	GW	Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.	1	5	6	-	0	0	0	GW
6	SB	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	7	9	16	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	4	2	6	BS
9	AE	Andere Erklärung:	5	5	10	Andere Erklärung:	2	3	5	-

In den Spalten C1, C2 und Ges sind die Häufigkeiten der gewählten Erklärungsdistraktoren eingetragen. (n = 78)
Abk. der Basiskonzepte siehe voriges Kapitel

Man erkennt, dass zwei Erklärungsdistraktoren entfernt wurden: Die Argumentation eines „Zurückfließens“ des Stroms (ZF) und der „Weg des geringsten Widerstands“ (GW) des Stroms. Bei der Entwicklung von Phase 2 war in Diskussion, nur die fünf anderen Distraktoren auszuwählen. Es war zu dem Zeitpunkt aus den Interviews ersichtlich, dass die Kategorien PB und GW keine einheitlichen und klaren Vorstellungen beinhalten dürften. Nachdem diese zwei Kategorien aber vorgekommen sind, wurde entschieden, beide bei den passenden Items zu verwenden, um dann aufgrund der Ergebnisse entscheiden zu können, wie häufig sie auftreten und wie gefestigt die Vorstellungen sind. Wie man auch bei den nächsten Items sehen kann, wurden beide Distraktoren sehr selten ausgewählt, zudem kreuzte nur ein interviewter Schüler, IP25, zwei Mal GW an. Einmal argumentierte er nicht im Sinne der Kategorie (er benutzte eine Art Staukonzept), einmal hat er sich bei der Auswahl der Erklärung geirrt. Es wurde somit entschieden, beide Erklärungsdistraktoren bei allen Items zu entfernen, wie in Folge zu sehen ist.

Item C4

C4)	Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit.	
a)	Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2, wenn der Widerstand R vergrößert wird?	
☐	L_1 bleibt gleich hell, L_2 leuchtet schwächer.	
☐	L_1 leuchtet schwächer, L_2 bleibt gleich hell.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide stärker.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide schwächer.	
☐	L_1 und L_2 leuchten gleich hell wie vorher.	
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.	
☐	Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.	
☐	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	
☐	Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie.	
☐	Andere Erklärung: _____	

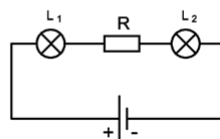


Abb. 6.3: Testitem C4 in der Version 2

In Abb. 6.3 ist die zweite Version des Items C4 (die ursprüngliche Version ist in 4.2 beschrieben) zu sehen, es ist eine zweite Stufe mit sieben Erklärungsdistraktoren (6 vorgegebene, eine offene Antwortmöglichkeit) angefügt. Die Anzahl der Distraktoren wurde auch hier nach Analyse der Testergebnisse in Phase zwei reduziert (ZF entfernt, siehe oben) und es wurden Formulierungen abgeändert (siehe Abb. 6.4). Wie bei allen Items wurde in der dritten Version des Items eine dritte Stufe angefügt, um die Sicherheit bei der Beantwortung ergründen zu können. Es folgt wieder eine Übersichtstabelle (Tab. 6.3) über die Häufigkeiten und Einsätze der Erklärungsdistraktoren.

C4)	Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit.	
a)	Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2, wenn der Widerstand R vergrößert wird?	
☐	L_1 bleibt gleich hell, L_2 leuchtet schwächer.	
☐	L_1 leuchtet schwächer, L_2 bleibt gleich hell.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide stärker.	
☐	L_1 und L_2 leuchten nun beide schwächer.	
☐	L_1 und L_2 leuchten gleich hell wie vorher.	
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe hinter dem Widerstand R .	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe vor dem Widerstand R .	
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.	
☐	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	
☐	Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie, daher hat der Widerstand R keinen Einfluss auf die Lampen.	
☐	Andere Erklärung: _____	
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?	
☐	☐	☐
sehr sicher	ziemlich sicher	nicht so sicher
☐	☐ sehr unsicher	

Abb. 6.4: Testitem C4 in der Version 3

Tab. 6.3: Erklärungsdistraktoren des Items C4

Kodierung	Kürzel	Phase 2		Phase 3		Basiskonzept
		Erklärungsdistraktor	n	Erklärungsdistraktor	n	
0		-	6	-	0	ungültig
1	H	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.	13	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe hinter dem Widerstand R.	16	SV, SA
2	V	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand..	1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe vor dem Widerstand R.	2	SV, SA
3	ZF	Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.	3	-	0	PB
4	Ü	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.	7	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.	11	richtiges Konzept
5	SB	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	6	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	0	BS
6	DV	Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie.	9	Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie, daher hat der Widerstand R keinen Einfluss auf die Lampen.	3	BS, SV, SA, ZZ
9	AE	Andere Erklärung:	1	Andere Erklärung:	0	-

Items C8 und C9

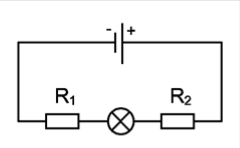
C8) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.

a) Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und wenn R_1 verkleinert wird?

☐ Die Lampe leuchtet heller.

☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.

☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.



b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Andere Erklärung: _____

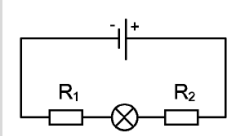
C9) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.

a) Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und wenn R_2 vergrößert wird?

Abb. 6.5: Testitems C8 und C9 in der Version 2

Für die zweite Version der Testitems C8 und C9 (vgl. Abschnitt 4.2) wurde entschieden, von der Frage nach Auswirkungen eines verkleinerten *und* vergrößerten Widerstands Abstand zu nehmen. Bei der

Aufgabe C8 (Abb. 6.5) wird nur noch nach einer Veränderung der Helligkeit der Lampe bei verkleinertem Widerstand R_1 gefragt, bei C9 (Abb. 6.5) wird der Widerstand R_2 nur noch vergrößert. Dahinter stand die Überlegung, dass unterschiedliche Argumentationen bezüglich Vergrößerung und der Verkleinerung eines Widerstandes ebenso durch Vergleich von C8 und C9 erkennbar wären und die Vorteile einer verkürzten Aufgabenstellung und der damit verbundenen kompakteren Darstellung überwiegen (siehe auch „Multiple-Choice Tests“, S. 24). Die Anzahl der Distraktoren wurde auch hier von der Version 2 auf die Version 3 (siehe Tab. 6.4) von 7 auf 5 reduziert und eine Möglichkeit zur Einschätzung der Sicherheit angefügt. Die Begründung zur Entfernung von ZF und GW ist bei C1/C2 beschrieben.

C8)	Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.		
a)	Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und wenn R_1 verkleinert wird?		
☐	Die Lampe leuchtet heller.		
☐	Die Lampe leuchtet gleich hell.		
☐	Die Lampe leuchtet weniger hell.		
			
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?		
☐	Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.		
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie hinter dem Widerstand R_1 liegt.		
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie vor dem Widerstand R_1 liegt.		
☐	Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, unabhängig von ihrer Lage im Stromkreis.		
☐	Andere Erklärung: _____		
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?		
☐	☐	☐	☐
	sehr sicher	ziemlich sicher	nicht so sicher sehr unsicher

C9)	Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.		
a)	Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und wenn R_2 vergrößert wird?		

Abb. 6.6: Testitems C8 und C9 in der Version 3

Tab. 6.4: Erklärungsdistraktoren der Items C8 und C9

Kodierung	Kürzel	Erklärungsdistraktor Phase 2	∞ C	∞ C	Ges C	Erklärungsdistraktor Phase 3	∞ C	∞ C	∞ C	Basis konzept
0			14	17	31		2	3	5	ungültig
1	SB	Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.	5	6	11	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.	4	0	4	UR
2	H	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.	10	10	20	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie hinter dem Widerstand R1 liegt.	15	15	30	SV, SA
3	ZF	Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.	4	2	6	-	0	0	0	PB
4	V	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.	0	4	4	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie vor dem Widerstand R1 liegt.	3	5	8	SV, SA
5	Ü	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.	5	5	10	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, unabhängig von ihrer Lage im Stromkreis.	8	7	15	richtiges Konzept
6	GW	Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.	4	2	6	-	0	0	0	GW
9	AE	Andere Erklärung:	4	0	4	Andere Erklärung:	0	2	2	-

Item D1

D1)	Die Glühlampen im folgenden Stromkreis sind alle gleich. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A. Wie groß sind die Stromstärken in den Verzweigungen?		
	a)	Ergänze die fehlenden Werte für I_1, I_2 und I_3!	
	Stromstärke I_1 =	A	
	Stromstärke I_2 =	A	
	Stromstärke I_3 =	A	
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?		
☐	Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.		
☐	Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.		
☐	Da alle Lampen gleich sind, fließt durch jede der gleiche Strom.		
☐	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt in gleiche Teile aufgeteilt.		
☐	Der Strom nimmt den kürzesten Weg.		
☐	Der Strom teilt sich bei der ersten Abzweigung verschieden auf, da auf der einen Seite zwei Lampen sind und auf der anderen Seite nur eine Lampe ist.		
☐	Andere Erklärung: _____		

Abb. 6.7: Testitem D1 in der Version 2

Bei der Weiterentwicklung des Items D1 (siehe Abb. 6.7, vgl. Abschnitt 4.2) ist aufgefallen, dass die Batterie im Vergleich zu den anderen Items verkehrt gepolt ist und zudem die Lampen nicht auf gleicher Höhe lagen, was bei der Gestaltung des Schaltbildes schließlich korrigiert wurde³¹. In Abb. 6.8 ist die dritte Version des Items D1 dargestellt. Die ankreuzbaren Erklärungsdistraktoren wurden hier gegenüber der zweiten Version von 6 auf nur 3 reduziert und teilweise deutlich umformuliert. Der Distraktor „kürzester Weg“ entspricht GW und wurde aus den oben genannten Gründen entfernt. Distraktor 6 dürfte zu umständlich formuliert worden sein. Er wurde nur 2 Mal gewählt ist deshalb auch entfernt worden.

D1)	Die Glühlampen im folgenden Stromkreis sind alle gleich. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A. Wie groß sind die Stromstärken in den Verzweigungen?		
	a)	Ergänze die fehlenden Werte für I_1, I_2 und I_3!	
	Stromstärke I_1 =	A	
	Stromstärke I_2 =	A	
	Stromstärke I_3 =	A	
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?		
☐	Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.		
☐	Alle Lampen sind gleich. Daher fließt durch jede Lampe der gleiche Strom.		
☐	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer halbiert.		
☐	Andere Erklärung: _____		
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?		
☐	☐	☐	☐
sehr sicher	ziemlich sicher	nicht so sicher	sehr unsicher

Abb. 6.8: Testitem D1 in der Version 3

³¹ Es wurde vermutet, verschiedene Abstände könnten weitere, nicht durch das Ankreuzverhalten analysierbare, Antworten fördern.

Tab. 6.5: Erklärungsdistraktoren des Items D1

Kodierung	Kürzel	Phase 2		Phase 3		Basiskonzept
		Erklärungsdistraktor	n	Erklärungsdistraktor	n	
0		-	15	-	0	-
1	GW	Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.	5	-	0	SV, SA
2	EB	Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.	10	Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.	11	EB
3	GL	Da alle Lampen gleich sind, fließt durch jede der gleiche Strom.	5	Alle Lampen sind gleich. Daher fließt durch jede Lampe der gleiche Strom.	10	richtiges Konzept, UL, BS
4	.5	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt in gleiche Teile aufgeteilt.	5	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer halbiert.	11	LD
5	kW	Der Strom nimmt den kürzesten Weg.	4	-	0	GW
6	VA	Der Strom teilt sich bei der ersten Abzweigung verschieden auf, da auf der einen Seite zwei Lampen sind und auf der anderen Seite nur eine Lampe ist.	2	-	0	LD
9	AE	Andere Erklärung:	2	Andere Erklärung:	0	-

Item D2

D2) Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.

a) Wie verhalten sich dann die Ströme I_1 und I_2 ?

☐ I_1 ändert sich, I_2 bleibt gleich.

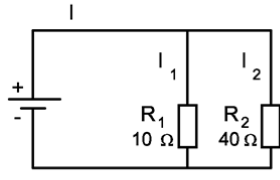
☐ I_1 bleibt gleich und I_2 ändert sich.

☐ I_1 und I_2 werden beide verändert.

☐ I_1 und I_2 bleiben unverändert.

Wie verhält sich der Strom I ?

☐ I wird kleiner ☐ I bleibt gleich ☐ I wird größer



b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.

☐ R_2 kann I_1 nicht beeinflussen.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.

☐ Andere Erklärung: _____

Abb. 6.9: Testitem D2 in der Version 2

Bei der Entwicklung der zweiten Version von Item D2 (Abb. 6.9) wurde neben der Erweiterung um Erklärungsdistraktoren auch der Versuch gewagt, die Antwortmöglichkeiten zu vereinfachen. Für die Version 3 (Abb. 6.10) wurde allerdings entschieden, wieder die ursprünglichen Antwortmöglichkeiten anzubieten³². Für die dritte Version wurden im Gegensatz zu den anderen Testitems keine

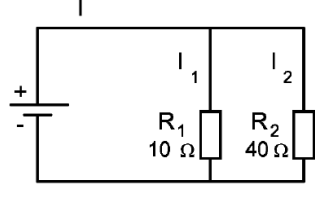
³² Dieser Schritt erwies sich im Nachhinein als sehr ungünstig- vor allem für die Vergleichbarkeit der Antworten zwischen Phase

Distraktoren entfernt, da keine eindeutige Reduktionsmöglichkeit indiziert war.

D2) Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.

a) Wie verhalten sich dann die Stromstärken?

Die Stromstärke I_1 ...	☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner
Die Stromstärke I_2 ...	☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner
Die Stromstärke I ...	☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner



b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke I_2 hinter dem Widerstand R_2 .

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke I_2 vor dem Widerstand R_2 .

☐ Der Widerstand R_2 kann die Stromstärke I_1 nicht beeinflussen.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.

☐ Andere Erklärung: _____

c) Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?

☐ sehr sicher
 ☐ ziemlich sicher
 ☐ nicht so sicher
 ☐ sehr unsicher

Abb. 6.10: Testitem D2 in der Version 3

Tab. 6.6: Erklärungsdistraktoren des Items D2

Code	Kürzel	Phase 2		Phase 3		Basis konzepte
		Erklärungsdistraktor	n	Erklärungsdistraktor	n	
0			15		4	ungültig
1	H	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.	4	Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke I_2 hinter dem Widerstand R_2 .	6	SA, SV
2	V	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.	3	Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke I_2 vor dem Widerstand R_2 .	4	SA, SV
3	NB	R_2 kann I_1 nicht beeinflussen.	11	Der Widerstand R_2 kann die Stromstärke I_1 nicht beeinflussen.	10	richtiges Konzept
4	Ü	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.	6	Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.	5	PS
5	SB (IV)	Es ist dieselbe Batterie; daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.	3	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.	0	K
6	SB (Igl)	Es ist dieselbe Batterie; daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.	3	Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.	1	UR
9	AE	Andere Erklärung:	1	Andere Erklärung:	2	

2 und 3 war dadurch die Auswertung sehr mühsam. Siehe auch Seite 78.

Übersicht über die InterviewpartnerInnen der Phase 1

Mit Hilfe der oben angeführten Kodierungen für die Erklärungsdistraktoren kann an dieser Stelle eine kompaktere Übersicht über die InterviewpartnerInnen der Phase 1 gegeben werden. Durch Sichtung des Interviewmaterials wurden passende Erklärungen zugeordnet. Im Gegensatz zum Prozess der Erfassung der auftretenden Schülervorstellungen wurde hier versucht, herauszulesen, was die Schülerin oder der Schüler schlussendlich geantwortet hätte. Hat sie oder er sich also bei der Diskussion um entschieden, so wurde nur letztere Antwort bzw. Erklärung eingetragen. Wenn sich nicht entschieden wurde, so wurden alle Antworten oder Erklärungen eingetragen. In diesem ersten Schritt wurde jede auftretende Antwort und Erklärung, wie in Abb. 6.11 ersichtlich, in eine Datentabelle eingetragen, um später daraus die der Antwort bzw. der Erklärung entsprechende Ziffer zu generieren. Über diesen Umweg konnten Mehrfachantworten sowie nicht gegebene Antworten kollektiv mit „0“ kodiert werden (In der Datentabelle grün unterlegt). Bei der Erfassung der Testergebnisse aus Phase 2 und 3 wurde dann nach derselben Methode vorgegangen. Unterhalb dieser Abbildung sind die so kodierten Tab. 6.7 und Tab. 6.8 zu sehen, die eine platzsparendere Übersicht über Antworten und Erklärungen der Phase 1 geben.

ID	Pha	Nr.	Code	Not	Ges	Alte	MS	Inte	Interv	Frage	C1a1	C1a2	C1a3	C1e1	C1e2	C1e3	C1e4	C1e5	C1e6	C1e9	C1s	C2a1
1	1	1		2	1	14	1	1	1	1	1						1				99	
2	1	2		2	2	14	1	1	1	1	1	1					1				99	1
3	1	3		3	1	13	0	1	1	1	1									1	99	
4	1	4		1	1	14	1	1	1	1	1		1								99	1
5	1	5		2	1	14	1	1	1	1	1		1								99	
6	1	6		2	1	14	1	1	1	1	1	1		1							99	1
7	1	7		3	1	14	0	1	1	1	1		1		1						99	1
8	1	8		1	2	14	1	1	1	1	1						1				99	1
9	1	9		1	2	14	1	1	1	1	1		1								99	
10	1	10		1	2	13	1	1	1	1	1		1		1						99	
11	1	11		2	2	14	0	1	1	1	1	1									99	
12	1	12		3	2	13	1	1	1	1	1		1		1						99	1
13	1	13		2	1	13	1	1	1	1	1		1		1						99	
14	1	14		1	2	13	1	1	1	1	1						1				99	
15	1	15		3	1	13	1	1	1	1	1		1								99	
16	1	16		4	2	14	0	1	1	1	1		1				1				99	1
17	1	17		1	1	13	0	1	1	1	1		1								99	
18	1	18		2	1	13	1	1	1	1	1		1							1	99	1
19	1	19		1	2	13	1	1	1	1	1		1		1						99	
20	2	1		2	1	14	1	1	1	1	1		1				1				99	1
21	2	2		4	1	14	0	1				1					1				99	
22	2	3		3	1	13	1	1				1									99	
23	2	4		1	1	13	1	1				1			1						99	

Abb. 6.11: Ausschnitt aus der Datentabelle

Zu sehen ist ein kleiner Ausschnitt aus der Datentabelle. Mit 99 sind Antwortmöglichkeiten gekennzeichnet, die in dieser Phase nicht verfügbar waren. Geschwärzt sind die Codes der InterviewpartnerInnen, da diese aus Buchstaben ihres Namens und dem Bezirk der Schule gebildet wurden und somit keine absolute Anonymität gewährleistet ist.

Tab. 6.7: Überblick über InterviewpartnerInnen in Phase 1

ID	Note	Geschlecht	Alter	MS_D	C1_A	C1_E	C2_A	C2_E	C4_A	C4_E	C8_A	C8_E	C9_A	C9_E	D1_A	D1_E	D2v3_A	D2_E
1	2	m	14	1	1	5	2	9	2	1	1	0	3	5	1	9	333	0
2	2	w	14	1	0	4	0	4	0	9	1	0	3	0	2	4	322	3
3	3	m	13	0	1	9	2	1	5	9	1	0	3	0	2	4	000	3
4	1	m	14	1	1	1	1	0	5	0	1	0	3	0	0	4	322	0
5	2	m	14	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	4	332	1
6	2	m	14	1	2	1	1	1	3	1	1	2	2	2	2	4	322	1
7	3	m	14	0	2	1	1	1	3	1	1	2	2	2	2	4	322	9
8	1	w	14	1	1	4	1	4	0	9	1	0	0	0	0	0	322	1
9	1	w	14	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	1	3	322	3
10	1	w	13	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	2	4	123	5
11	2	w	14	0	2	0	2	0	3	1	1	2	2	2	1	3	333	9
12	3	w	13	1	1	1	1	0	3	1	1	2	2	2	0	9	322	1
13	2	m	13	1	1	1	2	1	2	1	2	9	3	2	0	9	122	5
14	1	w	13	1	1	4	2	1	2	0	2	2	3	2	5	0	123	0
15	3	m	13	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	2	4	333	1
16	4	w	14	0	1	4	1	4	0	0	0	9	0	0	0	0	000	0
17	1	m	13	0	1	1	2	1	2	1	1	9	3	5	0	4	333	5
18	2	m	13	1	1	9	1	9	5	0	1	5	3	5	1	3	322	3
19	1	w	13	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2	0	0	333	0

Abkürzungen: ID...Identifikationsnummer, C1_A...gegebene Antwort bei Item C1 (Kodierungsnummern s.o.), D2_E...gegebene Erklärung bei Item D2 (Kodierungsnummern s.o.), MS_D... Muttersprache Deutsch (1=ja)

grün unterlegt: richtige Antworten und Erklärungen. Zwei dieser Schüler haben in Phase 3 auch den Test gemacht und wurden noch einmal interviewt (IP17 = IP68 und IP18 = IP73, siehe auch weiter unten)

Tab. 6.8: Häufigkeiten der Antwort-Erklärungs-Kombinationen in Phase 1

C1_AE	n	C2_AE	n	C4_AE	n	C8_AE	n	C9_AE	n	D1_AE	n	D2v3_AE	n	D2v3_AE	n
04	1	04	1	00	1	09	1	00	2	00	3	0000	1	3223	3
11	9	10	2	09	2	10	5	22	5	04	2	0003	1	3229	1
14	3	11	2	20	1	12	5	30	3	09	2	1225	1	3321	1
15	1	14	2	21	8	15	1	32	6	13	3	1230	1	3330	2
19	2	19	1	31	4	19	1	35	3	19	1	1235	1	3331	1
20	1	20	1	50	2	22	5			24	7	3220	1	3335	1
21	2	21	9	59	1	29	1			50	1	3221	3	3339	1
		29	1												

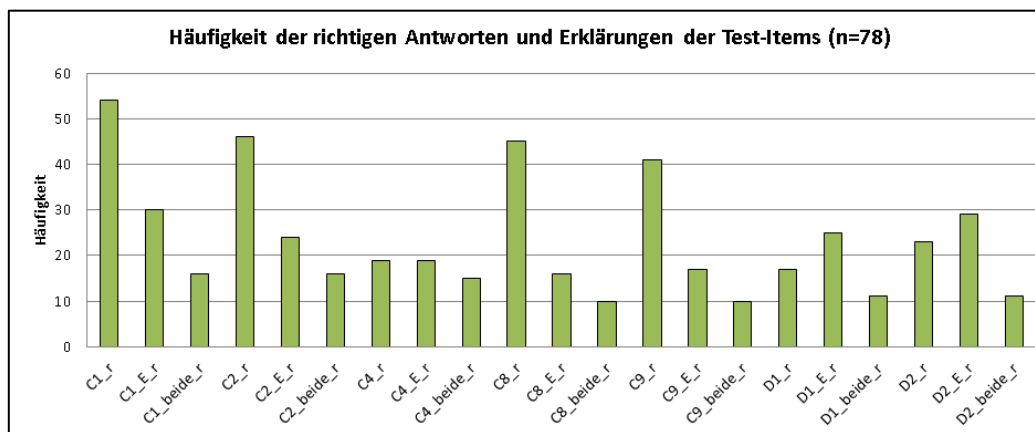
Abk.: n...Häufigkeit, C8_AE...Antwort-Erklärungs-Kombination bei Item C8 (Kodierungsnummern zusammengesetzt, die Erklärung entspricht der Einerziffer)

Zu jedem Item ist die Häufigkeit (n) der Antwort-Erklärungs-Kombination angegeben.

6.3 Erprobung der Testitems (Phase 2 und 3)

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Phase 2 und 3 dargestellt. Die Ergebnisse des Tests und der Interviews aus Phase 2 und aus Phase 3 immer zusammengerechnet, außer, es ist extra angegeben.

6.3.1 Testergebnisse



Tab. 6.9: Vergleich der Items nach Richtigkeit der Antworten, Erklärungen und Sicherheiten

C1_r...richtige Antwort bei C1, C4_E_r...richtige Erklärung bei C4, D1_beide_r...richtige Antwort und richtige Erklärung bei D1

In Tab. 6.9 ist eine Übersicht über die Häufigkeiten der richtigen Antworten, richtigen Erklärungen und der Antworten, bei denen auch die Erklärungen richtig sind. Man kann einerseits Unterschiede im Schwierigkeitsgrad herauslesen, andererseits das Verhältnis von richtigen Antworten zu richtigen Erklärungen betrachten. Bei letzterem fällt auf, dass bei C8 und bei C9 ein sehr großer Unterschied vorherrscht.

Die Daten aus dem Test sind zwar für eine erste Übersicht gut geeignet, mit einem Sample von 78 TestteilnehmerInnen ist eine detaillierte quantitative Auswertung jedoch nur bedingt sinnvoll. Da das Untersuchungsdesign so entworfen wurde, dass durch zusätzliche Interviews mit SchülerInnen eine qualitative Analyse möglich ist, wird von statistischen Analysen der Testergebnisse abgesehen.

6.3.2 Auswertung nach Antwortkombinationen

In diesem Abschnitt wird dargestellt, welche Antwortkombinationen bei den Tests in Phase 2 und 3 am häufigsten angekreuzt wurden und durch Heranziehen der Follow-Up-Interviews analysiert, aus welchem Grund die interviewten Schülerinnen und Schüler so antworteten. Da aus der zweiten Phase nur fünf Interviews (14 aus Phase 2) zur Verfügung stehen und die Samplegrößen von 46 beziehungsweise 32 für eine quantitative Analyse sehr gering sind, sind in den folgenden Tabellen alle 78 Ergebnisse zusammen ausgewertet. Hierbei ist immer zu bedenken, dass bei den meisten Items in der Version 3 die Auswahl an Erklärungsdistraktoren geringer ist. Durch die geringe Auswahl dieser entfernten Distraktoren in Phase 2 (s.o.) ist jedoch davon auszugehen, dass das Ankreuzverhalten beider Phasen gut vergleichbar ist. Sind signifikante Unterschiede festgestellt worden, so ist dies zusätzlich festgehalten.

Zu jedem Item wird in diesem Abschnitt die Kreuztabelle der Antworten (Stufe 1) und Erklärungen (Stufe 2) dargestellt und analysiert. Bei den zusammen gehörenden Items C1 und C2 bzw. C8 und C9 werden ebenso Kreuztabellen dargestellt, aus denen die Häufigkeiten von gleichen Antwort-Erklärungs-Kombinationen beider Items ablesbar sind. Einheitlich grün hinterlegt sind in jeder Kreuztabelle der einzelnen Items die Zeile mit den richtigen Antworten und die Spalte mit den richtigen Erklärungen. Die Spalten der häufig gewählten Erklärung „verändert nur die Stromstärke / beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe hinter dem Widerstand“ (H) sind einheitlich blau hinterlegt.

Tab. 6.10: Überblick über InterviewpartnerInnen in Phase 2 und 3

ID	Geschl.	C1s	C2s	C4s	C8s	C9s	D1s	D2s	d. Sich	C1_A	C1_E	C2_A	C2_E	C4_A	C4_E	C8_A	C8_E	C9_A	C9_E	D1_A	D1_E	D2v2_A	D2v3_A	D2_E
20	m									1	4	1	4	4	4	1	5	3	5	1	4	22		3
24	m									1	1	2	9	1	2	2	0	1	1	3	4	23		0
25	m									2	6	3	5	5	6	0	0	0	0	3	5	22		1
46	m									1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	4	20		0
47	m									1	0	1	0	4	4	3	5	2	1	0	0	40		0
66	m	2	3	3	2	3	4	1	2,6	2	6	3	4	3	6	2	1	3	5	4	2		321	1
67	m	2	4	2	2	2	3	2	2,4	1	1	2	9	1	1	2	2	3	0	2	4		332	9
68	m	4	4	3	3	3	2	3	3,1	1	9	1	9	4	4	1	5	1	5	3	3		322	0
69	m	3	3	4	4	4	3	2	3,3	1	1	1	1	1	1	3	2	3	2	4	2		223	1
70	m	3	3	3	2	4	4	3	3,1	3	4	1	2	4	4	2	4	3	2	3	3		323	3
71	m	3	3	2	2	3	1	1	2,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4		323	1
72	m	2	kA	3	2	3	1	1	2,0	1	4	0	0	1	1	1	2	3	2	2	4		320	2
73	m	2	2	1	3	2	3	2	2,1	1	1	2	1	4	4	2	2	3	2	2	4		323	2
79	m	3	2	4	4	3	4	4	3,4	3	4	2	6	4	4	2	5	1	2	1	3		311	3
80	m	3	3	4	3	3	4	2	3,1	3	4	1	2	3	4	1	5	1	4	4	2		132	4
81	m	2	2	2	2	2	4	1	2,1	3	1	1	1	5	6	3	5	1	2	4	2		213	4
83	w	2	2	3	3	3	3	2	2,6	2	6	1	4	1	1	2	2	1	4	4	2		322	2
85	m	2	2	3	4	4	2	2	2,7	3	2	3	4	1	1	2	2	3	2	4	2		311	3
87	w	1	2	2	1	1	1	1	1,3	2	2	1	2	1	2	2	1	1	5	4	2		311	3

In dieser Tabelle sind nur jene ProbandInnen aufgeführt, die nach dem Test auch interviewt wurden. Richtige Antworten und Erklärungen sind grün hinterlegt

Abkürzungen: C2s...angegebene Sicherheit bei Item C2 (4: sehr - 3: ziemlich - 2: nicht so sicher - 1... sehr unsicher), d.Sich...durchschnittliche Sicherheit, ID...über alle drei Phasen fortlaufende Identifikationsnummer, weitere Abk. s.o.

Items C1 und C2

In den Tabellen Tab. 6.11 und Tab. 6.12 sind in übersichtlicher Form die Antwortkombinationen aus den 78 Testergebnissen der Phase 2 und 3 dargestellt (Die Items sind auf den Seiten 50 und 50 abgebildet). Daneben sind die hervorgehobenen häufigsten Antworten noch einmal ihrer Häufigkeit nach aufgelistet und die IDs jener InterviewpartnerInnen angeführt, die beim Test diese Kombination gewählt haben. Tab. 6.13 zeigt schließlich alle Kombinationen der Antworten bei zwischen C1 und C2. Grün unterlegt sind die Zeilen bzw. Spalten mit den richtigen Antworten, Erklärungen oder Antwort-Erklärungs-Kombinationen. Vergrößert und in roter Schrift sind die größten Häufigkeiten innerhalb einer Kreuztabelle.

		C1_E								Ges	
		0	1	2	3*	4	5*	6	9		
C1_A	1	5	12	2	3	11	0	0	5	38	I kl
	2	1	0	2	1	1	1	10	1	17	I gl
	3	3	2	3	1	12	0	1	1	23	I gr
	Ges	9	14	7	5	24	1	11	7	78	
		H V ZF Ü GW SB AE									

A	E	#	Interviews:				
1	1	12	24	67	69	71	73
3	4	12	70	79	80		
1	4	11	20	72			
2	6	10	25	66	83		
1	9	5	68				
1	0	5	46	47			

*...nur in Phase 2 zur Auswahl - Abk.: I kl...Stromstärke I kleiner, I gl...I gleich, I gr...I größer

Bei Item C1 sind die häufigsten Kombinationen 11, 34 und 14. Die Kodierung 11 bedeutet, dass die/der InterviewpartnerIn zwar die richtige Antwort (bei vergrößertem Widerstand ist die Stromstärke kleiner) ankreuzte, aber als Erklärung angab, dass nur die Stromstärke hinter dem Widerstand verändert wird. 34 bedeutet, dass ein größerer Widerstand überall im Stromkreis die Stromstärke vergrößert; 14 ist die richtige Antwort-Erklärungs-Kombination, bei der die Stromstärke im ganzen Stromkreis verkleinert wird.

		C2_E								Ges	
		0	1	2	3*	4	5*	6	9		
C2_A	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
	1	5	6	9	1	12	1	1	2	37	I kl
	2	1	6	1	0	1	2	9	6	26	I gl
	3	0	1	1	1	7	2	1	0	13	I gr
	Ges	8	13	11	2	20	5	11	8	78	
		H V ZF Ü GW SB AE									

A	E	n	Interviews:				
1	4	12	20	83			
1	2	9	70	80	87		
2	6	9	79				
3	4	7	66	85			
1	1	6	69	71	81		
2	1	6	73				
2	9	6	24	67			
1	0	5	46	47			

Die Kreuztabelle von Item C2 zeigt ein ähnliches Bild wie jene von Item C1. Im Unterschied zu C2 kommt hier aber sehr häufig die Kombination 12 vor. Es wird zwar angekreuzt, dass sich die Stromstärke verkleinert, allerdings nur vor dem Widerstand. Ebenfalls häufig im Gegensatz zu C1 kommen 21 und 29 vor. Während erstere Kombination eine sequentielle Argumentation vermuten lässt („Die Stromstärke bleibt gleich, weil ein Widerstand nur die Stromstärke hinter ihm beeinflusst“), ist bei 29 durch die andere Erklärung von der Kombination alleine recht wenig abzuleiten.

Tab. 6.13: Vergleich der Antwortkombinationen zwischen C1 und C2

		C2_AE																										Ges
		0	10	11	12	13*	14	15*	16	19	20	21	22	24	25*	26	29	31	32	33*	34	35*	36					
C1_AE	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5			
	11	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	12			
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2				
	13*	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				
	14	1	0	0	0	0	5	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	11				
	19	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5				
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
	22	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2				
	23*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1				
	25*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
	26	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	1	0	10				
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1				
	30	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2			
	32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3			
	33*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
	34	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3	0	0	0	12			
	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
Ges		2	5	6	9	1	12	1	1	2	1	6	1	1	2	9	6	1	1	1	7	2	1	78				

C1_AE	C2_AE	#	Interviews	vermutetes Konzept
14	14	5	20	Richtiges Konzept
10	10	4	46 47	Richtig, aber ohne (eindeutige) Erklärung → unklar
11	11	4	69 71	Richtig, aber widersprüchliche Erklärung → unklar
11	21	4	73	SA oder SV
26	26	4	-	BS
34	12	3	70 80	IR, widersprüchlich / unklar
34	14	3	-	widersprüchlich
34	34	3	-	IR
11	29	3	24 67	SA oder SV, abhängig von Erklärung

*...nur in Phase 2 möglich

Für die Items C1 und C2 ist obige Kreuztabelle am aussagekräftigsten, da hier die Aufgabenstellungen beider Items verknüpft sind - einmal wird der „vordere“ Widerstand, einmal der

„hintere“ Widerstand verändert. Unterhalb der Kreuztabelle sind alle Häufigkeiten >2 und diese Kombinationen ankreuzende Interviewpartner noch einmal aufgelistet. Daneben sind die hinter diesen Kombinationen vermuteten Basiskonzepte bzw. Schülervorstellungen angegeben. Diese werden im Anschluss an die Übersicht und Analyse der häufigsten Ankreuzkombinationen mit Hilfe der vorhandenen Daten überprüft. Durch die große Anzahl an Kombinationen sind die zugehörigen Häufigkeiten geringer als bei den einzelnen Items. Dennoch gibt es beliebtere Kombinationen, die nun durch die Hinzufügung der geführten Interviews genauer gedeutet werden.

Überprüfung des Ankreuzverhaltens durch vorhandene Interviews:

14-14: Die Stromstärke wird in beiden Fällen kleiner (richtiges Konzept)

Interviewpartner 20 (IP20) wurde zu dieser Frage nicht interviewt, nachdem er aber bei allen Items bis auf D1 und D2 die richtige Antwort und die richtige Erklärung ankreuzte, kann man von einer richtigen Vorstellung ausgehen. Die anderen vier Testpersonen wurden nicht interviewt.

10-10: richtige Antwort, aber keine bzw. vieldeutige Erklärung (unklares Konzept)

IP46 und IP47 haben beide bei C1 und C2 jeweils zwei Erklärungen angegeben, wodurch (wie es auch bei keiner angegebenen Erklärung der Fall wäre) die Erklärung mit 0 kodiert wurde. IP46 gab als Erklärungen bei beiden Items E1 („hintere“) und E4 („überall“) an, IP47 gab ebenso bei beiden Items die gleichen Erklärungen mit E1 und E5 („geringster Widerstand“) an. Die zwei anderen mit 10-10 kodierten ProbandInnen hatten beide keine Erklärung abgegeben, wurden aber nicht interviewt.

IP46 kann nicht klar ausdrücken, warum er „überall“ angekreuzt hat. Durch Nachfragen tritt aber eine deutliche sequentielle Vorstellung hervor (zu C4 sagt er auch: „Die Lampe [L2] kriegt weniger Strom als die hier“(011)). Auf die Frage, ob ihm eine Erklärung mehr zusagt, meint er: „IP46: Ja, (für?) ein bissi logischer ist die erste [E1, „hintere“]. (010). Aus dem Interview tritt auf jeden Fall deutlich hervor, dass für ihn die angegebenen Erklärungen unklar waren:

Zitat 6.13: IP46 zu 10-10 bei C1 und C2 (SA)

-
- 001 I: Ich möchte auch wissen, was du denkst, wenn du so eine Antwort liest, ob das verständlich war, oder blöd formuliert oder so.
- 002 IP46: Die Fragen waren ein bisschen komisch, bei den meisten hab ich mich eh nicht ausgekannt, also.
- 003 I: Von der Angabe her oder von den Erklärungen-
- 004 IP46: Von den Antworten dann. „Wie erklärst du deine Entscheidung - „Die Veränderung des Widerstand verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand“ ... das ist ein bisschen unlogisch.
- 005 I: Mhm. Da weißt du nicht wirklich, was mit davor und dahinter gemeint ist?
- 006 IP46: Naja da ist davor und da ist hinten. [deutet auf Stellen vor und hinter dem Widerstand, bezogen auf die Stromrichtung]
-

IP47 gibt an, dass er ab C4 davon ausgegangen ist, dass es ja ein Stromkreis (mit Betonung auf Kreis) ist, und es daher eigentlich egal sein müsste, wo der Widerstand ist. Ab C4 wählte er auch keine „vor“- oder „hintere“-Erklärung mehr aus. Er begründet keine der beiden Erklärungen sehr gründlich, antwortet jedoch auf die Frage, was er unter „Der Strom geht den Weg des geringsten Widerstands“ versteht:

- 004 Dass er dort besser fließt, wo jetzt ein Widerstand ist oder ein kleiner Widerstand ist.

Trotz der richtigen Antwort in der ersten Stufe treten also bei beiden Interviewpartnern Fehlkonzepte auf.

11-11: Die Stromstärke wird in beiden Fällen kleiner, weil die Stromstärke hinter dem Widerstand verändert wird (widersprüchlich, unklar)

IP69 kann bei der Konfrontation mit der widersprüchlichen Erklärung keine klare Antwort geben. Beim Gespräch argumentiert er öfters sequentiell und bezog auch „hintere“ auf den Stromfluss, es wird bei dem Interview allerdings nicht klar, warum er dann bei beiden Items „kleiner“ angekreuzt hat. Er gibt

während des Interviews aber auch zu, dass er immer nur das fettgedruckte gelesen hat, dürfte sich somit weniger intensiv mit der genauen Aufgabenstellung befasst haben.

IP71 meint, er sei sich grundsätzlich recht sicher gewesen. Auf die Nachfrage nach der widersprüchlichen Beantwortung (Frage, ob es einen Unterschied zwischen C1 und C2 gibt), gibt er an, es gibt keinen Unterschied, weil der Strom im Kreis von Plus nach Minus fließt. Er gibt an, dass verschiedene Stromstärken an unterschiedlichen Stellen sind. Gelesen hat er die Angabe nicht sehr genau, er hat eher auf die Skizze geschaut. Auf nochmaliges Nachfragen meint er mit der Begründung, die Lampe sei ja dahinter, dass er wieder so antworten würde. Auch im Gespräch stellen sich also Widersprüche ein. Später im Interview stellt sich heraus, dass er bei C4 und C8/C9 (s.u.) sequentiell argumentiert; aus seiner Sicht dürfte also eine unterschiedliche Wirkung auf Bauteile davor bzw. dahinter vorherrschen.

11-21: Die Lampe wird nur vom Widerstand beeinflusst, wenn sie „hinter“ ihm liegt, daher wird die Lampe weniger hell leuchten, wenn der vordere Widerstand R_1 vergrößert wird, bleibt aber gleich hell, wenn der hintere Widerstand R_2 verändert wird. (Sequentielle Vorstellung, Stromverbrauchsvorstellung)

Ein Interview ist zu dieser - vier Mal gewählten - Kombination vorhanden. IP73 kreuzte bei C1 und C2, wie auch bei C8 und C9 Antworten und Erklärungen an, die eindeutige auf eine sequentielle Vorstellung schließen lassen. Beim Interview wird dieses Denken bestätigt, muss jedoch differenzierter betrachtet werden, da dieser Schüler in Phase 1 noch anders argumentierte („die Stromstärke wird in beiden Fällen kleiner, weil der Strom ja auch wieder zurückfließt“). Die möglichen Ursachen für diese Argumentation sind näher unter dem Punkt „Das „Zurückfließen““ auf Seite 82 beleuchtet.

Das Interview gab keinen Hinweis auf die Möglichkeit einer nicht-sequentuellen Vorstellung als Ursache für die Wahl dieser Antwortkombination. Die Aussagekraft von nur einem Interview ist allerdings als gering zu beurteilen.

26-26: Die Lampe leuchtet auch bei vergrößertem Widerstand gleich hell, weil die Batterie denselben Strom liefert.

Die Antwortkombination, die eine Konstantstromvorstellung vermuten lässt wurde von vier Personen bei beiden Items angekreuzt, es wurde aber keine der Personen interviewt.

34-12: Ein vergrößerter Widerstand bei C1 vergrößert die Stromstärke überall, bei C2 wird aber die Stromstärke kleiner, da die Lampe vor dem Widerstand ist (widersprüchlich, inverse Widerstandsvorstellung)

IP70 und IP80 sind zwei der drei Testpersonen, die 34-12 angekreuzt haben. Beide bringen sehr spezielle Erklärungen im Interview. IP80 versucht, mit verschiedensten Argumenten die Aufgabe zu lösen. Bevor das Interview durch den Gang zum Schulfotografen unterbrochen wird, meint er zuletzt, beim Pluspol der Batterie „wird alles größer und beim Minuspol wird's wieder kleiner“. Diese spezielle Erklärung wird nach der Unterbrechung leider nicht mehr näher erörtert. Bei der Besprechung von C8 wird aber klar, dass ihm bei der Aufgabenstellung nicht klar war, was mit „vor“ und „hinter“ dem Widerstand gemeint war.

IP70 verwendet eigene Begriffe, „Stromstärke“ und „Stromspannung“. Im folgenden Ausschnitt des Interviews wird allerdings klar, dass er sehr klar differenziert (Stromstärke wird größer, Stromspannung aber kleiner bei vergrößertem Widerstand):

Zitat 6.14: IP70 zu 34-12 bei C1 und C2 („Stromspannung“)

001 I: Was passiert denn da? Warum ist dann die Stromstärke größer?

002 IP70: Wenn man den Widerstand verstärkt, wird dadurch auch die Stromstärke also größer, aber die

- Stromspannung wird kleiner, also die Volt werden kleiner und die Ampere werden größer.
- 003 **I:** Die Volt werden kleiner und die Ampere werden größer, ok. Und, was ist da der Unterschied zwischen der Stromspannung und der Stromstärke?
- 004 **IP70:** Oh nein, das wüsst ich nicht.
- 005 **I:** Gut, das heißt, wenn da mehr Widerstand ist, dann hat man einfach mehr Stromstärke. Wird die dann überall mehr, oder?
- 006 **IP70:** Ja .. es wird überall mehr, und nur da wird's dann noch mehr größer ..
- 007 **I:** Also nach-
- 008 **IP70:** Nach dem zweiten Widerstand.
- 009 **I:** Nach dem R2 wird's dann noch einmal-
- 010 **IP70:** Ja.
- (...)
- 012 **I:** (...) Also du hast gesagt, das verändert „überall“ den Stromkreis, wenn man den R1 verändert. Meinst du mit „überall“ auch da vorher, nach dem Pluspol?
- 013 **IP70:** Ähh, nein, eigentlich nicht.
- 014 **I:** Hast du dir die Fragen da genau durchgelesen und die Erklärungen-
- 015 **IP70:** Nein. (lacht)
- 016 **I:** Nein, ok. Ja passt eh, ist eh gut zu wissen. Hast du die selber auch durchgelesen, oder einfach irgendwas angekreuzt?
- 017 **IP70:** Also, die hab ich (oft?) durchgelesen, weil ich dachte im Moment „überall nach dem R1“.
- 018 **I:** Also mit „überall“ hast du gedacht, nach dem R1 ist da gemeint?**I:** Gut, das heißt, wenn da mehr Widerstand ist, dann hat man einfach mehr Stromstärke. Wird die dann überall mehr, oder?
- 019 **IP70:** Ja.

Der interviewte Schüler hat also eine inverse Widerstandsvorstellung bezogen auf die Stromstärke, hat aber gleichzeitig ein umgekehrtes Konzept für die Wirkung auf die „Stromspannung“. Aus dem Gespräch tritt nicht hervor, ob und wann er sein Konzept zur Stromspannung anwendet. Wie IP80 versteht IP70 unter den Begriffen „vor“, „hinter“ und auch „überall“ etwas anderes als der Fragesteller. „Vor“ heißt für ihn teilweise „links von einem Bauteil“, bei C1 meinte er bei der Erklärung mit „überall“ den ganzen Stromkreis bis auf das Stück zwischen dem Pluspol der Batterie und dem Widerstand R1.

34-14: Ein vergrößerter R1 vergrößert überall die Stromstärke, ein vergrößerter R2 verkleinert überall die Stromstärke (widersprüchlich)

Keine der drei Personen wurde interviewt.

34-34 Ein vergrößerter Widerstand vergrößert die Stromstärke im ganzen Stromkreis (inverse Widerstandsvorstellung)

Keine der drei Personen wurde interviewt.

11-29: Die Stromstärke wird nur hinter dem Widerstand verkleinert (sequentiell / Verbrauchsvorstellung, jedoch „andere Erklärung“ bei C2)

IP24 schrieb als andere Erklärung „Der Widerstand mit 20 Ω ist erst nach der Glühlampe“ in das Feld. Sie kann nicht genau erklären, warum ihr die Erklärung E1 nicht gefiel und spricht von „Intuition“. Auch bei den übrigen Aufgaben kreuzte IP24 diese Erklärung nie an, im Gespräch zeigt sie aber eine sehr starke sequentielle Vorstellung und meint auch auf Nachfrage, dass „hinter dem Widerstand“ bei mehreren Aufgaben als Erklärung passen würde.

IP67 schrieb in das Feld für eine andere Erklärung eine sehr ähnliche Aussage: „R2 muss vor der Lampe sein“. Er meint dazu, er sei sich nicht sicher gewesen, was mit „vor“ und „hinter“ gemeint sein könnte.

Zusammenfassung

Tab. 6.14: Zusammenfassung zu C1 und C2

C1_AE	C2_AE	#	Interviews	vermutetes Konzept	Ja	?	Nein	Kommentar
14	14	5	20	Richtiges Konzept	20			
10	10	4	46 47	Richtig, aber ohne (eindeutige) Erklärung → unklar	46 47			
11	11	4	69 71	Richtig, aber widersprüchliche Erklärung → unklar	69 71			
11	21	4	73	SA oder SV	73			PB zusätzlich?
26	26	4	-	BS	- -	- -	- -	
34	12	3	70 80	IR, widersprüchlich / unklar	70 80			beide Male keine eindeutige IR
34	14	3	-	widersprüchlich	- -	- -	- -	
34	34	3	-	IR	- -	- -	- -	
11	29	3	24 67	SA oder SV, abhängig von Erklärung	24	67		beide SA/SV, aber Probleme mit Formulierung?

Fasst man die Ergebnisse aus der Überprüfung der häufigsten Antwort-Kombinationen bei C1 und C2 zusammen (Tab. 4.1), so erkennt man, dass die vermuteten Konzepte fast zur Gänze durch die Interviews bestätigt wurden (Ja-Spalte). Bei den interviewten Personen kann somit aus der Auswahl der Antworten und Erklärungen eindeutig auf die genannten Konzepte geschlossen werden. Lediglich bei der Kombination 11-29 kann bei IP67 nicht zwingend von einer sequentiellen Argumentation ausgegangen werden. Für die Kombinationen 11-21 (BS), 34-14 (widersprüchliches Konzept) und 34-34 (inverses Widerstandskonzept) kann nichts ausgesagt werden. Die geringe Anzahl der Interviews (jeweils 1-2) darf trotzdem nicht außer Acht gelassen werden.

Item C4

Tab. 6.15: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C4

		C4_E								Ges		
		0	1	2	3*	4	5	6	9			
C4_A	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2		
	1	0	24	2	1	0	0	0	0	27	L2sw	
	2	1	2	1	1	0	1	0	0	6	L1sw	
	3	0	1	0	1	3	2	3	0	10	beide st	
	4	1	1	0	0	14	0	2	0	18	beide sw	
	5	2	1	0	0	1	3	7	1	15	beide g	
Ges		6	29	3	3	18	6	12	1	78		
		H	V	ZF	Ü	SB	DV	AE				

A	E	#	Interviews:								vermutetes Konzept
1	1	24	46	67	69	71	72	83	85	SA, SV	
4	4	14	20	47	68	70	73	79		richtiges Konzept	
5	6	7	25	81						ZZ, SA	
3	6	3	66						widersprüchlich		

*...nur in Phase 2 zur Auswahl Abk.: C4_A... Code für gegebene Antwort, C4_E...Code für gegebene Erklärung (0...ungültig)
L1sw...L1 leuchtet schwächer, beide stärker... beide Lampen stärker, beide g... beide Lampen leuchten gleich (wie zuvor)

Bei der Aufgabe C4 (Das Item ist auf den Seiten 52 und 52 abgebildet) wurden die Kombinationen 11, 44 und 56 sehr häufig gewählt (Tab. 6.15). 24 Mal wurde geantwortet, dass bei Vergrößerung des in der Mitte seriell geschalteten Widerstands das auf Seite des Pluspols liegende Lämpchen L1 gleich bleiben würde, jedoch das auf der anderen Seite liegende Lämpchen L2 schwächer leuchten würde (Antwort1, Erklärung 1). Immerhin 14 Testpersonen wählten die physikalisch richtige Antwort und Erklärung aus (44). Am dritthäufigsten wurde die Kombination 56 gewählt: Beide Lampen leuchten gleich hell wie vorher, weil die Batterie denselben Strom liefert (7 Testpersonen). Die so ankreuzenden InterviewpartnerInnen dienen im Folgenden zur Analyse des Ankreuzverhaltens.

Überprüfung des Ankreuzverhaltens durch vorhandene Interviews:

1-1: Ein vergrößerter Widerstand bewirkt eine schwächer leuchtende Lampe L2, beeinflusst aber nicht die Helligkeit von L1, da sie nicht hinter ihm liegt (sequentielle Argumentation)

Sieben der 19 Interviewten in Phase 2 und 3 wählten diese Antwort-Erklärungs-Kombination aus: IP46 SA, IP67, IP69, IP71, IP72, IP83 und IP85. Sechs der ProbandInnen argumentieren beim Interview eindeutig sequentiell (IP46, IP67, IP69, IP71, IP72, IP85) und argumentieren auch bei anderen Items meist sequentiell. IP83 spricht im ganzen Interview öfter an, dass „davor“ ja nichts verändert wird, gleichzeitig sind die Antworten recht unklar und des Öfteren widersprüchlich. Sie wirft etwa bei C1 ein, dass sich die Stromstärke ja nicht ändere, nur die Helligkeit der Lampe ändert sich. Bei C4 wiederum gibt sie auf Nachfragen an, dass bei kleinerer Stromstärke eine Lampe weniger hell leuchtet. Grundsätzlich scheint sequentiell gedacht zu werden, die Argumentationsketten sind aber teilweise nicht schlüssig, die Interviewpartnerin macht aus Sicht des Interviewers einen eher unsicheren Eindruck.

Angesprochen auf den die Aufgabe einführenden Satz „Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L1 und L2 mit gleicher Helligkeit“ meinen zwei (IP67 und IP69), sie hätten nur das fett gedruckte gelesen und somit den Satz nicht gelesen. IP69 meinte auf die Frage, ob ihn der Satz verwirren würde³³: „ja [sie leuchten vorher auch schon] ein bisschen [unterschiedlich], aber nur dass man es nicht erkennen kann, (...) also wenn man (grob?) messen würde, würde man's nicht sehen, aber wenn man ein paar Kommastellen anschauen würde, würd man vielleicht einen kleinen unterschied merken“ (152). IP85 meint auf dieselbe Frage, dass er sich wohl vorher den Widerstand nicht in der Schaltung vorgestellt hat erst für bei der konkreten Aufgabenstellung miteinbezogen hat. Die restlichen Interviewpartner wurden hierzu nicht gefragt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass keine interviewte Person mit dieser Ankreuzkombination eine gefestigte Vorstellung haben dürfte, die der Annahme des Vorhandenseins einer sequentiellen Argumentation widerspricht.

4-4 Ein vergrößerter Widerstand beeinflusst alle Lampen in Stromkreis. Dadurch leuchten L1 und L2 weniger hell (richtig)

IP20 und IP79 wurden zu C4 nicht befragt. IP47 kam ab dieser Aufgabe nach eigener Aussage auf die Idee gekommen, dass der ganze „Stromkreis“ durch einen größeren Widerstand „geschwächt“ wird; er argumentiert bei den späteren Aufgaben in der Art weiter. IP68 argumentiert hier auch richtig (und stimmt an dieser Stelle zu, dass „überall im Stromkreis auch bei C1 und C2 eine passende Erklärung wäre).

IP70 und IP73 wenden hingegen nicht das physikalisch richtige Konzept bei C4 an. IP73 wurde gefragt, warum die Lampen gleich leuchten, obwohl er vorher meinte, es werde nur hinter einem

³³ Da bei einer sequentiellen Argumentation auch vor der Veränderung eine Lampe hinter und eine Lampe vor dem Widerstand liegt, müsste man argumentieren, dass beide Lampen auch zu dem Zeitpunkt schon unterschiedlich leuchten. Vermutet wird, dass über diesen Widerspruch das Antwortverhalten von Testpersonen mit sequentieller Argumentation beeinflusst werden könnte.

Widerstand etwas verändert. Hier begründet er die gleiche Helligkeit wie auch schon beim Interview in Phase 1: „Ja aber, weil er halt wieder zurückkommt, schließt sich das Ganze. Dadurch wird das halt dann auch beeinflusst.“ (042). IP70 hat ebenfalls eine abweichende Vorstellung zu „überall im Stromkreis“, siehe Zitat 6.13.

5-6: Die Lampen L1 und L2 leuchten gleich hell wie vorher, da sie eine direkte Verbindung zur Batterie haben und somit nicht vom Widerstand beeinflusst werden.

IP25 und IP81 kreuzten bei diesem Item die Kombination 5-„gleich hell“ und 6-„Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zur Batterie (...)“ an. IP25 beschreibt im Interview schon bei C2, dass ein Widerstand „blockiert“, ähnlich, wie kein Wasser durchkommt, wenn man eine Schleuse schließt. Er geht dabei von einem im Kreis fließenden Strom aus. Beim Gespräch über die Beantwortung von C4 erklärt IP25 sein Konzept von der „direkten Verbindung“ und beantwortet die Frage, ob sich die zwei Erklärungen nicht widersprechen würden:

Zitat 6.15 IP25 zu 5-6 bei C4

- 001 I: Wenn der Widerstand vergrößert wird.
 002 IP25: Ja, da bleib ich eigentlich dabei [leuchten gleich hell], weil beide haben ja eine direkte Verbindung zur äh Lampe. Und es geht ja nicht darum, dass - er ist ja da und die Lampen sind ja außerhalb, also
 003 I: Ok.
 004 IP25: Und da ich (...) der Strom kommt ja zuerst zu den Lampen und dadurch beleuchtet's gleich hell.
 005 I: Ok, das heißt, da kann der Strom vom Plus zur Lampe und von der Seite auch-
 006 IP25: Minus, ja.
 007 I: Ok. Das widerspricht aber jetzt ein bisschen dem, was du vorher gesagt hast-
 008 IP25: Ja wegen dem Stromkreis, weil's
 009 I: Genau, ja. Also wie du angekreuzt hast, hast du jedenfalls so argumentiert-
 010 IP25: Ja, wahrscheinlich, da hab ich ... da hab ich das vergessen mit dem Stromkreis, das das.
 011 I: Also wenn's im Kreis gehen würd, wärs also anders?
 012 IP25: Ja dann würde je nachdem, wenn's vom Minuspol weggehn würde, dann würde L1 schwächer leuchten und L2 bleibt gleich hell und sonst halt genau umgekehrt.

Er ist sich nicht sicher, welchen Weg der Strom geht - im Sinne der Zweizuführungsvorstellung oder ob er im Kreis geht. In beiden Fällen argumentiert er sequentiell, das heißt, es ist von Wichtigkeit, wo der Strom zuerst ankommt. Aus der in sich schlüssigen Argumentation folgen abhängig von dieser Entscheidung zwei konträre Antworten: Die Helligkeit bleibt gleich oder sie wird geringer.

Interviewpartner 81 stößt beim Interview ebenfalls durch C4 auf einen Widerspruch. Nachdem er zuerst von einer im Kreis vom Minuspol Richtung Pluspol gehenden Stromrichtung spricht³⁴, erkennt er, dass seine Antwort und Erklärung bei C4 „nicht mehr passen würde“. Er erläutert aber seine Gedanken bei der Beantwortung des Tests:

Zitat 6.16: IP81 zu 5-6 bei C4

- 001 IP81: Ja, das würd jetzt nicht mit dem passen, weil das ist ja auf der Plusseite und das auf der Minusseite, aber ich hab gedacht, es ist der selbe Abstand und wenn der Widerstand vergrößert wird gilt das ja für beide Seiten und deshalb hab ich gedacht, müssen die beiden gleich sein.
 002 I: Und wenn beide da drüben wären?
 003 IP81: Wenn beide auf der Seite wären, glaub ich, würde es auch gleich bleiben. Vielleicht ein bisschen schwächer noch, aber beide leuchten gleich.

Letztendlich hängt die Helligkeit für IP81 in jedem Fall vom Abstand zur Batterie beziehungsweise zu ihren Polen ab. Man kann vermuten, dass die Länge des Abstands auf die Kabellänge bezogen ist - im Interview wurde dieser Aspekt allerdings nicht mehr näher beleuchtet. Leider haben sich nur zwei der sieben Schülerinnen mit dieser Kombination aus Antwort und Erklärung interviewen lassen, wodurch keine weiteren Interpretationsmöglichkeiten mehr vorhanden sind.

³⁴ und bei C1 und C2 eine für den Interviewer leider nicht gänzlich nachvollziehbare Vorstellung beschreibt, bei der Auswirkungen von der Nähe des Widerstands zum Pluspol und in umgekehrter Weise von der Nähe zum Minuspol abhängen.

Ein weiterer Interviewpartner, IP66, hat die Erklärung 5 ebenfalls angekreuzt, gibt allerdings als Antwort „beide Lampen werden stärker“ an. Auf diesen Widerspruch reagiert er, indem er meint, er würde jetzt vielleicht „beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe vor dem Widerstand“ ankreuzen. Mit „vor dem Widerstand“ meint er hier den Bereich der Leitungen zwischen der Batterie und dem Widerstand. Bei der Frage nach der Richtung des Stromflusses früher im Interview erklärt er, das der Strom von „beiden Seiten kommt“.

Zusammenfassung

Tab. 6.16: Zusammenfassung zu C4																		
A	E	#	Interviews:							vermutetes Konzept	Ja					?	Nein	
1	1	24	46	67	69	71	72	83	85	SA, SV	85	67	69	71	72	85		83
4	4	14	20	47	68	70	73	79		richtiges Konzept	20	47	68				79	70 73
5	6	7	25	81						ZZ, SA							25	81
3	6	3	66							widersprüchlich	66							

Wie man an der Zusammenfassung in Tab. 6.16 erkennen kann, bestätigt sich die Vermutung einer sequentiellen Argumentation mit eventuell vorhandener Stromverbrauchsvorstellung bei sechs von sieben Interviews. Diese hohe Bestätigung ist ein Zeichen dafür, dass diese Schülervorstellung über die Kombination A1 und E1 sehr zuverlässig abgebildet werden kann. IP83 kann durch die unsicheren Antworten keine stabile Vorstellung zugeordnet werden. Die Antwortkombination 4-4 soll das physikalisch richtige Konzept abbilden. Bei den Interviews ist dieses Konzept bei drei SchülerInnen zu erkennen, zwei Schülern ist eindeutig ein Fehlkonzepth zuzuordnen. IP79 wurde nicht zu C4 befragt und ist somit einschätzbar. Während sich bei der Kombination 3-6 die vermutete Widersprüchlichkeit bei dem einzigen Interviewpartner bestätigt, liefern die zwei Interviews zu 5-6 kein klares Bild. IP81 zeigt ein sehr eigenes Konzept, bei dem er die Wirkung von Widerständen abhängig von einer Lage beim Plus- oder Minuspol und von der Entfernung zum Pol sieht. Dazu kommt, dass er zugibt, dass sein Konzept „nicht mehr passen“ würde (s.o.). Bei IP81 lässt sich also keines der vermuteten Konzepte zuordnen. IP25 argumentiert zwar sequentiell, ist sich aber bei der Stromrichtung unsicher und hat ebenfalls eine eigene Vorstellung von der Wirkung eines Widerstands (siehe Zitat 6.17). Korrigiert man die Vermutung über mit dieser Kombination verknüpfte Basiskonzepte auf „widersprüchlich“, so könnte man zumindest aufgrund der zwei Interviews von 7 Antworten von einer korrekten Zuordnung ausgehen.

Items C8 und C9

Tab. 6.17: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C8

	C8_E								Ges	
	0	1	2	3*	4	5	6*	9		
C8_A	0	6	0	0	0	0	0	0	6	L h
	1	6	2	9	3	1	8	1	31	
	2	2	6	11	0	1	1	0	21	
	3	2	1	5	1	1	4	3	20	
Ges	16	9	25	4	3	13	4	4	78	
SB H ZF V Ü GW AE										

A	E	#	Interviews:			
2	2	11	67	73	83	85
1	2	9	72			
1	5	8	20	68	80	
0	0	6	25	46		
1	0	6	-			
2	1	6	66	87		
3	2	5	69			

*...nur in Phase 2 zur Auswahl

Abk.: C4_At, C4_E s.o., L wh...L leuchtet wenier hell, L g... gleich, L h... heller

Bei der Aufgabe C8 ist eine sehr große Streuung der Antwort-Erklärungs-Kombinationen zu erkennen. In Tab. 6.17 ist zu sehen, dass der größte Teil die richtige Antwort ankreuzte (31), davon aber nur 8 die richtige Erklärung dazu auswählten. Sechs gaben keine Erklärung an, neun wählten die Erklärung, ein Widerstand verändert nur hinter ihm die Stromstärke. Diese Erklärung wurde auch innerhalb der Erklärungsmöglichkeiten am häufigsten (25) ausgewählt, während die richtige Erklärung nur 11 mal angekreuzt wurde. Sehr viele Antworten deuten somit auf eine sequentielle Argumentation hin, wobei die Verknüpfung mit den Antworten und Erklärungen aus C9 (Tab. 6.19) eine klarere Interpretation ermöglicht. Zuvor werden in Tab. 6.18 noch die Häufigkeiten für das Item C9 dargestellt.

Tab. 6.18: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C9

	C9_E								Ges	
	0	1	2	3*	4	5	6*	9		
C9_A	0	8	0	0	0	0	0	0	8	L h
	1	2	2	10	2	4	5	1	26	
	2	4	4	3	0	3	0	1	16	
	3	6	0	12	0	2	7	0	28	
Ges	20	6	25	2	9	12	2	2	78	
SB H ZF V Ü GW AE										

A	E	#	Interviews:			
3	2	12	69	70	72	73 85
1	2	10	71	79	81	
0	0	8	25	46		
3	5	7	20	66		
3	0	6	67			
1	5	5	68	87		

*...nur in Phase 2 zur Auswahl, Abk. s.o.

Die Antwort-Erklärungs-Kombinationen ergeben bei C9 ein ähnliches Bild wie bei C8. Im Gegensatz zu C8 wird in dieser Aufgabe der Widerstand vergrößert, wodurch vermehrt die Antwort „das Lämpchen leuchtet weniger hell“ gegeben wird. Tab. 6.19 liefert eine Übersicht über die Antworten und Erklärungen beider Items, wobei hier wieder der Code für die Antwort und für die Erklärung zu einer zweistelligen Ziffer zusammengefasst wurde. Am häufigsten tritt die Kombination 22-32 auf (7 mal), wobei die richtige Kombination 15-35 und die Kombination 14-35 (einmal „vor“, einmal „überall“

bei der Erklärung) immerhin 5 mal gewählt wurden. Die häufigsten Kombinationen werden nun wieder anhand vorhandener Interviews näher untersucht.

Tab. 6.19: Vergleich der Antwortkombinationen zwischen C8 und C9

		C9_AE																		Ges	
		00	10	11	12	13*	14	15	16*	20	21	22	24	26*	29	30	32	34	35		39
C8_AE	00	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6
	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	12	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	9
	13*	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	15	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	8
	16*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	20	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6
	22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	1	11
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	5
	33*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	34	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	35	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
36*	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
39	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Ges		8	2	2	10	2	4	5	1	4	4	3	3	1	1	6	12	2	7	1	78

C8_AE	C9_AE	#	Interviews		vermutetes Konzept
22	32	7	73	85	SA
00	00	6	25	46	-
15	35	5	20		richtiges Konzept
10	30	4	-		unklar
21	21	3	-		UR
32	32	3	69		widersprüchlich

*...nur in Phase 2 möglich

Überprüfung des Ankreuzverhaltens durch vorhandene Interviews:

22-32: Das Lämpchen wird nur von R2 beeinflusst (es leuchtet weniger hell), aber nicht von R1 (es leuchtet gleich hell), da das Lämpchen hinter R2, aber vor R1 liegt. (sequentielle Vorstellung)

Diese Kombination wurde siebenmal gewählt, zwei dieser Testteilnehmer wurden auch interviewt, IP73 und IP85. IP73 erklärt im Interview, dass seine Überlegung beim Test war, dass es einen Unterschied macht, ob das Lämpchen vor oder hinter dem Widerstand liegt. Wie schon bei den vorigen Fragen (s.o.) meint er aber auch, dass er jetzt denkt, die Aufgabe „ist eigentlich wie davor“ und das Lämpchen müsste dadurch heller leuchten. Mit IP85 wird diese Aufgabe nur kurz besprochen, da er hier genauso wie bei C1 und C2 gedacht hat. Er hat also eine starke sequentielle Vorstellung.

00-00: keine oder mehrere Antworten und Erklärungen bei beiden Fragestellungen.

IP25 und IP46 haben beide beim Test die eine Seite mit den Items C8 und C9 übersehen. Der Test, der in Phase 2 ausgeteilt wurde, war auf der rechten oberen Seite geheftet, was anscheinend ein vermehrtes Übersehen einer Seite zur Folge hatte. Bei Durchsicht der Detaildaten ist zudem festgestellt worden, dass die Kodierung 0 bei allen sechs Personen durch Nicht-Ankreuzen berechnet wurde (statt mehrfacher Auswahl), außerdem haben fünf der sechs Testpersonen den Test aus Phase 2 ausgefüllt.

15-35: Wenn R1 verkleinert wird, leuchtet die Lampe heller. Wenn R2 vergrößert wird, leuchtet sie weniger hell. (richtige Antwort)

IP20 ist der einzige Interviewpartner von fünf SchülerInnen mit richtigen Antworten und Erklärungen bei beiden Items. Mit ihm wird im Interview aber nur D1 und D2 genauer behandelt, da er durch die durchgehend richtigen Antworten kein Fehlkonzent aufweisen dürfte.

10-30 (unklar, da keine oder mehrfache Erklärungen)

Keine der vier Personen wurde interviewt.

21-21 Ein veränderter Widerstand beeinflusst die Stromstärke nicht, weil es dieselbe Batterie ist. (degenerierte Stromregel, UR)

Keine der drei Personen wurde interviewt.

32-32 Das Lämpchen leuchtet in beiden Fällen weniger hell, weil ein Widerstand nur die Helligkeit dahinter beeinflusst. (widersprüchlich)

Zu dieser Antwortkombination gibt es nur ein Interview: IP69 hat übersehen, dass bei C8 der Widerstand R1 verkleinert und nicht vergrößert wird. Hätte er die Frage richtig verstanden, hätte er die Kombination 22-32 gewählt. Er nutzt also wie schon in C1 und C2 eine sequentielle Argumentation zur Beantwortung der Frage.

Zusammenfassung

Tab. 6.20: Zusammenfassung zu C8 und C9

A	E	#	Interviews:	vermutetes Konzept	Ja	?	Nein
22	32	7	73 85 -	SA	73 85		
00	00	6	25 46 -	-			
15	35	5	20 - -	richtiges Konzept	20		
10	30	4	- - -	unklar	- - - - -	-	- - -
21	21	3	- - -	UR	- - - - -	-	- - -
32	32	3	69 - -	widersprüchlich	69		

Die zwei interviewten Schüler IP73 und IP85 bestätigen die Vermutung, der Antwort 22-32 liegt eine sequentielle Argumentation zu Grunde. Bei IP73 muss wie schon oben erwähnt von einer weniger stabilen Vorstellung ausgegangen werden. Er hat aber bei der Beantwortung des Tests eindeutig sequentiell gedacht. Über die weiteren fünf TestteilnehmerInnen kann nichts ausgesagt werden. Die Vermutung über das richtige Konzept wird von IP20 bestätigt, damit ist aber nur eine von 5 Antworten geklärt. IP69 hat die Aufgabenstellung nicht richtig verstanden, die Vermutung wird also auch hier bestätigt.

Insgesamt lässt sich sagen, dass keine Vermutungen widerlegt wurden, die wenigen möglichen Überprüfungen aber nicht sehr aussagekräftig sind.

Item D1

Die folgenden zwei Items haben durch die Behandlung einer Parallelschaltung und einer unterschiedlichen Aufgabenstellung Antwort- und Erklärungsmöglichkeiten, die sich stark von den vorigen Items unterscheiden. Wie zuvor sind in einer Kreuztabelle (Tab. 6.21) die verschiedenen Antworten und Erklärungen mit ihren Kombinationshäufigkeiten dargestellt. Die Zeile mit der richtigen Antwort in der ersten Stufe und die Spalte mit der richtigen Erklärung in der zweiten Stufe ist wieder grün unterlegt. Am meisten SchülerInnen trugen drei gleiche Stromstärken mit der Begründung ein, die Lampen seien alle gleich. Es wählten allerdings nur sieben die richtige Antwort; neun trugen dreimal 1,2 Ampere ein. Eine große Anzahl (10) gab keine Antwort oder Erklärung ab, 11 SchülerInnen trugen nach oben abfallende Stromstärken ein und wählten auch die Erklärung „Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung der Batterie ab“. Diese Spalte ist hellrot unterlegt. Die Erklärung, Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer halbiert, ist gelb unterlegt. Sieben Schüler mit der Wahl dieser Erklärung trugen für die Stromstärken 0,3 / 0,3 / 0,6 A ein, die restlichen 9 gaben andere Werte an.

Tab. 6.21: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei D1

	D1_E							Ges		
	0	2	3	4	5*	6*	9			
D1_A	0	10	0	3	0	2	2	0	17	0,4 0,4 0,4 0,3 0,3 0,6 1,2 1,2 1,2 I1<I2<I3 anders
	1	2	0	7	1	0	0	0	10	
	2	0	0	0	7	0	2	0	9	
	3	0	1	9	2	3	0	2	17	
	4	3	12	1	4	0	0	0	19	
	5	0	3	0	2	0	0	0	6	
Ges	15	16	20	16	5	4	2	78		
EB GL :2 KW VA AE										

A	E	#	Interviews:						vermutetes Basiskonzept	
4	2	11	66	69	80	81	83	85	87	EB
0	0	10	47						-	
3	3	9	68 70						I=konst im falschen Kontext	
1	3	7	79						richtiges Konzept	
2	4	7	46 67 72 73						LD	

*...nur in Phase 2 zur Auswahl, Abk. GL...gleich, :2...halbiert, KW...kürzester Widerstand, VA...verschiedene Aufteilung.

Überprüfung des Ankreuzverhaltens durch vorhandene Interviews:

4-2: Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab. (nach oben kleiner werdende Stromstärken eingetragen, $I_1 < I_2 < I_3$) (EB, Entfernung zur Batterie)

Zu dieser Kombination, die von 12 Testteilnehmern gewählt wurde (mit unterschiedlichen, aber abfallenden Werten für die Stromstärken) wurden acht Interviews geführt. Bei allen bis auf IP69 bestätigt sich das Besitzen der Vorstellung, die Stromstärke hängt vom „Abstand zur Batterie“ ab. IP69 gibt an, sich geirrt zu haben (er füllte beim Test „ $I_1 = 0,4$, $I_2 = 0,6$, $I_3 = 1,2$ “ aus) und argumentiert beim Interview lokal. Er meint, die Stromstärke halbiert sich in jeder Verzweigung und kommt durch weiteres Nachdenken auf die Lösung D1_A2 (0,3 0,3 0,6).

Bei den Interviews wurde jedes Mal gefragt, was genau unter dem „Abstand“ zur Batterie verstanden wird. Während IP80 (A: 0,2 0,4 0,6), IP83 (A: 0,2 0,4 0,6) und IP85 (A: 0,2 0,3 0,7) darunter die Länge des Kabels verstehen, sehen IP83 und IP87 den Abstand differenzierter. Erstere meint, es würde auch der räumliche Abstand die Stromstärke beeinflussen, „wichtiger sei es aber, wenn man auf die Kabellänge schaut“. IP87, die sich sehr unsicher beim gesamten Test war, meint, sie sei von Kasten zu Kasten (gemeint sind dabei die durch die Leitungen eingeschlossenen Flächen) gegangen und habe immer 1,2 Ampere dazugerechnet. Sie kann dazu allerdings keine nähere Erklärung geben. IP66 (A: 0,2 0,4 0,6) meint als einziger IP einzig die Entfernung zur Batterie:

Zitat 6.17: IP66 zu 4-2 bei D1 (EB)

- 001 I: Wie ist es dir hier gegangen?
- 002 IP66: Hier war ich mir sehr sicher, also, je weiter der Weg, desto weniger Ampere. Z.B. da ist er viel weiter, da hab ich 0,2.
- 003 I: Und mit Weg meinst du wie lang das Kabel ist oder weit das von der Batterie-
- 004 IP66: Wie weit das von der Batterie entfernt ist.
- 005 I: Ok. Das heißt, wenn man da sozusagen so ganz lange Kabeln hätten und das genauso legen würd, würd's gleich leuchten?
- 006 IP66: Ja.
- 007 I: Und wenn man das wegziehen würd, also wenn man das von der batt wegschiebt, dann wirds dunkler?
- 008 IP66: Mhm. (zustimmend)
- 009 I: Und warum passiert das? Du warst dir ja sehr sicher, vielleicht hast du ja eine Erklärung.
- 010 IP66: Also auf dem Weg, zum Beispiel, fließt ja nicht mehr so, zum Beispiel es unterscheidet sich, einer geht

rechts und einer geht links, und dann wird's ja weniger Strom. Aber da geht's gleich nur auf (einem Weg zur?) Batterie

011 I: Mhm.

012 IP66: Stimmt das oder stimmt das nicht, das würd ich auch gern wissen (lächelt)

013 I: Das kann ich dir nachher noch sagen. Hier geht's wirklich darum, dass du zuerst sagst, was du denkst, und was du warum ankreuzt.

014 IP66: Ja, das ist das Einzige, wo ich mir sehr sicher war.

015 I: Hast du das schon einmal so gehört, oder?

016 IP66: Jaja, hab ich schon. Hatten wir auch schon mal gemacht in Physik.

Bei der nicht ganz klar formulierten Erklärung kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass er in Wirklichkeit doch meint, es hängt von der Entfernung entlang des Kabels ab. Auf Fragen zur konkreten Berechnung der angegebenen Werte wird nie eine konkrete Antwort gegeben. Meist wurde „geschätzt“ oder „immer ein Stück weniger“ eingesetzt. Die Abnahme an sich ist für alle InterviewpartnerInnen sehr sicher, die konkrete Art der Abnahme jedoch nicht.

0-0: keine oder mehrere Antworten bzw. Erklärungen

Alle 10 Schülerinnen gaben keine Antwort und keine Erklärung. IP47 gibt im Interview an, ihm hätte die Zeit gefehlt, bei D2 hat er auch nur noch ganz schnell ein Kreuz gemacht. Im Interview überlegt er die Aufgabe durch: Ohne Eingreifen des Interviewers überlegt er zuerst, sie müssten gleich sein, also alle 1,2 Ampere haben. Daraufhin revidiert er die Antwort gleich und meint, man müsse die 1,2 Ampere durch drei teilen. Als dritte Antwort, für die er sich auch schlussendlich entscheidet, gibt er an, der Strom müsse sich halbieren und schlussfolgert, die Stromstärken müssen $0,6 / 0,3 / 0,3$ A sein.

3-3: Die drei Lampen sind alle gleich. Dadurch fließt durch jede Lampe der gleiche Strom mit 1,2 Ampere. (UL, $I = \text{konst}$ im falschen Kontext)

Von insgesamt 9 in der Weise getätigten Antworten und Erklärungen können zwei Aussagen durch Interviews näher betrachtet werden. IP68 ist sich recht sicher, obwohl er im Vorjahr verschiedene Möglichkeiten in Betracht gezogen hat:

Zitat 6.18 IP68 zu 3-3 bei D1 (UL)

001 I: Wie kommst du da jetzt auf 1,2 Ampere?

002 IP68: Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 Ampere, also wirds da auch weitergehen mit 1,2 (Widerstand?)

003 I: Ok, und was passiert in dem Punkt da?...

004 IP68: Da geht der Strom nach links und nach rechts.

005 I: Also da 1,2 Ampere und da 1,2 Ampere.

006 IP68: Ja.

007 I: Ok. Was heißt Ampere eigentlich?

008 IP68: Das ist die Stromstärke.

009 I: Ok. Also wenn da ein Strom daherkommt, dann geht er-

010 IP68: (Auf?) beide gleich.

011 I: Ok. Dann geht er überall hin, wo er so.

012 IP68: Ja, überall hin.

013 I: Wie wir damals diskutiert haben, da hast du gesagt, entweder er teilt sich auf auf 0,4 dreimal, wird also gedrittelt, oder es könnte auch sein, dass er sich halbiert, dann gehen da 0,5 hin und da 0,6 hin, also schlussendlich 0,3 0,3 0,6. Da warst du dir aber sehr unsicher, würde das jetzt nicht mehr in Frage kommen?

014 IP68: Mm. (verneint) (überall gleich?, flüstert)

IP70 gibt an, er habe in der Einleitung gelesen, dass die Lampen keinen Widerstand besitzen. Das ist für ihn der Grund, weshalb die Stromstärke überall 1,2 A beträgt. Zusätzlich sagt er, es ist eine Parallelschaltung, daher fließt grundsätzlich in allen Zweigen gleich viel Strom.

1-3: Die drei Lampen sind alle gleich. Dadurch fließt durch jede Lampe der gleiche Strom mit 0,4 Ampere. (richtiges Konzept)

IP79 ist einer der sieben Testteilnehmer, die die richtige Antwort und die richtige Erklärung angekreuzt haben. Als Erklärung für die Antwort gibt er nur an, dass durch die Gleichheit der Lampen überall die gleiche Stromstärke sein muss. Und da 1,2 ja 3 mal 0,4 ist, klingt das für ihn am besten.

2-4: Nachdem der Strom in jedem Verzweigungspunkt halbiert wird, fließt durch die oberen beiden Lampen 0,3 Ampere und durch die unterste Lampe 0,6 Ampere. (LD)

In der obigen Kreuztabelle sieht man, dass 7 ProbandInnen die Stromstärken 0,3 Ampere für I1 und I2 und 0,6A für I3 eingetragen haben und die dazu konsistente Erklärung „der Strom halbiert sich in einem Verzweigungspunkt“ gewählt wurde. Diese Antwort-Erklärungskombination wird in der Literatur oft als ein Paradebeispiel für lokales Denken gesehen (siehe auch Seite 7). Von den vier SchülerInnen (IP46, IP72 und IP73), die interviewt wurden, argumentieren drei sehr schlüssig und klar. Sie beschreiben alle, dass der Strom zuerst auf jeweils 0,6 Ampere aufgeteilt wird und dann ein Zweig noch einmal, wodurch man auf diese Werte kommt. IP67 argumentiert in gleicher Weise, meint aber, sich beim Test nicht sicher gewesen zu sein, ob nicht die Entfernung zur Batterie ausschlaggebend sein könnte. Am liebsten hätte er beide Erklärungen angekreuzt, bei der konkreten Ermittlung der Werte dürfte er aber auch klar an die Halbierung gedacht haben:

Zitat 6.19 IP 67 zu 2-4 bei D1 (LD)

- 001 I: Und bei den letzten zweien, was hast du dir dabei gedacht?
 002 IP67: Ja, ich hab mir gedacht, je weiter die Lampe weg ist, desto mehr verliert die Stromstärke.
 003 I: Ok, so was wie da "mit der Entfernung"?
 004 IP67: Ja ich war mir unsicher, weil eigentlich wollt ich beide ankreuzen.
 005 I: Hast du zuerst die Zahlen ausgefüllt oder die Erklärung?
 006 IP67: Zuerst die Zahlen.
 007 I: Ok. Wenn du sagst, "weiter weg", wie würden dann die Zahlen aussehen, wäre-
 008 IP67: Wie meinen Sie jetzt?
 009 I: Wäre da mehr und da weniger Stromstärke, also bei I3 mehr und da [I1] weniger?
 010 IP67: Ja, weil hier wirds halbiert und hier dann noch einmal
 011 I: Ok. Deshalb 03, 03, 06?
 012 IP67: Ja.

Zusammenfassung

Tab. 6.22: Zusammenfassung zu D1

A	E	#	Interviews:	vermutetes Basiskonzept	Ja	?	Nein
4	2	11	66 69 80 81 83 85 87	EB	66 80 81 83 85 87		69
0	0	10	47	-			
3	3	9	68 70	I=konst im falschen Kontext	68	70	
1	3	7	79	richtiges Konzept	79		
2	4	7	46 67 72 73	LD	46 72 73	67	

Das Konzept der Abhängigkeit der Entfernung von der Batterie wird sechs der sieben InterviewpartnerInnen bestätigt, was ein sehr großer Prozentsatz ist. Es konnten außerdem mehr als die Hälfte der angekreuzten Antworten untersucht werden. I=konst im falschen Kontext wird von

einem Interviewpartner bestätigt, IP70 argumentiert über den nicht vorhandenen Widerstand der Lampen (Einführungstext), wodurch keine eindeutige Zuordnung möglich ist. Die Vermutung über das richtige Konzept sowie das Lokale Denken können durch die interviewten Personen bestätigt werden, wobei IP67 gleichzeitig EB als zweites Basiskonzept aufweisen dürfte. Auch bei Item D1 werden also bis auf einen Fall keine Vermutungen widerlegt.

Item D2

Bei Item D2 wurde bei der Entwicklung der zweiten Version probiert, die „typischen“ (vgl. Beschreibung des Items auf Seite 29 bzw. auf Seite 57), in drei Teile geteilten Fragestellungen abzuändern, um die Auswahlmöglichkeiten zu reduzieren. Nach Phase zwei wurde wiederum entschieden, die alte Version zu verwenden, da keine unmittelbaren Vorteile erkennbar waren. Für die Auswertung ist dieser Schritt sehr ungünstig. Es wurde zwar der Versuch unternommen, vergleichbare Antwortkombinationen zuzuordnen, dies ist aber durch die weniger konkreten Fragen in Version 2 nicht ohne zusätzliche Annahmen machbar. Wird in Version 2 angekreuzt, dass sich ein Teilstrom der Parallelschaltung verändert, so kann letztendlich nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Stromstärke gemeint war. Es kann aufgrund der Angabe zum Gesamtstrom oder durch das Ankreuzverhalten in anderen Items nur *angenommen* werden, dass eine der zwei Möglichkeiten gemeint war. Aus den nun folgenden Ergebnissen ist auch gut herauslesbar, dass es verschiedenste Interpretationen der Frage gibt und keineswegs sicher ist, dass ein Schüler den Gesamtstrom durch Addition der Teilströme berechnet. In der Tab. 6.23 sind durch die verschiedenen Auswahlmöglichkeiten in der ersten Stufe zwei Kreuztabellen untereinander abgebildet. Die zweite Stufe (Erklärung zur gegebenen Antwort) blieb bis auf Umformulierungen unverändert, wodurch man die Erklärungen beider Phasen gut vergleichen kann. Wie bei den Kreuztabellen zu C1, C2, C4, C8 und C9 ist die Erklärung, ein Widerstand beeinflusst nur die Stromstärke hinter ihm (H), blau markiert. Die Antwortkombination 21 bzw. 311, die auf eine inverse Widerstandsvorstellung hindeutet, ist hellrot hinterlegt.

Tab. 6.23: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei D2

		D2_E								Ges	
		0	1	2	3	4	5	6	9		
D2v2_A	00	5	0	0	0	0	0	0	0	5	I1v I2gl
	11	0	0	0	1	0	1	0	0	2	I1v I2gl Igr
	12	1	0	0	0	0	0	0	0	1	I1v I2gl Ikl
	13	1	1	0	1	1	0	0	0	4	I1v I2gl Igl
	20	1	0	1	0	0	0	0	1	3	I1gl I2v
	21	0	0	1	2	0	0	0	0	3	I1gl I2v Igr
	22	1	2	0	3	1	0	0	0	7	I1gl I2v Ikl
	23	2	1	0	2	0	0	0	0	5	I1gl I2v Igl
	30	1	0	0	0	0	0	0	0	1	I1v I2v
	31	0	0	0	0	2	1	0	0	3	I1v I2v Igr
	32	0	0	0	0	2	0	0	0	2	I1v I2v Ikl
	33	2	0	0	2	0	0	0	0	4	I1v I2v Igl
	40	1	0	0	0	0	0	0	0	1	I1gl I2gl
	43	0	0	1	0	0	1	3	0	5	I1gl I2gl Igl
Ges		15	4	3	11	6	3	3	1	46	

A	E	#	Interviews:	vermutetes Basiskonzept
00	0	5	-	-
22	3	3	20	richtiges Konzept
43	3	3	-	
21	3	2	-	IR

(311)

(322)

(333)

D2v3_A	113	0	0	0	0	0	0	1	0	1	I1gr I2gr Igl
	132	0	0	0	0	1	0	0	0	1	I1gr I2gl Ikl
	213	0	0	0	0	1	0	0	0	1	I1kl I2gr Igl
	222	1	0	0	0	1	0	0	0	2	I1kl I2kl Ikl
	223	0	1	0	0	0	0	0	0	1	I1kl I2kl Igl
	311	0	0	0	5	0	0	0	0	5	I1gl I2gr Igr
	312	0	0	0	0	1	0	0	0	1	I1gl I2gr Ikl
	313	0	1	0	0	0	0	0	0	1	I1gl I2gr Igl
	320	0	0	1	0	0	0	0	0	1	I1gl I2kl
	321	0	2	0	1	0	0	0	0	3	I1gl I2kl Igr
	322	1	0	2	3	0	0	0	0	6	I1gl I2kl Ikl
	323	1	2	1	1	1	0	0	0	6	I1gl I2kl Igl
	332	0	0	0	0	0	0	0	2	2	I1gl I2gl Ikl
	333	1	0	0	0	0	0	0	0	1	I1gl I2gl Igl
Ges		4	6	4	10	5	0	0	2	32	

A	E	#	Interviews:	verm. Konzept
311	3	5	79 85 87	IR
322	3	3	-	richtiges Konzept

(21)

(22)

(43)

Abk.: I2gl...I2 bleibt gleich, I1gr...I1 wird größer, Ikl...I wird kleiner, NB...I1 wird von R2 „nicht beeinflusst“, SB...selbe Batterie (IV...I wird verteilt, Igl...I1 und I2 bleiben gleich)

H

>

NB

ü

SB (lv)

SB (lg)

Überprüfung des Ankrenzungsverhaltens durch vorhandene Interviews:

00-0 (keine oder mehrfache Antworten / Erklärungen)

Keine der fünf Testpersonen wurde interviewt. (In Phase 3 ist die entsprechende Kombination 000-0 nicht vorgekommen)

22-3 (322-3³⁵) *Durch eine Vergrößerung des Widerstands wird die Stromstärke I2 im selben Ast verändert (kleiner) und die Gesamtstromstärke I verkleinert, die Stromstärke I1 im Parallelzweig wird nicht beeinflusst. (richtige Antwort)*

IP20 zeigt, wie weiter oben auch schon zu lesen ist, beim Interview keine erkennbaren Fehlkonzepte. Auch bei Item D2 (und D1) gibt es kein Anzeichen auf lokales Denken oder andere unphysikalische Konzepte. Die übrigen fünf SchülerInnen wurden nicht interviewt.

43-3 (333-3³⁶) *Beide Teilströme und der Gesamtstrom bleiben unverändert, weil der Widerstand R2 die Stromstärke I1 nicht beeinflussen kann - richtige, aber nicht zur Antwort passende Erklärung (BS, Konstantstromvorstellung)*

Keine der drei Testpersonen mit Antwortkombination 43-3 wurde interviewt, die Kombination 333-3 wurde von keiner Person gewählt.

311-3 (21-3³⁷) *Durch Vergrößerung des Widerstands R2 wird die Stromstärke I2 größer (verändert) und somit auch die Stromstärke I. I1 wird nicht beeinflusst. (IR, Inverse Widerstandsvorstellung)*

IP79 argumentiert im Interview des Öfteren widersprüchlich. Schon in C1 antwortet er auf die Frage, wie sich ein vergrößerter Widerstand auf die Stromstärke auswirkt, dass sie größer wird (so wie er angekreuzt hat). Kurz später meint er, dass er dachte, der Widerstand wird in der Aufgabe weggelassen, woraufhin er von einer Verringerung der Stromstärke spricht. Bei D2 argumentiert er in ähnlicher Weise verschieden. Zuerst wird I2 größer, weil der Widerstand R2 vergrößert wird, auf Nachfragen meint er, die Stromstärke wird größer, „wenn's weniger wird“. In dem Interview wird nicht endgültig festgestellt, ob diese widersprüchlichen Antworten auf eine inverse Widerstandsvorstellung hindeuten oder ob andere Gründe wie Verständnisprobleme die Hauptursache bilden.

Interviewpartner 85 antwortet gleich zu Beginn des Interviews auf die Frage nach der Schwierigkeit des Tests, dass er nicht sicher ist, ob ein größerer Widerstand die Stromstärke vergrößert oder verkleinert. Während des Tests entschied er sich für ersteres, während des Interviews wurde aber klar, dass dem keine feste Vorstellung zugrunde liegt. Wenn ein größerer Widerstand eine kleinere Stromstärke zur Folge hätte, würde er die richtige Antwort und Erklärung (322-2) geben.

IP87 schildert im Interview des Öfteren, dass sie sehr unsicher beim Beantworten der Aufgaben war und eher spontan entschied, was sie auswählen würde. Bei den anderen Aufgaben gibt es keinen Hinweis auf eine inverse Widerstandsvorstellung. Beim Beschreiben ihrer Antwort bei D2 kann sie keine schlüssige Erklärung liefern, die aufklären würde, ob solch eine Vorstellung vorliegt oder nicht.

³⁵ 22 (I1 bleibt gleich und I2 wird verändert, I wird kleiner) entspricht 322 (I1 bleibt gleich, I2 wird kleiner, I wird kleiner), wenn unter „verändert“ „kleiner“ verstanden wird

³⁶ 43 (I1 und I2 bleiben gleich, I bleibt gleich) entspricht exakt 333 (I1 bleibt gleich, I2 bleibt gleich, I3 bleibt gleich)

³⁷ 21 (I1 bleibt gleich und I2 wird verändert, I wird größer) entspricht 311 (I1 bleibt gleich, I2 wird größer, I wird größer), wenn unter „verändert“ „größer“ verstanden wird

Zusammenfassung

Tab. 6.24: Zusammenfassung zu D2

A	E	#	Interviews:	vermutetes Basiskonzept	Ja	?	Nein
00	0	5	-	-			
22	3	3	20	richtiges Konzept	20		
43	3	3	-				
21	3	2	-	IR			
311	3	5	79 85 87	IR			79 85 87
322	3	3	-	richtiges Konzept			

Zu D2 gibt es nicht viele Interviews, um Basiskonzepte zu überprüfen. Das richtige Konzept wird bei IP20 bestätigt, über die zwei anderen Testpersonen kann keine Aussage gemacht werden. Als einzige andere Kombination kann nur 311-3, also das inverse Widerstandskonzept bei sonst richtigem Konzept untersucht werden. Alle drei Interviewpartner zeigen widersprüchliche oder nicht stabile Vorstellungen zum Widerstand, wodurch die Vermutung bezweifelt werden kann.

6.3.3 Weitere ausgewählte Ergebnisse

Das „Zurückfließen“

Folgender Ausschnitt ist ein Teil des Interviews mit IP73, der schon in Phase 1 interviewt wurde (IP18). Dort argumentierte der Schüler sequentiell, meinte aber, dass ein Widerstand „hinter“ der Lampe „beim Zurückfließen“ des Stroms die Lampe beziehungsweise die Stromstärke „vor“ dem Widerstand schlussendlich doch beeinflussen würde. Insgesamt würde es also keinen Unterschied machen, ob ein Widerstand „davor“ oder „dahinter“ liegt, da der Strom „hin und her pendelt“ und somit alle Stellen des Stromkreises beeinflusst werden. Bei dem Ausfüllen des Tests in Phase 3 kreuzte IP73 bei C1 „I wird kleiner“ und bei C2 „I bleibt gleich“ an. Beide Male gab er als Begründung „Eine Veränderung des Widerstandes R1/R2 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1/R2“ an. Der folgende Auszug gibt das Gespräch wieder, in dem versucht wurde, den verschiedenen Antworten in Phase 1 und Phase 3 auf den Grund zu gehen.

Zitat 6.20: IP73 über das „Zurückfließen“

- 011 I: Als wir da das Interview gemacht haben, hab ich gesehen, da hast du AUCH zuerst gesagt, das gleich groß sein müsste. Und dann hast du dich um entschieden und hast gesagt, er müsste eigentlich kleiner werden, weil wenn er da zurück muss, muss er ja auch durch R2 durch. Kannst du dich noch erinnern?
- 012 IP73: Ja.
- 013 I: Da hast du irgendwie so argumentiert: Zuerst geht er da durch und wird nur da hinten beeinflusst und geht dann wieder zurück. Weißt du das noch?
- 014 IP73: Jaja.
- 015 I: Denkst du das immer noch? Vor allem würde mich interessieren, wie du dir das überlegst genau.
- 016 IP73: Ja... weil eigentlich, wenn sich jetzt- Also eigentlich, wenn man jetzt sagt, es würde halt, also wenn der- Es wäre egal, ob da jetzt ein Widerstand wäre oder nicht, dann würde es ja theoretisch egal sein, ob das jetzt ein Stromkreis IST, oder nicht. Bzw halt, es würde- Also es müsste eigentlich schon was verändern.
- 017 I: Aja, ok. Heute hast du auf jeden Fall gesagt, das bleibt gleich groß.
- 018 IP73: Ja.

- 019 I: Hast du das, denkst du das jetzt anders oder?
- 020 IP73: Ja, das ist... ich hab ja eh hingeschrieben, "nicht so sicher", keine Ahnung.ja.
- 021 I: Das heißt, du würdest eigentlich sagen, von dem, was du denkst, müsst er gleich groß bleiben, aber sonst wärs irgendwie unsinnig?
- 022 IP73: Ja.
- 023 I: Ok.
- 024 I: Du hast gesagt, der Strom fließt von Plus nach Minus, erstmal.
- 025 IP73: Ja.
- 026 I: Und fließt der dann wieder zurück, oder fließt der im Kreis oder?
- 027 IP73: Ja, kommt darauf an, obs Wechselstrom ist, glaub ich.
- 028 I: Ja, was glaubst, wird denn da sein?
- 029 IP73: Äh.. Wechselstrom.
- 030 I: Also bei Wechselstrom fließt er wieder zurück, und bei Gleichstrom würd der nur in die Richtung fließen-
- 031 IP73: In eine Richtung, ja.
- 032 I: Ok, gut.
- 032 IP73: Das ist so ein Zeichen für eine Batterie, das heißt Gleichstrom eigentlich.
- 033 IP73: Ah ok, ja.(lächelt)
- 034 I: Also damit ist Gleichstrom gemeint. Es steht nicht wirklich hier dabei, Außer, dass es eine Batterie ist und eine Batterie macht keinen Wechselstrom. Aber das muss man ja nicht wissen. Aber gut, jetzt versteh ich wie du das gemeint hast mit dem "hin und zurück".

Dieses Interview zeigt eine weitere mögliche Erklärung des aufgetauchten Konzeptes des „Zurückfließens“. Obwohl IP73 später wieder anders argumentiert, zeigt er mit seinen Aussagen, dass die Pendelbewegung beziehungsweise das „Zurückfließen“ des Stroms möglicherweise durch die Behandlung von Wechselstrom und die fehlende Differenzierung zu Gleichstrom entstehen könnte. Interessant ist in diesem Ausschnitt des Interviews auch die Begründung für eine Auswirkung eines veränderten Widerstandes: Wenn sich eine Veränderung nicht auswirken würde, dann hätte der Widerstand selber ja keinen Sinn, man könnte ihn einfach weglassen. Er korrigiert also sein sequentielles Denken teilweise durch diese Denkweise.

Das Lesen und Verstehen der Aufgabenstellung

Bei den Interviews stellte sich heraus, dass oft nur Teile der Angabe gelesen werden. IP67 und IP69 meinen etwa, sie hätten „immer nur das Fettgedruckte gelesen“. IP70 meint dagegen, er habe wiederum nur das Nicht-Fettgedruckte gelesen. Bei der Interpretation von gegebenen Antworten sollte dieser Aspekt also in jedem Fall berücksichtigt werden. Der Einführungstext wurde ebenso oft nicht gelesen.

„Davor“ und „Dahinter“

Manche SchülerInnen gaben den Begriffen „vor“ und „hinter“ nicht die Bedeutung einer vom Stromfluss abhängigen Richtung (vgl. Sequentielle Argumentation), wie es vom Verfasser der Texte intendiert ist. Einige erklärten beim Interview, dass beispielsweise „vor“ „links“ bedeutet, unabhängig vom Schaltbild.

6.4 Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse

Die in Kapitel 3 formulierten Forschungsfragen werden nun beantwortet und anschließend weitere Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst.

6.4.1 Beantwortung der Forschungsfragen

FF 1: *Gelingt es mit Hilfe von Fragebögen und vor allem Interviews geeignete Erklärungsdistraktoren zu finden?*

In Phase 1 dieser empirischen Untersuchung wurden 19 problemzentrierte Interviews mit Schülerinnen und Schülern geführt. Durch die Transkription der Interviews und anschließender zusammenfassender und selektiver qualitativer Inhaltsanalys konnten verschiedene, bei den Testitems auftretende Schülervorstellungen, erhoben werden. Durch Zusammenfassung und Paraphrasierung der festgestellten Schülervorstellungen konnten zu jedem Item verschiedene Erklärungen gefunden werden. Diese gefundenen Erklärungen wurden so formuliert, dass sie als Erklärungen für verschiedene Antworten der jeweiligen Aufgabe dienen konnten. Für die Items C1 und C2 beziehungsweise C8 und C9 wurden idente Erklärungsdistraktoren entwickelt. Bei der Entwicklung wurde in besonderer Weise auf die folgenden Punkte geachtet (vgl. Seite 25):

- i. Kurze und einfache Formulierung.
- ii. Altersgerechte Formulierung.
- iii. keine Verwendung von Steigerungsformen wie „der Widerstand beeinflusst *stark*...“.
- iv. Eindeutigkeit der Formulierung.
- v. Eine Erklärung bezieht sich nach Möglichkeit auf eine Aussage.
- vi. Sich möglichst stark unterscheidende Formulierungen verwenden.
- vii. Vermeidung von suggestiven Elementen.

Es wurden somit mit Hilfe von problemzentrierten Interviews Erklärungsdistraktoren für alle sieben Items gefunden und damit aus den sieben einstufigen Testitems optimierte und zweistufige Testitems entwickelt (siehe Tab. 6.2 bis Tab. 6.6 in Abschnitt 6.2). Die erste Forschungsfrage kann somit positiv beantwortet werden.

Um Schülervorstellungen zuverlässig abbilden zu können, mussten die so erhaltenen Testitems in einer weiteren Phase auf ihre Wirksamkeit untersucht werden. Die Ergebnisse der anschließend durchgeführten Untersuchung helfen bei der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage:

FF 2: *Kann man aus der Beantwortung der entwickelten Items Schülervorstellungen ableiten?*

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 2 muss festgestellt werden, wie ein Schüler oder eine Schülerin mit einem stabilen Konzept bei der Beantwortung einer oder mehrerer Testfragen konkret antwortet und ob eine Unterscheidung gegenüber dem Antwortverhalten von SchülerInnen mit anderen Konzepten möglich ist. Um diesen sehr komplexen Sachverhalt zu klären, wurde ein Untersuchungsdesign entwickelt, dass den Forschungsgegenstand aus verschiedenen Gesichtspunkten beleuchten kann. Im Sinne der *mixed methods* wurde quantitativ mit einem aus diesen Items bestehenden Fragebogen und qualitativ mit Interviews erhoben. Die 19 durchgeführten Interviews hatten den Zweck, das individuelle Antwortverhalten einzelner SchülerInnen in Verbindung ihrer Vorstellungen zu analysieren. Die nun zusammengefassten Ergebnisse basieren auf 46 Tests mit 5 Follow-Up-Interviews aus der zweiten Phase der Untersuchung und 32 Tests mit 14 Follow-Up-

Interviews aus der dritten Phase der Untersuchung. Die Unterscheidung in zwei Phasen entstand durch eine Weiterentwicklung der Items nach der ersten Erhebung. Trotz dieser Weiterentwicklung können bei der Darstellung der Ergebnisse meist beide Phasen zusammen betrachtet werden. In dieser Arbeit wurde das Hauptaugenmerk auf Ergebnisse zu den Zusammenhängen zwischen Schülervorstellungen und der Beantwortung der entwickelten Testitems gelegt. Diese Zusammenhänge konnten durch Analyse der häufigsten Kombinationen zwischen Beantwortung und Erklärung der Beantwortung der einzelnen Testitems analysiert werden (siehe 6.3.2) Abhängig von der Anzahl der geführten Interviews mit SchülerInnen, die eine bestimmte Kombination aus Antwort und Erklärung beim Test ankreuzten, konnten unterschiedlich aussagekräftige Hinweise auf die Sicherheit der Abbildung von Schülervorstellungen gefunden werden. Die wichtigsten sind hier angeführt:

Abbildung von sequentieller Argumentation

- *11-21³⁸ bei C1 und C2:* Durch die Verknüpfung der Items C1 und C2 kann bei der Kombination 11-21 von einer sequentiellen Argumentation ausgegangen werden. Bei einer von insgesamt vier so gewählten Antworten beim Test konnte die SA durch ein Interview bestätigt werden. Die restlichen drei Antworten konnten nicht überprüft werden.
- *1-1 bei C4:* Bei der Kombination 1-1 bei Item C4 kann mit hoher Sicherheit von einer SA ausgegangen werden. Von 24 Antworten wurden 7 durch Interviews überprüft und bei 6 wurde eine SA festgestellt.
- *22-32 bei C8 und C9:* Bei dieser Kombination kann von einer SA ausgegangen werden. Von 7 Antworten wurden 2 durch Interviews überprüft und bei beiden wurde eine SA festgestellt.

Abbildung von lokalem Denken

- *2-4 bei D1:* Bei der Kombination 2-4 kann mit hoher Sicherheit von LD ausgegangen werden. Von 7 Antworten wurden 4 durch Interviews geprüft. 3 SchülerInnen konnte Lokales Denken eindeutig zugeordnet werden, bei einem Schüler liefert das Interview kein eindeutiges Ergebnis

Abhängigkeit von der Entfernung zur Batterie

- *4-2 bei D1:* Bei Auswahl dieser Kombination bei der Beantwortung des Items D1 kann mit sehr hoher Sicherheit davon ausgegangen werden, dass das Konzept „Entfernung zur Batterie“ vorliegt. Von 11 Antworten konnten 7 durch Interviews untersucht werden, wobei bei 6 Schülerinnen das Konzept festgestellt wurde und bei einem Schüler nicht.

Zusammenfassend konnte diese Untersuchung zeigen, dass sich die entwickelten zweistufigen Items mit hoher Sicherheit zur Abbildung von Schülervorstellungen eignen. Gleichzeitig ist die Aussagekraft dieser Aussage durch die Anzahl der Interviews beschränkt. Eine höhere Anzahl der Interviews zu den einzelnen Antworten wäre für die Sicherung dieser Ergebnisse wünschenswert; im Rahmen dieser Untersuchung war dies aber nicht möglich.

Die Forschungsfrage 2 kann trotzdem bejaht werden, da die Gesamtheit dieser Ergebnisse eindeutig auf die Möglichkeit zur Abbildung von Schülervorstellungen mit Hilfe dieser Items hinweist. Bei Item D2 kann durch die geringe Anzahl der verwertbaren Interviews jedoch keine klare Aussage getroffen werden.

³⁸ Antwort 1 mit Erklärung 1 bei Item C1 und Antwort 2 mit Erklärung 1 bei Item C2, näheres zur Kodierung siehe 6.2 oder 6.3.2

6.4.2 Aufgezeigte Probleme bei der Erfassung von Schülervorstellungen

In dieser Arbeit sind bei den Interviews einige Probleme aufgetaucht, die an dieser Stelle erwähnt werden sollen. Eine detaillierte Auswertung wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen, in späteren Arbeiten ist aber eine nähere Analyse der erhobenen Daten möglich.

- Die Formulierungen „vor / hinter dem Widerstand“ wurden von einigen InterviewpartnerInnen als verwirrend empfunden. Es gab manche SchülerInnen, die eine solche Erklärung auswählten, in dem Interview aber klar formulierten, dass sie „vor / hinter“ nicht bezogen auf den Stromfluss meinten. Ebenso wurde „überall im Stromkreis“ von manchen SchülerInnen anders interpretiert.
- Es wurde sehr oft nur das Fettgedruckte in den Aufgaben gelesen. Der erste, einleitende Satz wurde häufig ignoriert.
- Bei C8 und C9 wurde festgestellt, dass öfter überlesen wurde, dass bei den zwei Aufgaben unterschiedliche Widerstände verändert werden (R2 bei C8 und R1 bei C9).
- Die Fragestellung nach der Stromstärke in einem speziellen Punkt der Schaltung wird unterschiedlich interpretiert. Die Platzierung der Bezeichnung „I1“ an einer bestimmten Stelle und die Frage nach „der Stromstärke I1“ im Text garantieren nicht, dass von der Testperson ebenfalls die Stelle gemeint ist. Viele Aussagen in den Interviews deuten auf diese Problematik hin.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Formulierungen und das Design der Aufgaben einen sehr hohen Einfluss auf die Beantwortung haben. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass ein Ankreuzen einer Antwort oder Erklärung auch die entsprechende Meinung der Schülerin oder des Schülers widerspiegelt. Diese grundsätzliche Problematik der Kommunikation wird auch in Abschnitt 2.1 betrachtet („Verstehen des Verstehens“ nach Duit).

6.4.3 Güte der Ergebnisse

Die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse sind vorrangig Ergebnisse qualitativer Forschung. Qualitative Erhebungen eignen sich sehr gut zur Untersuchung auf der Verständnisebene und für die detailhafte Analyse von Einzelfällen. Zur Verallgemeinerung eignen sich Ergebnisse wie jene aus dieser Arbeit hingegen nur bedingt. Durch die Verbindung von qualitativen und quantitativen Elementen (etwa die Ankreuzhäufigkeit einer Erklärung) kann dieses Defizit jedoch etwas verringert werden. Gleichzeitig muss bedacht werden, dass die klassischen Gütekriterien quantitativer Forschung bei qualitativer Forschung nur bedingt aussagekräftig sind. Mayring (2002, 142) beschreibt einen sehr wichtigen Grundsatz: *„Die Gütekriterien müssen den Methoden angepasst sein.“* Die Gütekriterien müssen sich am Forschungsziel orientieren. Im diesem Sinne sind die Ergebnisse dieser Arbeit zu beleuchten. Einerseits wäre eine ausführliche und objektive Inhaltsanalyse des umfangreichen Datenmaterials nur durch die Sichtung und den Vergleich mehrerer Forscher möglich (dies ist bei dieser Diplomarbeit nicht der Fall). Andererseits kann durch die Behandlung einzelner Items wenig über die spätere Reliabilität und Validität der Items als Teil eines größeren Tests ausgesagt werden. Die Überprüfung solcher Gütekriterien (vgl. 2.2) ist vorwiegend nur durch eine Erprobung eines größeren Samples möglich.

7 Folgerungen und Aussicht

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die entwickelten Items³⁹ in der zweistufigen Form sehr gut lokale und sequentielle Schülervorstellungen abbilden können. Gleichzeitig gibt es aber auch viele Hinweise auf Probleme, die noch nicht bei der dritten Version der Testitems beachtet wurden. Einige Problematiken sind weiter oben aufgezählt, bei einer tiefergehenden Analyse des Datenmaterials werden sicher weitere Aspekte zu Tage treten. Gerade durch die in dieser Arbeit beschriebene Analyse der Antwortmöglichkeiten und der verknüpften Interpretationen der Aufgaben durch die InterviewpartnerInnen ist es unausweichlich, eine vierte Version der Testitems anzudenken. An dieser Stelle wird kein Entwurf für eine solche Weiterentwicklung präsentiert, da aus Sicht des Autors zuerst eine genauere Analyse der Daten nötig ist. Ebenso ist noch die Einbindung der Ergebnisse der dritten Stufe zur Sicherheit bei der Beantwortung der Aufgaben angedacht. Ob die Entwicklung von vierstufigen Items, angelehnt an die Arbeit von Caleon und Subramaniam (vgl. 2.2.5), sinnvoll sein wird, kann erst durch weitere Analysen entschieden werden.

Diese Arbeit zeigt klar, dass die Interpretation von rein quantitativen Testergebnissen sehr vorsichtig geschehen muss. Dies gilt auch für die sehr interessanten und vielversprechenden Analysen des AECCP-Tests, die zum Teil in Urban-Woldron & Hopf, 2010 dargestellt sind.

Aufbauend auf weiteren Untersuchungen und dem erhobenen Material, das in dieser Arbeit nur bezüglich einzelner Aspekte ausgewertet ist, können in weiterer Folge Verbesserungen hinsichtlich der Gestaltung und Verständlichkeit des Fragebogeninstruments vorgenommen werden, die einen weiteren Schritt zu einem psychometrisch ausgereiften Instrument für die Anwendung im Unterricht und in der fachdidaktische Forschung setzen.

³⁹ bei D2 bedenke man jedoch die wenigen Erkenntnisse durch die geringe Anzahl an passenden Interviews.

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Lokales Denken	7
Abb. 2.2: Sequentielle Argumentation	8
Abb. 2.3: Unterschied zwischen Reliabilität und Validität	11
Abb. 2.4: Aufgabe 4 des Rhöneck-Tests.....	13
Abb. 4.1: Basisdesigns zur Verbindung qualitativer und quantitativer Forschung	22
Abb. 4.2: Testitems C1 und C2 in der ursprünglichen Version	27
Abb. 4.3: Testitem C4 in der ursprünglichen Version.....	27
Abb. 4.4: Testitems C8 und C9 in der ursprünglichen Version	28
Abb. 4.5: Testitem D1 in der ursprünglichen Version.....	28
Abb. 4.6: Testitem D2 in der ursprünglichen Version.....	29
Abb. 4.7: Angepasstes drittes Basisdesign	30
Abb. 4.8: dritte Stufe der Testitems	34
Abb. 5.1: Ablauf der Untersuchung	37
Abb. 5.2: Ausschnitt aus dem Interviewleitfaden für die Phase 1	38
Abb. 5.3: Schaltbild auf Seite 1 der Interviewunterlagen	38
Abb. 5.4: Items D.0.1 und D.0.2 aus den Interviewunterlagen.....	39
Abb. 5.5: Ausschnitt eines individuellen Interviewleitfadens aus Phase 2	40
Abb. 6.1: Testitems C1 und C2 in der Version 2	50
Abb. 6.2: Testitems C1 und C2 in der Version 3	50
Abb. 6.3: Testitem C4 in der Version 2	52
Abb. 6.4: Testitem C4 in der Version 3	52
Abb. 6.5: Testitems C8 und C9 in der Version 2	53
Abb. 6.6: Testitems C8 und C9 in der Version 3	54
Abb. 6.7: Testitem D1 in der Version 2	56
Abb. 6.8: Testitem D1 in der Version 3	56
Abb. 6.9: Testitem D2 in der Version 2	57
Abb. 6.10: Testitem D2 in der Version 3	58
Abb. 6.11: Ausschnitt aus der Datentabelle	59

Bildnachweise

Die hier nicht aufgelisteten Abbildungen und Grafiken sind vom Autor selbst erstellt.

Abb. 2.3: Unterschied zwischen Reliabilität und Validität

Von: Quantitative Method in the Social Sciences e-lessons

http://ccnmtl.columbia.edu/projects/qmss/measurement/validity_and_reliability.html

(letzter Zugriff: 25.06.2011)

Lizenz: Creative Commons License (CC-BY-NC-ND)

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1: Übersicht über Bezeichnungen der Items.....	26
---	----

Tab. 4.2: Gliederung des Interviewleitfadens	31
Tab. 4.3: Transkriptionsregeln	32
Tab. 5.1: Stichprobenübersicht	41
Tab. 6.1: Übersicht und Kategorisierung der aufgetretenen Schülervorstellungen und weiteren Aussagen	43
Tab. 6.2: Erklärungsdistraktoren der Items C1 und C2	51
Tab. 6.3: Erklärungsdistraktoren des Items C4	53
Tab. 6.4: Erklärungsdistraktoren der Items C8 und C9	55
Tab. 6.5: Erklärungsdistraktoren des Items D1	57
Tab. 6.6: Erklärungsdistraktoren des Items D2	58
Tab. 6.7: Überblick über InterviewpartnerInnen in Phase 1	60
Tab. 6.8: Häufigkeiten der Antwort-Erklärungs-Kombinationen in Phase 1	60
Tab. 6.9: Vergleich der Items nach Richtigkeit der Antworten, Erklärungen und Sicherheiten	61
Tab. 6.10: Überblick über InterviewpartnerInnen in Phase 2 und 3	62
Tab. 6.11: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C1	63
Tab. 6.12: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C2	63
Tab. 6.13: Vergleich der Antwortkombinationen zwischen C1 und C2	64
Tab. 6.14: Zusammenfassung zu C1 und C2	68
Tab. 6.15: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C4	68
Tab. 6.16: Zusammenfassung zu C4	71
Tab. 6.17: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C8	72
Tab. 6.18: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei C9	72
Tab. 6.19: Vergleich der Antwortkombinationen zwischen C8 und C9	73
Tab. 6.20: Zusammenfassung zu C8 und C9	75
Tab. 6.21: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei D1	76
Tab. 6.22: Zusammenfassung zu D1	78
Tab. 6.23: Vergleich der Antworten und Erklärungen bei D2	80
Tab. 6.24: Zusammenfassung zu D2	82

10 Zitatverzeichnis

Zitat 6.1: IP06 zu Stromverbrauch (SV, SA, D.0.1)	44
Zitat 6.2: IP11 zu Batterie als konstante Stromquelle (D.0.2, BS)	44
Zitat 6.3: IP02 zur Inversen Widerstandsvorstellung (C1, C2, IR)	45
Zitat 6.4: IP06 zu Lokalem Denken (D2, LD)	45
Zitat 6.5: IP01 zu Sequentieller Argumentation (C4, SA)	46
Zitat 6.6: IP01 zu Entfernung zur Batterie (D.0.1, EB)	46
Zitat 6.7: IP01 zum Weg des geringsten Widerstands (E, C1, GW)	46
Zitat 6.8: IP12 zum Weg des geringsten Widerstands (D2, GW)	47
Zitat 6.9: IP04 zur Pendelbewegung des Stroms (C1, PB)	47
Zitat 6.10: IP08 zur Zweizuführungsvorstellung (E, ZZ)	48
Zitat 6.11: IP03 zur Zweizuführungsvorstellung (C4, ZZ)	48
Zitat 6.12: IP01 zu Kompensation (D2, K, SV)	48

Zitat 6.13: IP46 zu 10-10 bei C1 und C2 (SA).....	65
Zitat 6.14: IP70 zu 34-12 bei C1 und C2 („Stromspannung“).....	66
Zitat 6.15 IP25 zu 5-6 bei C4.....	70
Zitat 6.16: IP81 zu 5-6 bei C4.....	70
Zitat 6.17: IP66 zu 4-2 bei D1 (EB)	76
Zitat 6.18 IP68 zu 3-3 bei D1 (UL).....	77
Zitat 6.19 IP 67 zu 2-4 bei D1 (LD).....	78
Zitat 6.20: IP73 über das „Zurückfließen“	82

11 Literaturverzeichnis

- Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A. & Wolf, J. (2007).** *Methodik der empirischen Forschung*: Gabler.
- Andersson, B. R. (1984).** Wie Schueler einige Aspekte des Energietransfers im elektrischen Stromkreis verstehen. *Der Physikunterricht* 2, 32-35.
- Ausubel, D. P. (1968).** *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bühner, M. (2004).** *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München [u.a.]: Pearson Studium.
- Caillot, M. (1985).** Problem representations and problem-solving procedures in electricity. In *Aspects of understanding electricity*, (Hrsg. R. Duit W. Jung and C. v. Rhöneck). 139-151. Kiel: Schmidt & Klaunig.
- Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010).** Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Research in Science Education* 40, 313–337.
- Closset, J. L. (1984).** Woher stammen bestimmte "Fehler" von Schülern und Studenten aus dem Bereich der Elektrizitätslehre ? Kann man sie beheben ? *Der Physikunterricht*, 21-31.
- Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, M. (1983).** Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics* 51, 407-412.
- Ding, L. & Beichner, R. (2009).** Approaches to data analysis of multiple-choice questions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 5, 020103.
- Duit, R. (1986).** Energievorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 34, 7-9.
- Duit, R. (1993a).** Alltagsvorstellungen berücksichtigen! *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 42, 7-11.
- Duit, R. (1993b).** Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 4, 16-23.
- Duit, R. (2004).** *Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Piko-Brief Nr. 1.*
<http://www.uni-kiel.de/piko/?topic=15> (letzter Zugriff: 23.06.2011)
- Dykstra, D. I. (1992).** Studying conceptual change: Constructing new understandings. In *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, (Hrsg. R. Duit F. Goldberg and H. Niedderer). 40-58. Kiel: IPN.
- Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004).** Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.* 72, 98-115.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2003).** *Students' understanding of direct current resistive electrical circuits.*
- Evans, J. (1978).** Teaching electricity with batteries and bulbs. *The Physics Teacher* 16, 15.
- Flick, U. (2008).** *Triangulation*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Fredette, N. H. & Clement, J. (1981).** Student misconceptions of an electric circuit: What do they mean ? *Journal of College Science Teaching* 10, 280-285.
- Fredette, N. H. & Lochhead, J. (1980).** Student conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher* 18, 194-198.

- Gauld, C. F. (1986).** Models, meters and memory. *Research in Science Education* 16, 49-54.
- Häußler, P., Bündner, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998).** *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Heller, P. M. & Finley, F. N. (1992).** Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching* 29, 259-275.
- Hericks, U. (1993).** *Über das Verstehen von Physik: Physikalische Theoriebildung bei Schülern der Sekundarstufe II*. Münster: Waxmann Verlag.
- Hoffmann-Riem, C. (1984).** *Das adoptierte Kind. Familienleben mit doppelter Elternschaft*. München.
- Johsua, S. & Dupin, J. J. (1985).** Schematic diagrams, representations and type of reasoning in basic electricity. In *Aspects of understanding electricity*, (Hrsg. R. Duit W. Jung and C. v. Rhöneck). 129-138. Kiel: Schmidt & Klaunig.
- Jung, W. (1986).** Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 34, 2-6.
- Kallmeyer, W. & Schütze, F. (1976).** Konversationsanalyse. In *Studium Linguistik* 1. 1-28. Kronberg.
- Kircher, E. (2009).** Physikdidaktik, (Hrsg. E. Kircher), XX, 832 S. Berlin ;, Heidelberg: Springer.
- König, E. & Zedler, P. (2002).** *Qualitative Forschung*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Kuckartz, U. (1999).** *Computergestützte Analyse qualitativer Daten : eine Einführung in Methoden und Arbeitstechniken*: Opladen [u.a.] : Westdt. Verl.
- Maichle, U. (1981).** Representation of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. In *Proceedings of the international workshop on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge"*, (Hrsg. W. Jung, Pfundt, H. , Rhoeneck, C. von). 174-193. Ludwigsburg: Paedagogische Hochschule.
- Mayring, P. (2002).** *Einführung in die qualitative Sozialforschung : eine Anleitung zu qualitativem Denken*: Weinheim [u.a.] : Beltz.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1999).** *Qualitative data analysis*: Sage Publ.
- Millar, R. & Hames, V. (2001).** *Using diagnostic assessment to improve students' learning in science: some preliminary findings from work to develop and test diagnostic tools*.
- Millar, R. M. & Hames, V. (2002).** EPSE Project 1: Using diagnostic assessment to improve science teaching and learning. *School Science Review* 84, 21-24.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2008).** *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Niedderer, H. & Goldberg, F. (1995).** Lernprozesse beim elektrischen Stromkreis. *Zeitschrift fuer Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 73-86.
- Niedderer, H. & Schecker, H. (1992).** Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, (Hrsg. R. Duit F. Goldberg and H. Niedderer). 74-98. Kiel: IPN.
- Osborne, R. (1981).** Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 12.
- Pesman, H. (2005).** Developement of a three-tier trest to asses ninth grade students misconceptions about simple electric circuits, (Hrsg.: MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY.
- Pesman, H. & Eryilmaz, A. (2010).** Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research* 103, 208-222.
- Rhöneck, C. v. (1986).** Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 34, 10-14.
- Rhöneck, C. v. (1988).** Wege zum Spannungsbegriff. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 36, 38-42.
- Rhöneck, C. v. & Grob, K. (1989).** Schülervorstellungen im Zusammenhang mit dem elektrischen Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie* 39, 16-20.
- Rhöneck, C. v. & Völker, B. (1984).** Vorstellungen vom Stromkreis und ihr Einfluss auf den Lernprozess. *Der Physikunterricht* 17, 4-16.
- Riley, M. S., Bee, N. V. & Mokwa, J. J. (1981).** Representations in earley learning: The aquisition of problem-solving strategies in basic electricity/electronics. In *Proceedings of the international workshop on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge"*, (Hrsg. W. Jung H. Pfundt and C. v. Rhöneck). 107-173. Ludwigsburg: Paedagogische Hochschule.

- Schlichting, H. J. (1991).** Zwischen common sense und physikalischer Theorie - wissenschaftstheoretische Probleme beim Physiklernen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 44, 74-80.
- Shipstone, D. M. (1985).** On children's use of conceptual models in reasoning about current electricity. In *Aspects of understanding electricity*, (Hrsg. R. Duit W. Jung and C. v. Rhöneck). 73-82. Kiel: Schmidt & Klaunig.
- Tallant, D. (1993).** A review of misconceptions of electricity and electrical circuits. In *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, (Hrsg. J. Novak). Ithaca, New York: Cornell University (distributed electronically).
- Teddlie, C. & Tashakkori, A. (2003).** Major issues and controversies in the use of mixed methods in the social and behavioral sciences. In *Handbook of mixed methods in social & behavioral research*, (Hrsg. A. Tashakkori and C. Teddlie). 3-50: Sage Publications.
- Terhart, E. (1999).** Konstruktivismus und Unterricht. *Zeitschrift fuer Paedagogik* 49, 629-647.
- Tiberghien, A. & Delacôte, G. (1976).** Manipulation et representations de circuits electrique simples chez des enfants de 7 a 12 ans. *Review Francaise de Pedagogie* 34, 32-44.
- Trochim, W. M. (2006).** *The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition*.
<http://www.socialresearchmethods.net/kb/> (letzter Zugriff 03.07.2011)
- Urban-Woldron, H. (2009).** *Fördert computerunterstützter Unterricht Lernmotivation und kognitive Lernaktivitäten? Begleitforschung von Projekten des IMST Fonds zum Lernen von Physik mit neuen Medien*.
https://imst3plus.uni-klu.ac.at/imst-wiki/images/c/cd/Langfassung_Urban-Woldron_2009.pdf (letzter Zugriff: 10.07.2011)
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010).** Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (submitted).
- Weiss, C. (2003).** *Quantitative Methods in Social Sciences: e-Lessons*: Columbia Center for New Media Teaching and Learning.
- Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (2011).** *Physikdidaktik kompakt*. Freising: Aulis-Verlag.
- Witzel, A. (1985).** Das problemzentrierte Interview. In *Qualitative Forschung in der Psychologie : Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder*, (Hrsg. G. Jüttemann). 227-255. Weinheim: Beltz.
- Witzel, A. (2000).** *Das problemzentrierte Interview*. 2000.
<http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1132/2519> (letzter Zugriff 20.06.2011)
- Wodzinski, R. (2004).** Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner*, vol.2 (Hrsg. R. Müller R. Wodzinski and M. Hopf). 23-36. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Zitzelsberger, S. & Rabe, T. (2010).** Eine Analyse des Rhöneck-Tests. In *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, (Hrsg. D. Höttecke). 217-219. Potsdam: LIT Verlag Münster.

12 Anhang

A Einverständniserklärung

Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik

1090 Wien, Währingerstr. 17
Tel. +43-1-4277-71101, FAX +43-1-4277-9711
<http://www.univie.ac.at/aeccp/>



Einverständniserklärung zur Durchführung eines Interviews

Name des Schülers / der Schülerin:

Schule:

Klasse:

Wir sind damit einverstanden, dass unser Sohn / unsere Tochter im Rahmen einer Diplomarbeit zur fachdidaktischen Forschung von Herrn Georg Hanisch zu Vorstellungen aus dem Bereich der E-Lehre interviewt wird und im Vorfeld einen Fragebogen zu Einstellungen und eigenen Einschätzungen zum Lernen in Physik ausfüllt. Des Weiteren sind wir damit einverstanden, dass ein Audiomitschnitt des Interviews zur anonymen Datenerhebung durchgeführt wird.

.....

Unterschrift des Schülers/ der Schülerin

.....

Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten

B Motivationsfragebogen

Wie schätzt du deine Erfolgsaussichten im Physikunterricht ein? 22. In Physik bin ich wahrscheinlich gut, auch ohne, dass ich dafür lerne. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 23. In Physik brauche ich wahrscheinlich nicht viel zu tun, da ich so etwas meist sofort verstehe. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 24. Ich bin mir sicher, dass ich den schwierigen Stoff in Physik irgendwann schon kapieren werde, auch wenn ich nichts dafür mache. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 25. Ich kann mich darauf verlassen, dass ich den Lernstoff gut verstehe, wenn ich mitarbeite. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 26. Auch wenn ich mich in Physik noch so sehr anstrengt, habe ich wohl keine Chance da wirklich gut zu werden. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 27. Wenn ich mir in Physik Mühe gebe, dann werde ich das wahrscheinlich auch können. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, ... 28. ... damit ich auf meine Leistungen stolz sein kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 29. ... damit ich mit mir zufrieden sein kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 30. ... damit ich sehe, was ich schaffen kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 31. ... damit ich mir selbst bewiesen habe, dass ich es kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 32. ... damit ich sehe was und wie viel ich dazugelehrt habe. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau		Warum strengst du dich beim Lernen von Physik an? 33. In Physik wäre ich gerne der Beste / die Beste. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 34. Ich lerne für Physik, weil ich bei den Prüfungen besser abschneiden will als die anderen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 35. Ich strenge mich in Physik an, weil ich zu den Besten gehören möchte. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 36. Die besten Leistungen in Physik bringe ich, wenn ich versuche, besser als die anderen zu sein. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau	Ich arbeite und lerne im Fach Physik, ... 37. ... weil es mir Lernen in Physik Freude macht ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 38. ... weil ich neue Dinge lernen möchte. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 39. ... weil ich gerne Aufgaben aus dem Fach Physik löse. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 40. ... weil ich gerne über Dinge aus der Physik nachdenke. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau	Wie zufrieden bist du mit deinen Leistungen in Physik? 41. Ich bewältige alle Aufgaben leicht, da ich das einfach kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 42. Ich bin mit meinen Lernergebnissen zufrieden, da ich mich sehr angestrengt habe. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 43. Die Aufgaben sind leicht und daher muss ich mich nicht anstrengen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 44. Die Aufgaben fallen mir leicht, da ich mich im Physikunterricht sehr konzentriere. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau	
FEE (Fachspezifische Ergebniserwartung)		FZO (fachliche Zielorientierung)	QM3 (Kompetitives Lernen)	QM1 (Sachinteresse und intrinsische Lernmotivation)	EZ (Erfolgswahrscheinlichkeit)

Danke für deine Mitarbeit!

2

Lernmotivation und Interesse im Physikunterricht Lieber Schüler, liebe Schülerin! Bitte fülle diesen Fragebogen aus. Deine Daten werden vollkommen anonym behandelt und dienen ausschließlich wissenschaftlichen Forschungszwecken. Du trägst mit deiner Mitarbeit zur Lehr- und Lernforschung für das Fach Physik bei. 1. Gib bitte einen 5-stelligen Code ein: Stelle 1: Der zweite Buchstabe deines Vornamens Stelle 2: Der erste Buchstabe deines Nachnamens Stelle 3: Der zweite Buchstabe im Vornamen deiner Mutter Stellen 4 und 5: Dein Geburtstag (z. B. „05“ für 5. April) Dein Code: 2. Welche Note hast du in Physik in heurigen Semesterzeugnis? ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ nicht beurteilt 3. Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich 4. Wie alt bist du? Gib bitte bei allen folgenden Fragen an, wie sehr du den vorgegebenen Aussagen zustimmst! 6. Beim Lernen von Physik setze ich mir eigene Ziele, die ich erreichen möchte. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 7. Ich kann selbst gut erkennen, wie gut ich gerade in Physik bin. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 8. Ich stelle mir beim Lernen von Physik selbst Fragen, um sicherzustellen, dass ich den Lernstoff auch wirklich verstanden habe. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 9. Selbst wenn der Lernstoff langweilig und uninteressant ist, arbeite ich ihn bis zum Ende durch. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau Wie schätzt du deine allgemeinen Leistungsfähigkeiten in der Schule ein? 10. Ich weiß in der Schule die Antwort auf eine Frage schneller als die anderen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 11. Ich kann in der Schule auf viele Sachen selbst draufkommen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 12. Es fällt mir in der Schule leicht, Aufgaben zu lösen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 13. In der Schule gehöre ich zu den guten Schülern/innen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau Wie schätzt du deine Fähigkeiten in Physik ein? 14. Physik würde ich lieber machen, wenn das Fach nicht so schwer wäre. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 15. Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fällt mir Physik schwerer als vielen meiner Mitschüler/innen. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 16. Kein Mensch kann alles. Für Physik habe ich einfach keine Begabung. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 17. Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich von vornherein: „Das verstehe ich nie!“ ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau Mit welcher Einstellung gehst du an die Lösung von Aufgaben in Physik heran? 18. Die Lösung schwieriger physikalischer Aufgaben gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 19. Schwierigkeiten beim Lösen physikalischer Aufgaben sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 20. Wenn ich mit einer physikalischen Aufgabe konfrontiert werde, habe ich meist mehrere Ideen, wie ich damit fertig werde. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau 21. Ich bin sicher, dass ich die schwierigsten Aufgaben in Physik lösen kann. ☐ stimmt überhaupt nicht ☐ stimmt eher nicht ☐ stimmt eher ☐ stimmt ganz genau ... weiter auf der nächsten Seite!		SR (Selbstregulation des Lernens von Physik) SKG (Schulisches Selbstkonzept) SKF (Akademisches Selbstkonzept in Physik) SWG (Fachspezifische Selbstwirksamkeitserwartung)
---	--	---

1

C Interviewleitfaden Phase 1

1/6

Eingangsfragen

Erste Schaltskizze, Symbole

Zu Beginn beschreibe mir bitte die Symbole: Kennst du alle?

Was passiert, wenn der Schalter offen ist?

Beschreibe, was passiert, wenn man den Schalter schließt.

Wie ist hier die Stromrichtung?

Wo fließt der Strom in welche Richtung?

Was macht die Batterie im Stromkreis?

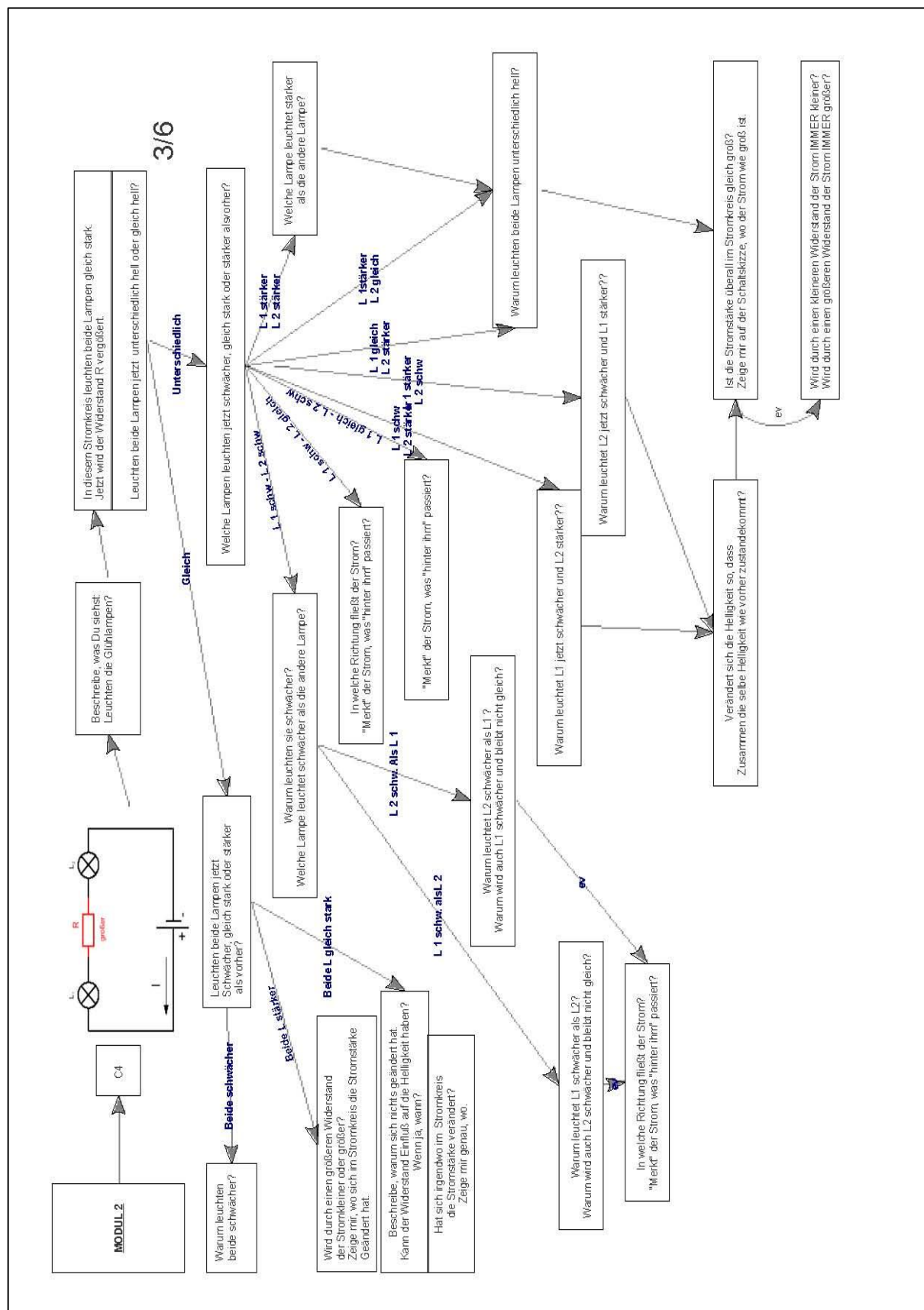
Was passiert, wenn ein Widerstand in einem Stromkreis ist?

Wie muss eine Glühlampe in einem Stromkreis eingebaut sein, damit sie leuchten kann?

Wie stellst du dir den Strom vor? Ist er überall im Schaltkreis?

Versuch dir in Zeitlupe vorzustellen, was der Reihe nach passiert im Moment, in dem man den Schalter umlegt. Kannst du das beschreiben?

Jeder Draht besitzt in Wirklichkeit einen gewissen Widerstand, der aber meist so klein ist, dass wir ihn vernachlässigen können.
Das werden wir auch hier so handhaben.
Die Lampen und Widerstände in den Schaltungen sind alle gleich, außer es ist anders angegeben.



5/6

M 3.1

Beschreibe den Unterschied zwischen den Fällen
(a) R_2 wird verkleinert ?
(b) R_2 wird vergrößert ?

Wie ändert sich die Stromstärke, wenn R_1 gleich bleibt und
(a) R_2 verkleinert wird ?
(b) R_2 vergrößert wird ?

Beschreibe, wo die Stromstärke größer / kleiner / gleich groß wie vorher ist.
Gehen wir einmal im Kreis durch die Schaltung.

M 3.2

Beschreibe den Unterschied zwischen den Fällen
(a) R_2 wird verkleinert ?
(b) R_2 wird vergrößert ?

Wie ändert sich die Stromstärke, wenn R_1 gleich bleibt und
(a) R_2 verkleinert wird ?
(b) R_2 vergrößert wird ?

Beschreibe, wo die Stromstärke größer / kleiner / gleich groß wie vorher ist.
Gehen wir einmal im Kreis durch die Schaltung.

Vergleiche mit C8:
Was ist aus Sicht der Lampe hier anders?

Du hast bei C8 gesagt, dass...
Was macht aus deiner Sicht den Unterschied aus?

D.0.1

Welche Lampe leuchtet hier wie stark?
Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

Wenn hier noch eine Lampe so angeschlossen wird, was ändert sich dann?
Hat das einen Einfluss auf die anderen Zweige in der Schaltung?

Welche Lampe leuchtet hier wie stark?
Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

D.0.2

Welche Lampe leuchtet hier wie stark?
Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

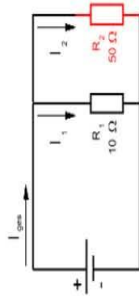
Wenn hier noch eine Lampe so angeschlossen wird, was ändert sich dann?
Hat das einen Einfluss auf die anderen Zweige in der Schaltung?

Welche Lampe leuchtet hier wie stark?
Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

6/6

MODUL 4

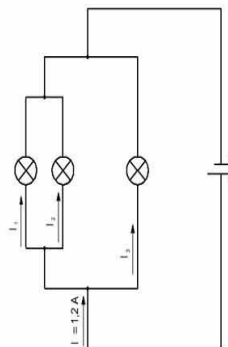
D 2



Statt den Lampen sind nun hier Widerstände in der Schaltung.
Was verändert das?

Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

Verhalten sich die Stromstärken hier anders als bei dem vorigen Beispiel mit den Lampchen?



D 1

Welche Lampe leuchtet hier wie stark?
Wo fließt der Strom in welche Richtung?
Ist die Stromstärke überall gleich groß?
Was passiert im Knoten? Entscheidet der Strom, was er macht?

Verhalten sich die Stromstärken hier anders als bei dem vorigen Beispiel mit den Lampchen?
Was passiert im ersten Knoten?
Was passiert im zweiten Knoten?

Abschluß

Hast du dich während dem Interview bei einer Frage umentschieden?
Welche Aufgaben waren verwirrend?
Interessiert es dich, wie die richtigen Antworten wären?

D Interview-Unterlagen Phase 1

Code: _____ Seite 1 von 7

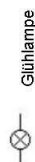
Test zur Erfassung der Schülervorstellungen zur E-Lehre

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Es werden die bekannten Symbole verwendet:



Spannungsquelle (Batterie)



Glühlampe



Offener Schalter



Geschlossener Schalter



Widerstand

1. Gib bitte einen 5-stelligen Code ein:

Stelle 1: Der zweite Buchstabe deines Vornamens

Stelle 2: Der erste Buchstabe deines Nachnamens

Stelle 3: Der zweite Buchstabe im Vornamen deiner Mutter
Stellen 4 und 5: Dein Geburtstag (z. B. „05“ für 5. April)

Dein Code:

2. Welche Note hast du in Physik in heurigen Semesterzeugnis?

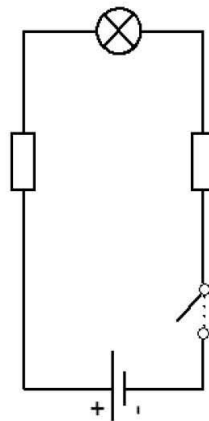
• 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • nicht beurteilt

Geschlecht

• männlich • weiblich

3.

4. Wie alt bist du?



Code:

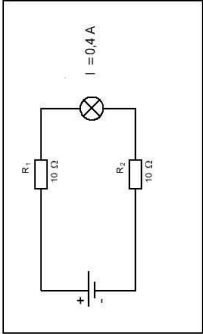
Seite 2 von 7

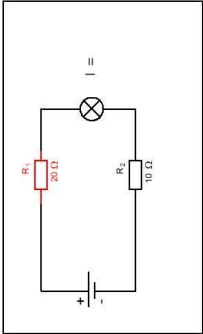
Modul 1

C1)

In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\,\Omega$ und $R_2 = 10\,\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\,\text{A}$. Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\,\Omega$ ersetzt.

Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?

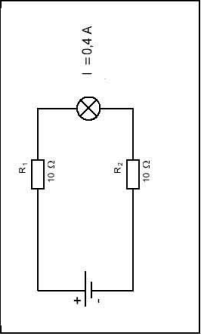


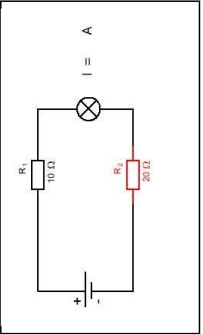


C2)

In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\,\Omega$ und $R_2 = 10\,\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\,\text{A}$. Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\,\Omega$ ersetzt.

Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?



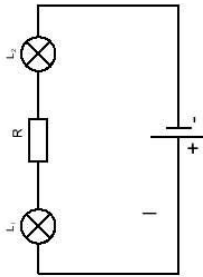


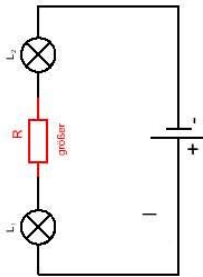
Code:

Seite 3 von 7

C4)

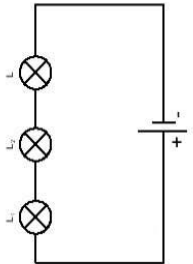
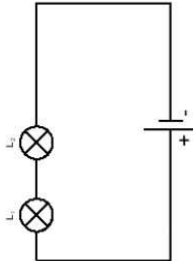
Im Stromkreis rechts unten sind zwei Lampen L_1 und L_2 und ein Widerstand. Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2 , wenn der Widerstand R vergrößert wird?



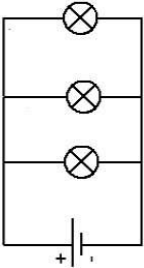
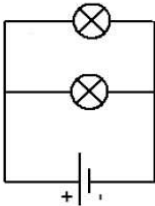


Code: Seite 5 von 7

D.0.1

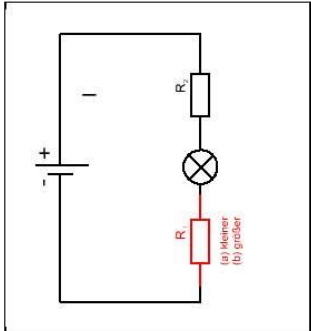
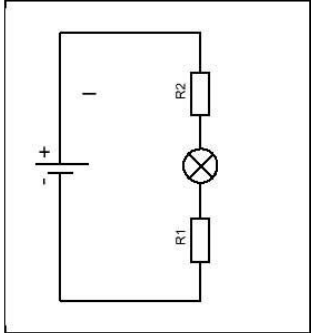


D.0.2

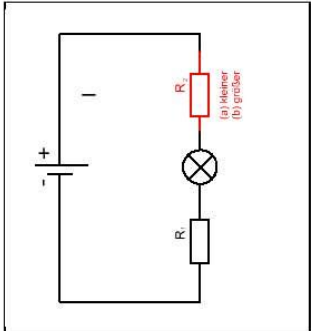
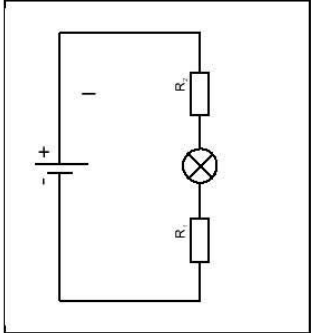


Code: Seite 4 von 7

C8) Im Stromkreis unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen. Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und ...		
a)	... wenn R_1 verkleinert wird	b) ... wenn R_1 vergrößert wird



C9) Im Stromkreis unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen. Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und ...		
a)	... wenn R_2 verkleinert wird	b) ... wenn R_2 vergrößert wird



Code:

Seite 6 von 7

Modul 4

D2)

Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.
Wie verhalten sich dann die Ströme I_1 , I_2 und I ?

Die Stromstärke I_1 ...	Die Stromstärke I_2 ...	Die Stromstärke I ...
		ges. ...

D1)

Die Glühlampen im folgenden Stromkreis sind alle gleich.
Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A.
Wie groß sind die Stromstärken in den Verzweigungen?
Ergänze die fehlenden Werte für I_1 , I_2 und I_3 !

Code:	Seite 7 von 7
Start	
C1	
C2	
C4	
C8	
C9	
D.0.1	
D.0.2	
D2	
D1	

E Transkripte Phase 1

In diesem Abschnitt des Anhangs ist eine exemplarische Auswahl der Transkripte aus Phase 1 zu finden. Die Transkriptionsregeln sind in Tab. 4.3 auf Seite 32 aufgelistet.

Interview 01

- 001 **I:** Wenn du das hier siehst, ist das alles soweit klar, welche Symbole das sind
- 002 **IP01:** Ja, würd ich schon sagen, also: Das hier ist der Verbraucher, ähm, der Schalter, die Energiequelle und ... ähm.. ja.
- 003 **I:** Verbraucher und Energiequelle, kannst du dir da was Konkretes vorstellen?
- 004 **IP01:** Batterie, oder...
- 005 **I:** Batterie, ja.
- 006 **IP01:** Ja, wenns mit Wechselstrom halt ist, aus der Steckdose, ähm. und Lämpchen, oder, was weiß ich, was man halt grad braucht..
- 007 **I:** Mhm
- 008 **IP01:** Könnte auch ein Trafo dran sein, oder...
- 009 **I:** Ja genau. Wie ist das - was passiert jetzt, wenn der Schalter offen ist?
- 010 **IP01:** Ahm, naja, dann fließt kein Strom durch - erst wenn er geschlossen ist. Also sobald der Stromkreis geschlossen ist, fließt Strom durch.
- 011 **I:** Wie stellst du dir das vor - in dem Moment, in dem man ihn schließt, was passiert da?
- 012 **IP01:** Ähm, die Leiter sind verbunden, und es kann, ähm, es gelang eben der Strom zum Verbraucher und ...
- 013 **I:** ... Wo gelangt der hin?
- 014 **IP01:** Na über die Leiter. Den Stromkreis. Also man hat hier ... den, ähm, die Energiequelle, und das gelangt jetzt eben zum Verbraucher hin.
- 015 **I:** Geht das in der Richtung, wie du's gezeigt hast oder?
- 016 **IP01:** Ähm, der kürzeste Weg des Widerstands, also das ist in dem Fall, würd ich einmal sagen, egal, also...
- 017 **I:** Da ist es - in dem Fall wäre es genau gegenüber..
- 018 **IP01:** Mhm, ja, keine Ahnung, würd ich mal so sagen - es kann auch von beiden Seiten kommen, tät ich sagen
- 019 **I:** Was glaubst du? Kommt der jetzt so daher, also von beiden Seiten zum lä, oder kommt der im Kreis zum Beispiel - in die Richtung, in die Richtung, oder nur auf einem Draht? Die ganzen Möglichkeiten gäb's ja.
- 020 **IP01:** Ja, also, es muss einmal ein Stromkreis sein, also ein (...) Kreis ist ja eigentlich geschlossen. Also es müssen die Ladungen hin und quasi auch wieder zurück fließen. ... und, auf einem Weg fließen sie einfach hin und auf einem anderen zurück, würd ich sagen.
- 021 **I:** Ok. Gleich am Anfang, wenn der Schalter umgelegt wird - wenn du dir das in Zeitlupe vorstellst, wirklich der erste Moment - da wird hier geschlossen. Fließt dann ab dem Zeitpunkt sofort überall der Strom, oder fängt der irgendwo an, und ersten nach einem kurzen Moment ist es dann, wo du sagst, es fließt im Kreis?
- 022 **IP01:** ... keine Verzögerungszeit sein eigentlich.
- 023 **I:** Keine Verzögerungszeit, hast du gesagt
- 024 **IP01:** Nein, also wenn direkt die Energiequelle angeschlossen ist und man schließt das, dann würde ich sagen ist der Stromkreis geschlossen und es fließt sofort strom.
- 025 **I:** Gut. Und in welche Richtung fließt der jetzt - von Plus nach Minus und von Minus nach Plus?
- 026 **IP01:** Von Minus nach Plus.
- 027 **I:** Minus nach Plus, ok. Was macht die Batterie - das hab ich dich eh schon gefragt, was die Batterie macht. Hast du da eine Vorstellung?
- 028 **IP01:** Na, es wird innen halt...
- 029 **I:** Spuckt die was aus, überträgt die was?
- 030 **IP01:** Nein, es fließen... also bei der Batterie ist es ja Gleichstrom und das heißt, es ist die Spannung ist immer konstant und ... ääh... ja also es wird also, Zinkkohle wird das verbraucht einfach.
- 031 **I:** Mhm
- 032 **IP01:** Ja. So genau weiß ich es nicht, aber so, relativ, also...
- 033 **I:** Ja, na eh wunderbar. Wann hast du denn Elektrizitätslehre gehört?
- 034 **IP01:** Das haben wir in diesem Jahr in Physik gemacht und auch schon in der zweiten einmal. Ja doch. Es wurde viel wiederholt, aber auch viel Neues gemacht.
- 035 **I:** Ok. Grundsätzlich noch: Die Lämpchen sind alle gleich. Ein paar Beispiele schauen wir uns zusammen an, wozu es dazu Lösungsmöglichkeiten gibt. Und wo es wichtig ist für mich, zu schauen: Was stellst du dir das vor, was könnte passieren, warum macht der Strom das, etc. Dafür ist nur festgelegt, die Lämpchen sind alle gleich, außer es ist etwas anderes vorgegeben. Die Widerstände auch, da gibt es schon Beispiele, wo es verschieden große Beispiele gibt, da steht es aber dabei. Und der Draht selber hat auch keinen wid. Das heißt wir haben also ein ganz einfaches Modell. Ich weiß nicht, ob du das weißt, aber der Draht, wenn er lang genug ist hat auch einen gewissen Widerstand in Wirklichkeit. Aber das vernachlässigen wir, ok?
- 036 **IP01:** Ja weil ja da die Wärme ist.
- 037 **I:** Ja genau, hast schon Recht ja. Ok, dann schauen wir uns mal da das C1 an: Das steht: "In einem Stromkreis mit einer Glühbirne und den Widerständen - zwei Widerständen...
- 038 **IP01:** ... 10 ohm und wieder 10 ohm ...
- 039 **I:** ... Zwei mal 10 ohm, genau...
- 040 **IP01:** Das ist x1, das ist x2 und ähm, es kommt raus: 0,4 Ampere.
- 041 **I:** Ja. Man misst genau beim lä
- 042 **IP01:** Lämpchen
- 043 **I:** Bei der Glühlampe misst man 0,4 Ampere. Das ist jetzt der Status Quo. Was passiert denn, wenn man den Widerstand durch einen 20 Ohm Widerstand ersetzt, den 1er Widerstand?
- 044 **IP01:** Mhm, ähm, dann...
- 045 **I:** Also wir kümmern uns um den Strom durch die Glühbirne erst einmal. Was passiert da?
- 046 **IP01:** Na ich würd einmal sagen, es kommt ... weniger Strom raus, also das heißt: also hier sinds insgesamt... also - 10 - also es kommt quasi nur 0,2 raus. Naja gut, wenn man beide zusammenrechnet, also es kommt - wenn es 100 Prozent sind, dann sind es hier einfach hundertfünf... ähm, ... hundertfünfzig Prozent. Also, das

- heißt, naja ... also man rechnet also quasi noch 10 Ohm zu den Ampere weg, also - Widerstand ist gleich... ähm U durch i, also Spannung durch ss. Die Spannung hab ich jetzt nicht... naja, es kommt weniger Ampere raus, würd ich sagen
- 047 **I:** Ok, also auf jeden Fall weniger. Hier ist eh nur ganz qualitativ gefragt, wird das mehr, weniger oder gleich. Jetzt ist es weniger. Warum wird die kleiner?
- 048 **IP01:** Na weil mehr Widerstand geboten ist. Also ich mein, wir haben das nicht so wirklich durchgemacht mit den Widerständen. Ich kann jetzt auch gar nicht sagen wirklich, obs mehr oder weniger wird... Der Widerstand ist ja nicht direkt - würd ich sagen - ein Verbraucher. Vielleicht fließt der Strom auch nur einfach langsamer - wir haben das nie gemacht mit den Widerständen. Wir haben nur ausgerechnet eben dass R ist gleich U durch I.
- 049 **I:** Und durch die Formel, das Gesetz weißt du sozusagen, oder kannst dir denken: Das wird kleiner, die Stromstärke
- 050 **IP01:** Naja, im Prinzip ist es ja so: der Strom geht immer den geringsten Weg vom Widerstand, also der geringere Weg ist ja eigentlich hier, aber.... Ja, dann müsste es eigentlich von der Seite kommen... hm
- 051 **IP01:** Na. ähm, Das Lämpchen, also die Lampe verbraucht den Strom, ist ja der Verbraucher. Natürlich wird da etwas abgenommen.
- 052 **I:** Mhm, aber hier fließt der Strom durch das lä?
- 053 **IP01:** Ja.
- 054 **I:** Und der ist jetzt kleiner als vorher die 0,4 Ampere?
- 055 **IP01:** ... jaaa... ich weiß nicht...
- 056 **I:** Oder bist du dir da nicht sicher?
- 057 **IP01:** Ich bin mir eigentlich nicht sicher, weil wir haben das nie so mit dem Widerstand gemacht. Ich weiß nicht direkt, was der Widerstand ändert, ich weiß nur: Strom geht den geringsten Weg vom Widerstand. Hier ist der Widerstand halt höher als im anderen Stromkreis, ja.
- 058 **I:** Gut, ja. Naja, ich versuche ja möglichst wenig zu sagen. Wenn dich nachher die richtigen Antworten interessieren, kann ich es dir dann eh sagen. Auf jeden Fall ist es so - das kann ich dir jetzt vielleicht sagen - Erhöht man den wid, hat man weniger Strom, grundsätzlich. Das ist das Gesetz, dass du vorher gesagt hast.
- 059 **IP01:** ja.
- 060 **I:** Die Spannung, die ist fix, dein U. Und so größer das R, umso kleiner das I. Ganz grundsätzlich.
- 061 **IP01:** Ja.
- 062 **I:** Jetzt ist die Frage: Du hast gezeigt, das da von mp der Strom vielleicht eher fließt, oder halt kurz überlegt?
- 063 **IP01:** Naja, weil...
- 064 **I:** Was glaubst du?
- 065 **IP01:** Naja, wenn der Strom über den geringsten Weg vom Widerstand geht, dann ist dieser Weg hier natürlich geringer. Aber das ist ja natürlich auch ein Gesetz, dass es vom einem zum anderen fließt und nicht irgendwie, ja. ... Also Minus Plus. Naja, ich weiß nicht, ehrlich gesagt. Wir haben das nie so wirklich gemacht, was der Widerstand so, wie sich der verhält...
- 066 **I:** Vorher hast du gesagt, der Strom fließt im Kreis, oder?
- 067 **IP01:** Naja, im Prinzip schon...
- 068 **I:** Du hast gesagt, vom Minus zum Plus, so grundsätzlich mal.
- 069 **IP01:** ja
- 070 **I:** Das war so etwas (...), ohne dass wir genau gewusst haben, wie groß die sind. Und jetzt nach der Veränderung: glaubst du, kann sich der drehen, oder bleibt das gleich, oder fließt er nicht mehr überall?
- 071 **IP01:** Doch, er fließt - würd ich sagen - schon noch überall, aber geringer halt irgendwie. Auf der anderen Seite, es kommen dadurch fast weniger Ladungen wieder zurück, also muss ja die ganze Zeit Energie zugeführt werden, ja, und... Da ist halt mehr wid, das heißt, es werden mehr Ladungen, eben quasi verbraucht.
- 072 **I:** Das heißt, die kommen in den Widerstand hinein und dann nicht mehr heraus, oder weniger heraus?
- 073 **IP01:** Ja, so ähnlich, würde ich sagen
- 074 **I:** Ist das so wie du dir das vorstellst? Ok, gut.
- 075 **IP01:** Ich habe ein sehr geringes Vorstellungsvermögen beim wid, aber...
- 076 **I:** Na, ist kein Problem. Wichtig ist halt, wie sich das insgesamt auswirkt, also ob das Lämpchen jetzt weniger leuchtet und was du da glaubst. Und vor allem halt, deine Vorstellung, wie sich da der Strom verhält - Was macht der grad? - so ungefähr, ja.
- 077 **IP01:** Ja.
- 078 **I:** Vergleichen wir es vielleicht mit C2: Das ist genau das gleiche Bsp.: In einem Stromkreis mit einer Glühbirne und den beiden Widerständen - jeweils 10 Ohm - beträgt die Stromstärke wieder 0,4 Ampere.
- 079 **IP01:** Mhm.
- 080 **I:** Jetzt wird Widerstand r2 ersetzt, also der untere sozusagen - wieder durch einen 20 ohm wid.
- 081 **IP01:** Naja gut, da es ja...
- 082 **I:** Verändert sich jetzt etwas in der Glühbirne?
- 083 **IP01:** Tāt ich ehrlich gesagt nicht sagen, na. Also ich mein, in Wirklichkeit muss der Strom ja zum Lämpchen hin. Also sobalds beim Lämpchen ist, leuchtet's. Aber es muss ja auch wieder etwas zurückfließen, es ist ja kein Stromkreis, sondern nur ein Halbkreis, ein Stromhalbkreis der nicht geschlossen, eigentlich
- 084 **I:** Wo siehst du den Halbkreis?
- 085 **IP01:** Also angenommen, wenn er nicht zurückfließt
- 086 **I:** Aso, ja
- 087 **IP01:** Also wenn er nicht zurückfließen würde, dann wärs ja nicht direkt, ja. Hätt ich gesagt. Und deshalb würde ich auch sagen: quasi ändert sich hier nichts. ...ja, so meine Vorstellung zum wid....ja, ich weiß nicht
- 088 **I:** Ändert sich nur die sr nicht, oder auch die ss?
- 089 **IP01:** Na, die Stromstärke würd ich sagen, ändert sich nicht. Aber die sr... die könnt sich dann vielleicht schon ändern, das könnt sein.
- 090 **I:** Ok. Habe ich das richtig mitgekriegt? Vorher hast du gesagt, also zuerst hast du auf jeden Fall gesagt, dass hier weniger Strom fließt, hier hast du gesagt, ändert es sich nicht? Ich frag nur noch einmal nach, ja.
- 091 **IP01:** Naja, es ist....
- 092 **I:** Ist da jetzt ein Unterschied oder?
- 093 **IP01:** Naja, wenn, dann würde es hier ja so sein: Da würde der Widerstand mehr Strom verbrauchen, weil hier ja der Widerstand größer ist. und, aber wie er sich

- dann beim quasi Zurückfließen unter Anführungszeichen verhält, weiß ich nicht ehrlich gesagt.
- 094 **I:** Ok, na gut. Schauen wir mal weiter. [C4] Hier haben wir wieder eine kleine Schaltung. Hier sind zwei Lämpchen, zwei Lampen, die nennen wir I1 und I2 einfach, und den wid. Es ist gar nicht gesagt, wie groß, aber gleich große Iä, also gleiche Lämpchen einfach. Grundsätzlich, glaubst du, leuchten die gleich stark oder verschieden stark, die zwei Iä? - hier noch?
- 095 **IP01:** Naja, das ist die ssch. Da würde ich sagen, die sind nicht gleich stark. Das, was den Strom zuerst bekommt, leuchtet stärker als das andere, täte ich sagen, weil weniger Strom....
- 096 **I:** Das heißt, welches leuchtet stärker?
- 097 **IP01:** Naja, also, Moment. Also gerade von der Zeichnung her würde ich sagen: L1, das ist irgendwie logisch, von der Reihenfolge her gesehen, ja. Also...
- 098 **I:** Vorher hast du gesagt, der Strom geht von Minus nach Plus
- 099 **IP01:** Ja, ich weiß, ich weiß, das überlege ich mir jetzt gerade eben, das ist ja.
- 100 **I:** Davon hängt natürlich dann ab
- 101 **IP01:** Ja, ich weiß schon ja
- 102 **I:** ...wenn man dann so überlegt...
- 103 **IP01:** Na gut also, hängt jetzt davon ab, ob von Plus oder nicht, ich bin mir nicht mehr ganz sicher.
- 104 **I:** Ist ja egal, gehe halt von einem aus, ja. Du hast am Anfang gesagt, vom Minuspol. Wir können das ja mal so festsetzen. Wenn das so ist, dann.... Und wenn nicht, kann man es ja umdrehen, wenn man merkt, das ist anders rum. Sagen wir mal, er fließt halt von Minus nach Plus
- 105 **IP01:** ja, gut
- 106 **I:** Bleiben wir halt dabei.
- 107 **IP01:** Dann würde ich sagen, kommt I2 tatsächlich mehr Strom als I1, also es leuchtet stärker
- 108 **I:** ok, das leuchtet stärker als L1. Hier, noch vor dem Lämpchen L2: Vergleiche mal die Stromstärke hier: Ist die dann nach dem Lämpchen schon geringer, glaubst du? Oder erst nach dem wid? Oder überall gleich?
- 109 **IP01:** Ich würde sagen, auch schon nach dem Iä. Weil, auch wenn hier kein Widerstand wäre - der Widerstand würde ich sagen, verstärkt das Ganze nur.
- 110 **I:** Ok. Also der wird dann immer geringer.
- 111 **IP01:** Wir hatten oft im Physikunterricht solche bspe, aber Widerstand hatten wir einfach nie drinnen, aber, ich würde sagen, der würde das noch verschwächen, würde ich sagen.
- 112 **I:** Was passiert jetzt, wenn der vergrößert wird?
- 113 **IP01:** Dann würde ich sagen, L1 wird weniger.
- 114 **I:** Ok, also. Wie ist das dann mit L2, bleibt das gleich?
- 115 **IP01:** Das würde ich sagen, bleibt gleich. Ich würde sagen, das ist dann nicht vom Widerstand abhängig Ich mein, wenn jetzt in die andere Richtung der Strom fließt, ja, was ja auch sein kann, ich weiß es nicht genau, dann würde ich sagen, ist I1 unbeeinflusst und I2 natürlich schwächer
- 116 **I:** Mhm, ok, ja.
- 117 **IP01:** Das würde ich sagen
- 118 **I:** Und der Strom hier, irgendwo bei der Quelle in der Nähe, rechts oder links, musst halt jeweils überlegen, wird der insgesamt weniger? Sozusagen der Gesamtstrom bevor...
- 119 **IP01:** Nein, also der reingeschickt wird sicherlich nicht. Der, der reingeschickt wird nicht. Auf dem Weg würde ich sagen ist er unbeeinflusst. Erst eben ab dem Widerstand wird er eben geringer, die Stärke. Aber der reingeschickt wird - also wenn man davon ausgeht, dass er (...)
- 120 **I:** Gut, ja. Sehr gut. Dann haben wir uns eh schon ein bisschen durchgearbeitet. Es geht halt jetzt noch ein bisschen weiter.
- 121 **IP01:** Na klar.
- 122 **I:** Also... In (...) Stromkreis sind zwei Widerstände und eine gl und eine Batterie angeschlossen. Jetzt geht's hier rein um die Helligkeit der Iä. Wenn R2 gleich bleibt - hier - was passiert, wenn der R1 verkleinert oder vergrößert wird? So wie wir das vorhin gesagt haben, ändert sich dann etwas oder nicht?
- 123 **IP01:** (Pause) Also vom Vorigen ausgegangen, im Prinzip, wenns direkt dahinter, aber... wenn ich mir überleg ... der Widerstand ... es wird ja nicht ... ähm, alles an Strom quasi verbraucht, also ich würd schon sagen, letztendlich ist, ähm, also angenommen, es ist größer, ist hier das Lämpchen weniger stark, ja. Und dafür, ähm ja, also ist weniger stark. Also es ist natürlich kleiner (...) stärker als das andere
- 124 **I:** Wenn der Widerstand größer wird...
- 125 **IP01:** ja, hätt ich gesagt, ja. Wenn der wid, ... es kommt ja, also praktisch gesehen vor im Leben, also, das kommt ja wirklich vor, das gibts reell. Und wenn... natürlich ändert der Widerstand etwas. Wenn der jetzt nichts ändern würd, dann wär der ja nichts irgendwie (lächelt)
- 126 **I:** Dann hätte er nicht so viel Bedeutung, da hast du Recht, ja (lächelt)
- 127 **IP01:** Ja, würd ich sagen. Davon geh ich mal aus.
- 128 **I:** Gut. Also du hast gesagt, wenn er größer wird, dann leuchtet weniger hell und wenn er kleiner wird, was ist dann?
- 129 **IP01:** ... heller.
- 130 **I:** Dann leuchtet heller, ok
- 131 **IP01:** heller als das.
- 132 **I:** Gut. Bei dem Beispiel, bei der Aufgabe, so wie vorher, ja, wird jetzt einfach mal der andere verändert. Sonst genau die gleiche Aufgabe.
- 133 **IP01:** Da würd ich sagen, dasselbe. Hm, ändert sich für mich nichts weil, ich mein, wenn ich mir das jetzt noch einmal so anschau, es gibt ja nicht irgendwo mehr oder weniger Ladung, es fließen Ladungen. Und ob da jetzt der Widerstand hinten größer oder kleiner ist, würd ich nicht sagen, dass sich da was ändert, ja. Also ich würde mich für das da entscheiden, ja, letztendlich ist das doch am realistischsten, weil sonst wär ja der Widerstand ehrlich gesagt eher bedeutungslos. Also...
- 134 **I:** Ok, das heißt, du sagst, das ist der gleiche Effekt für das Iä.
- 135 **IP01:** ja.
- 136 **I:** Vergleich das vielleicht noch einmal ganz kurz mit C1
- 137 **IP01:** Ich weiß, wenn ich das jetzt so anschau...
- 138 **I:** Da hast du es vorher noch anders gesagt
- 139 **IP01:** Ich weiß, ja. Aber wenn ich darüber nachdenk, es ist, es muss irgendwie ein Unterschied gegeben sein,

- aber wenn das hier dieselbe Bedeutung hat, dann... dann ist es, das ist eher unwahrscheinlich, muss ich sagen. Das ist ja ein Stromkreis, und wenn ich mir vorstell, ein Stromkreis, das ist geschlossen und ein Kreis, das fließts gleich, das ist symmetrisch einfach, ja.
- 140 **I:** also glaubst du, die Ladungen werden nicht verbraucht?
- 141 **IP01:** Wie nicht verbraucht?
- 142 **I:** Du hast vorher gesagt, kurz...
- 143 **IP01:** Nein, nein. Nicht so das.. Sie werden nicht verbraucht, sondern, ähm, es ändert sich für das Lämpchen nichts, also für die la änderts nichts. Also, ob die, hier oder da der Widerstand größer ist.
- 144 **I:** Ok, gut. (Pause) Hier täte mich nur interessieren, da haben wir, also vielleicht, ich schau zuerst einmal nur die linken zwei an, also ich mein nur das links oben hier [D.O.1.]. Wieder ein Stromkreis, was denkst du, wie verhalten sich die Lämpchen hier?
- 145 **IP01:** Das eine leuchtet heller und das andere schwächer. Weils eine Serienschaltung ist, und Serien ist immer. Das heißt, wenn ich das eine jetzt rausschraub, dann wird das andere heller.
- 146 **I:** Ok, ja. Und wenn beide drinnen sind?
- 147 **IP01:** Dann ist das erste, wo der Strom zuerst kommt - je nach dem jetzt, ob Plus Minus, Minus Plus...
- 148 **I:** Ja, wir bleiben einfach bei der Richtung, ja.
- 149 **IP01:** Dann würd ich sagen, ist L2 stärker und L1 schwächer.
- 150 **I:** Ok. Was passiert, wenn man da jetzt noch eins dazwischen hängt?
- 151 **IP01:** Dann ist...
- 152 **I:** Da schraubt man jetzt noch eins rein, ja.
- 153 **IP01:** ... L3 am stärksten. Oder L, ja, wurscht- Dann ist, würd ich sagen, das hier am stärksten, das ist so mittel und das ist am schwächsten.
- 154 **I:** Also L leuchtet am hellsten, dann L2 und dann L1.
- 155 **IP01:** ja.
- 156 **I:** Und umso mehr du anhängst, da fällt dann immer ab?
- 157 **IP01:** Ja, genau.
- 158 **I:** (...)
- 159 **IP01:** Das ist eine Parallelschaltung
- 160 **I:** Parallelschaltung, stimmt, ja.
- 161 **IP01:** Und die leuchten beide gleich stark.
- 162 **I:** Wo fließt da jetzt der Strom?
- 163 **IP01:** Na, Minus-Plus.
- 164 **I:** Der geht einmal weg von Minus, haben wir gesagt.
- 165 **IP01:** ja
- 166 **I:** Also sozusagen die Richtung ist einmal vorgegeben.
- 167 **IP01:** Und geht jetzt hier, und beide, würd ich sagen, leuchten gleich.
- 168 **I:** Ok, was macht der an dem Punkt, teilt sich der auf, oder?
- 169 **IP01:** Ja, symbo, ja. Also grafisch vorgestell, schon ja, also ich mein
- 170 **I:** und ist dann gleich groß
- 171 **IP01:** ja
- 172 **I:** Ok. Was passiert - und die beiden Lämpchen leuchten jetzt gleich stark oder unterschiedlich?
- 173 **IP01:** Gleich stark
- 174 **I:** Gleich stark, ok. Wie ist das hier? Ok. Aber da drinnen sind die alle gleich.
- 175 **IP01:** ja.
- 176 **I:** Ok. Denkst du, weiß der Strom, sozusagen hier, wie er sich aufteilen soll?
- 177 **IP01:** Ja (lächelt), ja. Ich mein, ich kann mir Strom nicht vorstellen, also bildlich, aber...
- 178 **I:** Ich weiß schon, das ist schwierig, sich vorzustellen...
- 179 **IP01:** Ja, ich würd, ja, es ist so, würd ich sagen, ja. Das ist einfach so ein Gesetz, würd ich sagen.
- 180 **I:** Und grundsätzlich, wenn du dir hier Strom vorstellst und der fließt hier. Und ich geb dahinter etwas, noch ein Lämpchen zum Beispiel, hier einfach dahinter. Ändert das sofort für Vorne etwas?
- 181 **IP01:** Ja, würd ich schon sagen, weil dann ist es ja nicht mehr parallel. Dann ist es ja keine Parallelschaltung mehr, weil das ist ja dann, das gehört ja dann nicht mehr zur Parallelschaltung, hätt ich gesagt.
- 182 **I:** Mhm, ok, also das ändert sich alles dann ziemlich gleich, ja. Ok. Passt. Wir sind jetzt schon beim letzten. Das sind jetzt halt schon ein bisschen schwierigere Beispiele. Wir denken uns jetzt, statt den Lämpchen haben wir jetzt wide drinnen. Aber ansonsten genau wie die, die wir gerade gehabt haben, ganz genau gleich geschaltet. Hier ist jetzt die Frage, wie verhalten sich die Stromstärken I1, I2 und I? Also I ist hier oder hier, I1 und I2 ist halt hier irgendwo auf dem Zweig. Am Anfang, wie schätzt du das ein, bevor wir was verändern? 10 Ohm ist R1, 40 Ohm ist R2. Was schätzt zu, welche sind, sind die gleich groß, oder was ist größer?
- 183 **IP01:** Ich würd sagen, es kommt zu beiden gleich viel Strom hin, aber das frisst halt mehr Strom, genauso wie beim anderen Bsp. Angenommen, das eine wäre eine Energiesparlampe, die braucht weniger und das andere eine normale Glühbirne.
- 184 **I:** Wie stellst du dir das vor? Es kommt gleich viel hin, aber es wird mehr gefressen, hast du gesagt?
- 185 **IP01:** Ja. Da kommt hier, das braucht einfach mehr, beide bekommen gleich viel, das heißt hier wird nicht das volle Potential quasi beansprucht vom Strom. Das was da ist wird nicht voll beansprucht.
- 186 **I:** Mhm. Ist der dann dahinter anders, der Strom, oder? Ich will nur wissen, was verstehst du unter "es wird Strom gefressen"?
- 187 **IP01:** Naja, es wird mehr verbraucht, ja, sagt man halt so, würd ich sagen. Hm. Ja, und hier ist es halt so, das braucht noch mehr Strom. Ob das jetzt 40 oder 50 ist dann braucht halt das Fünfziger noch ein bisschen mehr Strom.
- 188 **I:** Ok. Das heißt, sagen wir mal, der Gesamtstrom hat 1 Ampere. Wie glaubst du, ca., nur ganz grobe Schätzung, wie teilt sich der auf?
- 189 **IP01:** Naja... , bei beiden kommt 0,5
- 190 **I:** Bei beiden 0,5.
- 191 **IP01:** Ja.
- 192 **I:** Jetzt verändern wir den wid, das heißt, jetzt siehts anders aus, zumindest hier der Widerstand ist anders. Ist jetzt der Gesamtstrom anders?
- 193 **IP01:** Nein, der bleibt gleich
- 194 **I:** Der bleibt gleich.
- 195 **IP01:** Wir nehmen diese Energiequelle an, also kommt wieder ein Ampere rein, 0,5, 0,5, hier wird ehr gebraucht, hätt ich gesagt.

- 196 **I:** Gut, passt, wunderbar. Jetzt haben wir da noch eine komplizierte Schaltung.
- 197 **IP01:** Parallelschaltung, auch.
- 198 **I:** Mhm.
- 199 **IP01:** Ich hätt gesagt, da sind wieder alle gleich stark
- 200 **I:** Du sagst, es ist eine Parallelschaltung, und alle gleich stark.
- 201 **IP01:** Mhm. (Pause)
- 202 **I:** Gibt es einen Unterschied zu D.0.2 da?
- 203 **IP01:** Ne, hätt ich nicht gesagt. Also es ist anders geschaltet, aber vom Prinzip her Parallelschaltung ist Parallelschaltung. Und so was, was wir bisher gelernt haben, wir haben nur zwei, Serien und Parallel, keine Ahnung obs noch irgendeine andere Schaltung gibt, die wir noch nicht gelernt haben, aber Parallelschaltung hätt ich gesagt ist Parallelschaltung.
- 204 **I:** Ok. Das heißt, es ändert nicht, dass es sich hier zuerst aufteilt und dann noch einmal aufteilt? Beziehungsweise von hier. Glaubst du nicht, dass das anders ist, als hier, wo sich aufteilt, aufteilt, aufteilt?
- 205 **IP01:** Naja, wenn man, dann könnte hier 0,6 hingehen und hier wieder 0,6. Wenn es sich hier eben noch einmal aufteilt, dann...
- 206 **I:** Na das ist eben die Frage, was man sich überlegt. Du hast gerade gesagt, Parallelschaltung.
- 207 **IP01:** Ich weiß. Und da, das ist ja der springende Punkt. Wenn ichs mir so anschau, dann scheint's natürlich logisch aus, dass die beiden gleich stark, aber schwächer als das leuchten. Also das leuchtet also quasi doppelt so stark wie die zwei ... (kurze Unterbrechung)
- 208 **I:** Ja, das ist eben die Frage, was soll man sich da vorstellen. Teilt sich der vielleicht auf, oder, wie du am Anfang gesagt hast, leuchten alle gleich?
- 209 **IP01:** Naja, von der Gesetzmäßigkeit allein gesehen, hätt ich gesagt, es ist einfach Parallelschaltung, ja, also Parallelschaltung ist gleich Parallelschaltung. Mehr haben wir davon noch nicht erfahren, aber, so wie es uns erklärt wurde, würd ich sagen, es ist gleich. Aber, wenn man es sich natürlich logisch vorstellt, aber wie kann man es sich schon logisch vorstellen
- 210 **I:** Ja, man kann es sich vorstellen
- 211 **IP01:** Naja, ich mein...
- 212 **I:** Vorstellungen sind nie ganz logisch, die sind immer...
- 213 **IP01:** Naja, ich kann mir den Strom jetzt nicht als Persönlichkeit vorstellen, was der denkt grad, oder was der möchte... ja.
- 214 **I:** Na gut, also, das heißt du bist dir da etwas unsicher, oder? Also wenn du da jetzt ankreuzen müsstest, was würdest du sagen?
- 215 **IP01:** Ich würd mich an das halten, was wir gelernt haben, letztendlich.
- 216 **I:** Also durch drei teilen
- 217 **IP01:** Ja. Ich würd eigentlich nicht selber Entscheidungen treffen, sondern ich würd mich eher an das halten, ja.
- 218 **I:** Gut. Fandest du die Aufgaben verwirrend?
- 219 **IP01:** Teilweise. Vor Allem, weil wir das mit dem Widerstand nie durchgemacht haben, aber, ja, es ist so, es ist halt alles ein bisschen anders. Und, ich kann mir einfach nicht so das vorstellen so genau, wie wird das, ähm, wie sich das einfach verhält jetzt. Zum Beispiel im Vergleich zu dem, ja. Is für mich nicht so einfach zu sagen, ja. Aber es geht, ja, es ist ... mehr oder weniger vorstellbar
- 220 **I:** Ich weiß schon, gelernt hat man sicher nicht, wie der Strom denkt, oder so.
- 221 **IP01:** Nein.
- 222 **I:** Bist du interessiert, was hier die richtigen Antworten sind, wenn du willst, dann können wir....
- 223 **IP01:** Ja, also ich muss sagen, ich lern mehr und lieber in Physik als in anderen Fächern.
- 224 **I:** Ja?
- 225 **IP01:** Ja, schon.
- 226 **I:** Was hast du denn für eine Note?
- 227 **IP01:** 2. Der letzte Test war Eins Minus, ja. (Interviewer zeigt IP01 in groben Zügen die richtigen Antworten und Konzepte)

Interview 02

- 001 **I:** Am Anfang ganz kurz, kennst du dieses Bild hier?
- 002 **IP02:** Ahm, Stromkreislauf?
- 003 **I:** Mhm, Weißt du, was da was bedeutet?
- 004 **IP02:** Ahm ... das ist die Schaltung, oder?
- 005 **I:** Nein, ein Schalter, ja. Mit dem kannst du hier das verbinden, oder aufmachen, also dass es nicht verbunden ist. Was ist das hier mit dem Plus und Minus?
- 006 **IP02:** Ahm, Leiter, oder Magnet oder so?
- 007 **I:** Das ist die Batterie, ja. Hier hast du eh nochmal. Ok, also da die Batterie. Die zwei sind Widerstände
- 008 **IP02:** Widerstände, und
- 009 **I:** Hast du die schonmal gehört?
- 010 **IP02:** Ja... schonmal gehört, aber... (lächelt)
- 011 **I:** Und das hier ist...
- 012 **IP02:** das Lämpchen
- 013 **I:** Genau, das ist eine Lampe, zum Beispiel. Kann auch irgendetwas anderes sein, in dem Fall ist es ein Lämpchen. Was glaubst du, passiert denn da, so wie es jetzt ist? Leuchtet da etwas, leuchtet das Lämpchen oder nicht?
- 014 **IP02:** Nein, im Moment nicht.
- 015 **I:** Ok, was passiert, wenn man den Schalter schließt?
- 016 **IP02:** Dann beginnts zu leuchten, also dann geht Strom durch. [flüsternd: ... glaub ich]
- 017 **I:** Wie stellst denn dir das vor? Wo geht da der Strom wohin, wie durch?
- 018 **IP02:** Naja, von .. von da einfach so im Viereck.
- 019 **I:** Von Plus nach Minus da hinüber?
- 020 **IP02:** Nein, vom Schalter, ja. Vom Schalter zum Minus, Plus, dann da rund herum
- 021 **I:** Das heißt, er geht vom Schalter zur Batterie und dann nach der Batterie weiter?
- 022 **IP02:** Ja.
- 023 **I:** Ok. In dem Moment, wenn man das jetzt wirklich grade einschaltet - so wie man einen Lichtschalter einschaltet, passiert dann, leuchtet das dann sofort glaubst du? Also wenn du wirklich in Zeitlupe denkst, so ganz in Millisekunden.

- 024 **IP02:** In Zeitlupe leuchtet nicht sofort, weil der da erst irgendwie da hinkommen muss, also den Weg finden muss, also...
- 025 **I:** Das heißt, wenn, du sagst, der Strom geht hier weiter zum Widerstand bis zum Lämpchen und dann leuchtet, oder?
- 026 **IP02:** Ja
- 027 **I:** Erst wenn er wieder zurück ist, oder wie ist das?
- 028 **IP02:** Da einfach bis zum Lämpchen, dann beginn's zu leuchten, und da gehts halt die ganze Zeit so weiter.
- 029 **I:** Und dann nachher gehts eben die ganze Zeit im Kreis?
- 030 **IP02:** Ja, bis man den Schalter wieder...
- 031 **I:** Mhm. Geht da überall Strom im Kreis, oder ist das so, wie wenn es da herumsaust?
- 032 **IP02:** So wie wenns herumsaust.
- 033 **I:** Ok. Kannst du dir was vorstellen unter Strom? Sind das irgendwelche Teilchen, oder...
- 034 **IP02:** Naja... ich weiß nicht, so .. Strahlen irgendwie, Strahlen, die halt so rund herum gehen
- 035 **I:** Ok. Gut. Ich lass das mal da, ja, nur wenn du mal schauen willst, was was ist. Das sind jetzt so Beispiele, also Aufgaben, die wir zusammen ein bisschen besprechen. Was du dir da gerade vorstellst, was du denkst, was da passieren wird, ja. In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen R1 ist 10 Ohm und R2 ist 10 Ohm - Du hast zwei Widerstände und die 10 Ohm sagen, wie groß die Widerstände sind, also gleich groß - beträgt die Stromstärke 0,4 Ampere. Das ist jetzt mal gemessen, durch das Glühlämpchen, ja. In dem Fall hier, das ist jetzt so wie es hier ist, ja. Wenn man hier den Widerstand R1 austauscht und statt 10 Ohm 20 Ohm nimmt, was glaubst du, passiert dann? Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke, die hier durchgeht?
- 036 **IP02:** Sie wird größer, also höher.
- 037 **I:** Mhm. Wenn die Stromstärke höher wird, wird die dann nur hier größer, oder überall?
- 038 **IP02:** Überall.
- 039 **I:** Ok.
- 040 **IP02:** Würd ich sagen. (leise)
- 041 **I:** Gut, wie ist das hier? Das ist jetzt das C2. Gleiches Schaltbild wieder, und diesmal wird der untere ausgetauscht und einfach 20 Ohm hineingegeben.
- 042 **IP02:** Dann ist es bis zum Lämpchen noch 10 Ohm, danach wirds größer und bleibt dann größer.
- 043 **I:** Ok. Also die Ohm beschreiben jetzt, wie stark der Widerstand ist.
- 044 **IP02:** Mhm
- 045 **I:** Das heißt, hier, wenn wir da vorher 0,4 Ampere gehabt haben, das ist die Stromstärke. Die geht hier herum, hast du gesagt. Und dann, wo ist die dann wie groß? Kannst du dir was unter Stromstärke vorstellen, oder tust du dir da...
- 046 **IP02:** Eher nicht so. Naja, irgendwie, wie schnell der fließt, würd ich sagen.
- 047 **I:** Ok. Und .. ist da ein Unterschied, fließt der da schneller dann und da weniger schnell, oder ist das überall gleich?
- 048 **IP02:** Na, da wird er schneller. Da wird er schneller und dann bleibt er halt ziemlich gleich schnell.
- 049 **I:** Ok. Das heißt, durch das Lämpchen selber ist es hier gleich schnell, wie vorher, wie wir noch den anderen Widerstand gehabt haben, den 10 Ohm Widerstand?
- 050 **IP02:** Wie?
- 051 **I:** Also das ist so der Status Quo, ja. Das Lämpchen leuchtet und da hat man die zwei 10 Ohm Widerstände. Jetzt nimmt man den kurz raus, tut den 20 Ohm Widerstand hinein. Dann hast du gesagt, hier, beim 20 Ohm Widerstand wird dadurch das schneller, die Stromstärke größer. Wird die auch da größer, beim Lämpchen, als vorher?
- 052 **IP02:** Ja. Ja, schon. Wenns nach, ja. (Pause)
- 053 **I:** Ok.
- 054 **IP02:** Ja, es wird da schneller und dann bleibt's schneller.
- 055 **I:** Mhm. Ok. Grundsätzlich: Ich wollte dich jetzt nicht korrigieren, weil es eben wichtig ist, was du denkst. Aber für die weiteren Beispiele ist es schon wichtig, deshalb sag ich dir das jetzt. Ein Widerstand, wenn der größer ist, dann hast du weniger Stromstärke, ja(?) Also sozusagen genau umgekehrt passiert das. Man kann sich das irgendwie vorstellen, der Widerstand, keine Ahnung ... ahm .. also er drückt den nicht weg oder irgendetwas, aber er liefert Widerstand und dadurch hast du dann weniger Stromstärke, ja. Also ich würde sagen, davon gehen wir einfach aus dann. Das heißt, grundsätzlich, wenn ich da jetzt 20 Ohm hineingebe, dann wird hier sozusagen, die Stromstärke wird bei einem größeren Widerstand eben kleiner, ja?
- 056 **IP02:** Mhm.
- 057 **I:** Jetzt haben wir uns grad um Stromstärke gekümmert und so weiter. Hier haben wir jetzt noch ein anderes Schaltbild: Da fließt, es ist eben auch geschlossen, es fließt Strom. Hier haben wir Lämpchen 1, Widerstand und Lämpchen 2. Und in der Mitte von den beiden ist ein Widerstand. Vielleicht vorher: Was denkst du, leuchten die gleich stark am Anfang, oder unterschiedlich?
- 058 **IP02:** Gleich, nein, unterschiedlich
- 059 **I:** Unterschiedlich, sagst du.
- 060 **I:** Ja.
- 061 **IP02:** Und welches leuchtet dann stärker?
- 062 **I:** Das erste Lämpchen.
- 063 **IP02:** Ok. Ich wollt nur ganz kurz... Also, L1 leuchtet stärker als L2, ok. Gut, dabei sind wir mal, jetzt leuchten die zwei. Wenn wir jetzt den Widerstand hier größer machen, leuchten die dann immer noch unterschiedlich wie vorher?
- 064 **IP02:** Ja.
- 065 **I:** Oder ändert sich einer von beiden, ändern sich beide? Also wie stark leuchten jetzt die im Vergleich zu vorher, was denkst du?
- 066 **IP02:** Wenn das größer wird, dann leuchtet das schwächer, wenn das so ist, dass mehr Widerstand, dass weniger Strom dann würde das schwächer leuchten.
- 067 **I:** Ok, dann würde das L2 kleiner werden, was wäre mit dem L1, glaubst du?
- 068 **IP02:** Das bleibt gleich.
- 069 **I:** L1 bleibt gleich.
- 070 **IP02:** Ja.
- 071 **I:** Ok. Wollt nur schauen, ob ich etwas vergessen hab. ... Wie ist das, wenn du jetzt hier bist, ja, und in dem

- Moment, wo du den veränderst, merkt dann das Lämpchen dahinter nichts, weil der Strom schon vorbei ist, oder .. - sozusagen: wie begründest du, dass das da beeinflusst wird, und das da nicht? Wie könntest du das sagen?
- 072 **IP02:** Naja. Eigentlich müsste das auch beeinflusst werden, wenn der Strom da schwächer wird, dann geht das ja auch so herum, oder? Dann wird das auch schwächer. Dann ist das
- 073 **I:** Anders, könnte es auch sein ...
- 074 **IP02:** Dann kann das aber nicht so sein, dass das stärker bleibt. Ahm
- 075 **I:** Ja, es gibt verschiedenste Möglichkeiten, wie man dann weiter argumentiert. Es ist eben die Frage, ja, was denkst du? Es könnte sein, wenn der da schwächer wird, geht er herum, und dann würde er dann wieder schwächer werden?
- 076 **IP02:** ... Nein. Er bleibt dann gleich schwach. Beim ersten Mal wird er schwächer und dann bleibt er gleich schwach.
- 077 **I:** Ok. Also der Widerstand bestimmt das dann im Endeffekt, der hält den Strom irgendeiner Stromstärke, je nachdem wie groß er ist.
- 078 **IP02:** Ja.
- 079 **I:** Gut. Wenn du dir das dann so überlegst, sind dann beide Lämpchen doch gleich stark, oder
- 080 **IP02:** Ja, doch gleich stark
- 081 **I:** oder andersrum, oder?
- 082 **IP02:** Doch gleich stark.
- 083 **I:** Ok. Verlierst du schon Lust?
- 084 **IP02:** Was?
- 085 **I:** Ob du schon Lust daran verlierst?
- 086 **IP02:** Achso, ein, es ist interessant (lacht)
- 087 **I:** Ja, weiß ich nicht, ich weiß nicht, ob es für dich jetzt interessant ist oder nicht, ja. Das musst eben du wissen, ja. Hier wieder was Ähnliches. Wir haben da einen Stromkreis, zwei Widerstände, R1 und R2 und ein Lämpchen dazwischen. Mhm. Was denkst du, wie ändert sich, also, am Anfang es leuchtet halt mit einer bestimmten Helligkeit. Wenn jetzt R2 gleich bleibt und R1 wird verändert. Je nach dem, wir machen es einmal kleiner und probieren es auch einmal, was passiert, wenn der Widerstand größer wird – das ist halt ein veränderlicher Widerstand, das kann man halt einstellen, ja. Wie verändert sich dann die Helligkeit der Lampe?
- 088 **IP02:** Wenn's kleiner wird, dann wird's , ahm, größer, also dann leuchtet sie stärker, R1. Und wenn er größer wird, dann leuchtet sie wieder schwächer.
- 089 **I:** Ok. Jetzt haben wir eben hier noch den zweiten Fall. Wir probieren das jetzt einfach mal anders rum. Was ist, wenn wir den hier, den R1, fix lassen, also bei C9, und dafür den R2 verändern, kleiner und größer. Was passiert dann? Wenn der jetzt mal kleiner wird?
- 090 **IP02:** .. Genau das selbe? Also...
- 091 **I:** Ok. Das heißt, wenn er kleiner wird, so wie du es vorher gesagt hast, dann wird er heller?
- 092 **IP02:** Ja.
- 093 **I:** Wenn er größer wird?
- 094 **IP02:** Dann wird er schwächer.
- 095 **I:** Dann wird's schwächer, ok. Was passiert denn in dem Moment, wo man das macht? Du hast gemeint, der Strom geht da herum, der zischt herum oder so in die Richtung, ich weiß nicht mehr genau, wie das gesagt hast...
- 096 **IP02:** Ja.
- 097 **I:** Also wird, dreht sich da alles und genau in dem Moment, wo man es ändert, vielleicht nur, dass du das nochmal beschreibst – wie glaubst du könnte das passieren?
- 098 **IP02:** Na, in dem Moment, wo die....
- 099 **I:** Sagen wir halt, wir machen ihn kleiner jetzt, ja.
- 100 **IP02:** Dann geht's in dem Moment das Lämpchen stärker auf.
- 101 **I:** Ok, da wird es stärker, und dann war's das, ist das bei c8 auch so?
- 102 **IP02:** Da ... wenn's so geht dann bleibt's ... naja (Pause)
- 103 **I:** Du hast ja gesagt, schlussendlich ist es das Gleiche, ja? Mich würde eben nur interessieren, was du dir vorstellst, was in dem Moment passiert. Ob's dann sofort, wenn man ihn kleiner macht, obs dann sofort heller leuchtet.
- 104 **IP02:** Nein nicht sofort, .. aber da ist ja R2 davor.
- 105 **I:** Mhm.
- 106 **IP02:** Ist das so, dass sich die beiden Widerstände, also wenn der jetzt so herum geht, dass man das dann addieren könnte, oder so?
- 107 **I:** Ahm, die zwei Widerstände addieren, so dass du dir vorstellst, es ist einer, ein großer Widerstand?
- 108 **IP02:** Ja, wenn das so herum geht.
- 109 **I:** Ja dass könntest du natürlich denken, es ist ein Stromkreis, das ist eine Möglichkeit, ja. Da kann man sagen, sozusagen, der Gesamtwiderstand ist kleiner geworden oder ist größer geworden, ja.
- 110 **IP02:** Ja...
- 111 **I:** Ja gut. Ich tät sagen, schauen wir kurz weiter. Auf jeden Fall sagst du, es ist egal, ob es der vordere oder der hintere ist.
- 112 **IP02:** Ja, ich glaub es ist egal.
- 113 **I:** Ok. Hier vielleicht: die rechten Bilder vergiss noch kurz, ja. Beim D.0.1, da haben wir gar keinen Widerstand dabei, einfach zwei Lämpchen. Wie verhalten sich denn Helligkeiten, sind die jetzt gleich hell oder unterschiedlich hell?
- 114 **IP02:** Gleich hell.
- 115 **I:** Gleich hell?
- 116 **IP02:** Ja.
- 117 **I:** Was passiert denn, wenn man da ein drittes Lämpchen einfach noch dazu hängt, das siehst du hier beim rechten Bild. Verändern sich die dann, glaubst du, wird da irgendwas, eins von beiden kleiner oder größer?
- 118 **IP02:** Nein, ich glaub, die sind alle gleich hell. Weil ja eigentlich durch jedes gleich viel Strom durchfließt, oder so.
- 119 **I:** Ok. Das heißt, du hast hier die Batterie und zwei Lämpchen, die leuchten halt so, dass du – keine Ahnung – das von so und so viel Meter weit siehst, eine bestimmte Helligkeit halt, und wenn du dann drei nimmst, dann leuchten alle drei einzeln genauso hell, also die bleiben genau gleich, L1 und L2, und L leuchtet dann genauso stark wie die anderen zwei.
- 120 **IP02:** Ja, glaub ich schon.
- 121 **I:** Ok. Wie ist das in dem Fall? Glaubst du, leuchten die zwei beim D.0.2 hier auch gleich hell?
- 122 **IP02:** (Nein,,,)

- 123 **I:** Du siehst, die Schaltung sieht anders aus, da haben wir hier so eine Verzweigung
- 124 **IP02:** Nein, ich glaub, die leuchten dann nicht gleich – naja, vielleicht schon gleich stark, aber dann ist es irgendwie so, dass da, dass sich der Strom jetzt teilt oder so, oder die Schnelligkeit, mit der er durchschließt, oder so, dass er sich da teilt und... die Hälfte daher geht und die andere da hin.
- 125 **I:** Mhm.
- 126 **IP02:** Dann wären sie auch gleich stark, hell.
- 127 **I:** Also denkst du mal - einfach mal nur das eine: Denkst du, die sind gleich stark oder nicht?
- 128 **IP02:** Ja.
- 129 **I:** Ok, und du meinst, da könnte hier, an der Abzweigung, könnte sich der aufteilen?
- 130 **IP02:** Ja. Das wär irgendwie logisch, (aber...).
- 131 **I:** Ja. Dann denken wir das mal weiter. Jetzt hängen wir einfach da noch eins dran, genauso wie oben, halt jetzt auch genauso drangehängt, ja, eben so parallel dran.
- 132 **IP02:** Dann würde das am stärksten leuchten, das ein bisschen weniger und das da noch weniger stark.
- 133 **I:** Das heißt, vorher haben die beiden gleich geleuchtet
- 134 **IP02:** Ja.
- 135 **I:** und jetzt leuchten alle drei unterschiedlich
- 136 **IP02:** Ja.
- 137 **I:** Das heißt, dadurch, dass man da das drangehängt hat – du hast gesagt, dass das erste, das kommt am stärksten, dann weniger stark und weniger stark.
- 138 **IP02:** Ja.
- 139 **I:** Ok. Was denkst du dir, wie macht der Strom das? Der zweigt hier dann ab...
- 140 **IP02:** Ja, also so wie da, dass er abzweigt...
- 141 **I:** Und zweigt dann mehr ab, oder wie passiert da?
- 142 **IP02:** Ja, dann muss er da wieder abzweigen und da wieder und deshalb ist das schwächer und das am schwächsten.
- 143 **I:** Stellen wir uns das kurz mit Zahlen vor, sagen wir, du hast ein Ampere, oder so, ja. Ampere ist ja die Stromstärke. Oder sagen wir der Einfachheit halber einfach mal 10.
- 144 **IP02:** Ok. (lächelt)
- 145 **I:** Das ist ja zwar ein bisschen viel, aber ist ja egal. Zehn Ampere haben wir da vor der ersten Abzweigung. Wie sieht das dann hier aus?
- 146 **IP02:** Da.... fünf? (Pause) und dann da drei und zwei, so irgendwie in der Art.
- 147 **I:** Teilt sich das dann so auf die Hälfte auf, oder so?
- 148 **IP02:** Ja, es halbiert sich immer, würde ich sagen.
- 149 **I:** Ok, das heißt, wir hätten dann jeweils 5 und dann aus den 5 werden dann jeweils 2,5, na?
- 150 **IP02:** Ja, sowas.
- 151 **I:** So in der Richtung. Ok. So, wir sind eh schon da bei der letzten Seite, ich will dich nicht zu lang aufhalten. Jetzt haben wir, vorher haben wir das mit Lämpchen gehabt, jetzt setzen wir da einfach nur Widerstände rein, und kümmern und jetzt nur um die Stromstärke.
- 152 **IP02:** Ok.... ahm
- 153 **I:** Was denkst du, passiert hier? Wir haben hier bei dem Schaltkreis einen Widerstand mit 10 Ohm und einen vier mal so großen Widerstand mit 40 Ohm, ja, der R2. Jetzt in dem Moment, was denkst du, wie sind hier die Stromstärken aufgeteilt?
- 154 **IP02:** Ahm ... (Pause) Auch wenn's so durchfließt?
- 155 **I:** Der Strom fließt auf jeden Fall, ja.
- 156 **IP02:** Ja. Dann ist beim ersten, also hier geht der Strom stärker durch und wenn's da vorbeigeht, dann weniger.
- 157 **I:** Ok, das heißt I1 stärker als I2.
- 158 **IP02:** Ja.
- 159 **I:** Und ist das dann wieder so, dass die zusammen dann den Gesamtstrom ergeben?
- 160 **IP02:** Ja.
- 161 **I:** Dass sich also der Gesamtstrom praktisch aufteilt auf die zwei?
- 162 **IP02:** Ja,
- 163 **I:** Nur bei I1 fließt halt mehr und da weniger.
- 164 **IP02:** Mhm.
- 165 **I:** Ok. Was passiert jetzt in dem Fall, wenn wir aus dem R2 mit 40 Ohm einen R2 mit 50 Ohm machen? Verändert das alles oder nur einen Ast, oder
- 166 **IP02:** Nur den einen, dass da ... mehr Widerstand, ja, weniger, noch weniger als da durchfließt.
- 167 **I:** Ok. das heißt, wie ist das mit I1 – wird der kleiner, gleich oder größer?
- 168 **IP02:** Kleiner. ... oder das (...)
- 169 **I:** Na jetzt hast du gerade gesagt, also ich wollte es nur noch einmal wiederholen. Du hast zuerst gesagt hier wird weniger durchfließen bei I2 und der Rest bleibt gleich, hast du glaub ich gesagt, mal so salopp.
- 170 **IP02:** Ja
- 171 **I:** Jetzt wollte ich nur mal wissen, bleibt der I1 jetzt gleich groß?
- 172 **IP02:** Der bleibt gleich groß.
- 173 **I:** Ok, der wird kleiner?
- 174 **IP02:** Kleiner.
- 175 **I:** Und der Gesamtstrom?
- 176 **IP02:** Na .. auch ein bisschen kleiner.
- 177 **I:** Ok, ja. Das heißt wieder, dass er sich aufteilt.
- 178 **IP02:** Ja.
- 179 **I:** Glaubst du, weiß der Strom das, der kommt da an die Abzweigung, weiß der jetzt einfach, wie er sich aufteilen soll?
- 180 **IP02:** Nein, das fließt einfach, wo's halt geht, oder? Also wenn da jetzt frei ist, dann wird der da lang fließt, so in der Art halt.
- 181 **I:** Ok. Das fließt halt so die ganze Zeit.
- 182 **IP02:** Ja.
- 183 **I:** Ok, sehr gut. Das letzte Bsp., ja, (..) Das schaut ein bisschen komplizierter aus, schauen wir mal: Es ist hier eine Abzweigung, bei D1. Da hat man hier sozusagen den Strom I3 genannt, da geht's zu dem einen Lämpchen, und auf der anderen Seite, da ist, bevor man zu den anderen da kommt, noch einmal eine Abzweigung. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 Ampere. Das wissen wir einfach, weil wir hier messen, also hier, ja. Was glaubst du, wie groß sind die Stromstärken da. .. Wie würdest du die aufteilen, also nach Gefühl, oder, was könnte man sich überlegen?
- 184 **IP02:** Hmm...
- 185 **I:** Das wäre ja gut zu wissen, na, wenn man da 3 Lämpchen hat...

186 **IP02:** Ja..(lächelt) Ich glaub, sie sind wieder unterschiedlich.
 187 **I:** Unterschiedlich, ok.
 188 **IP02:** Weils wieder da teilt er sich, dann wird da wieder am meisten sein...
 189 **I:** Mhm.
 190 **IP02:** Weil und da halt wird er sich halt wieder...
 191 **I:** Also hier halbiert er sich?
 192 **IP02:** Ja.
 193 **I:** Oder anders?... Ok, halbiert. Das heißt wir haben das sozusagen 0,6 und 0,6 Ampere.
 194 **IP02:** Ja. Und da dann 0,3 und 0,3.
 195 **I:** Ok. Leuchten die dann gleich stark?
 196 **IP02:** Ja.
 197 **I:** Ok. Das heißt die zwei hier leuchten gleich stark, aber nicht so hell wie die hier.
 198 **IP02:** Wie das, ja.
 199 **I:** Das hast du ja gesagt, umso mehr Stromstärke, umso heller leuchtet das.
 200 **IP02:** Ja.
 201 **I:** Ok. Gut, ahm, hast du ich da jetzt irgendwo um entschieden, dadurch, wie ich gefragt hab?
 202 **IP02:** Ahm..
 203 **I:** Also sozusagen, wenn du das jetzt durchgenommen hast und etwas durch überlegt, und zum Beispiel wieder da zurückgehst zu ersten, wo haben wir das, ist weg...das hab ich jetzt irgendwo versteckt... - Da ist es. Ja, wennst hier wieder zurück gehst, stellst du dir das

noch genauso vor, oder hast du dir inzwischen schon so viel überlegt, dass du das noch einmal anders denken würdest?
 204 **IP02:** (Pause) Ahm .. Es ist schon ein bissi anders... also, Naja, vorher hab ich gesagt, dass wenn der Widerstand größer wird, das dann mehr Stromstärke ist, oder, aber jetzt weiß ich, dass es nicht so ist.
 205 **I:** Ja genau, das haben wir dann so festgelegt, stimmt.
 206 **IP02:** Aber sonst...
 207 **I:** Ja gut. Danke dir. Waren die Aufgaben verwirrend, findest du?
 208 **IP02:** Ein bissi schon (lächelt)
 209 **I:** Habt ihr das schon in Physik schon einmal durchgenommen, was der Widerstand macht und so weiter?
 210 **IP02:** Ja, also wir haben mit Serienschaltung, Parallelschaltung, das mussten wir selber mal so zusammensetzen...
 211 **I:** Und schauen, was passiert.
 212 **IP02:** Ja. Aber so wirklich besprochen, wies mehr wird und weniger und so, das haben wir nicht gemacht,
 213 **I:** Ok, gut. Interessiert's dich, wie die wirklich leuchten?
 214 **IP02:** Ja.
 215 **I:** Wenn du magst, erzähl ich's dir, ich will dich nur nicht aufhalten, auf jeden Fall.
 216 **IP02:** Mich würd's schon interessieren.
 (29:30 – weitere Erklärung bis 34:11)

Interview 03

001 **I:** Am Anfang würd ich dich gerne fragen, kennst du dieses Schaltbild hier?
 002 **IP03:** Ja.
 003 **I:** Kennst du dich aus, was da was darstellen soll?
 004 **IP03:** Ja..
 005 **I:** Beschreib vielleicht mal kurz, was siehst du da alles?
 006 **IP03:** Das ist die Glühbirne, das ist die Scha, ah, die .. Schal-tung(?)
 007 **I:** JA, das hier – also es steht eh auch hier, damit das dann klar ist, ja. Das ist die Batterie, Spannungsquelle, ja. Was ist das hier, kennst du das Symbol?
 008 **IP03:** Ja ... kenn ich schon, ja, hatten wir beim Physiktest, ah..
 009 **I:** Ihr habt ja schon Gleichstrom und ein paar Sachen so durchgenommen, oder? Das ist ein Widerstand und das hier ist ein Schalter. Schalter. Wenn das so ist, dann ist da nichts verbunden und wenn man den zu macht, dann ist hier verbunden.
 010 **IP03:** Ja. Dann fließt Strom.
 011 **I:** Ja. Was denkst du ist jetzt?
 012 **IP03:** Da fließt kein Strom.
 013 **I:** Da fließt kein Strom, ok. Und wenn du jetzt den Schalter umlegst,
 014 **IP03:** Dann fließt Strom.
 015 **I:** Passiert das dann sofort?
 016 **IP03:** (Na man muss zuerst einschalten?)
 017 **I:** Wenn mans jetzt einschaltet – genau in dem Moment, was passiert da? Was stellst du dir da vor? Wo geht, wo ist überall Strom, leuchtet das Lämpchen, oder nicht?

018 **IP03:** Ich glaub nicht, dass es leuchtet.
 019 **I:** Es leuchtet nicht. (..)
 020 **IP03:** Gleichzeitig, oder wie?
 021 **I:** Du schaltest ein und dann bleibts so.
 022 **IP03:** Aso, na dann leuchtet's ..
 023 **I:** Leuchtet das dann gleich, oder mit Verzögerung, was denkst du dir?
 024 **IP03:** Hm, ein bisschen mit Verzögerung, also nicht gleich, aber
 025 **I:** Überleg mal kurz, auf dem Stromkreis hier. In dem Moment, in dem man schließt, also wirklich zeitlupe-nmäßig. Es geht ja darum, was man sich vorstellt, deshalb frag ich dich so ins Detail hinein, ja. Wo fließt dann Strom – fangt der irgendwo an, oder fließt der überall gleichzeitig? ...
 026 **IP03:** Bei, bei der Batterie
 027 **I:** Ja, und...
 028 **IP03:** Da fließt er in die beiden Richtungen, Richtung Glühbirne.
 029 **I:** Also von Plus und von Minus fließt der zur Glühbirne?
 030 **IP03:** Ja.
 031 **I:** Und, sobald er angekommen ist leuchtet's, oder vorher schon, oder wie ist das, (alles gleichzeitig?
 032 **IP03:** (Das?) fließt gleichzeitig ..
 033 **I:** Ok. Gut, ja, das wars eigentlich eh, was ich dazu fragen wollte. Vielleicht grundsätzlich: Ein Widerstand, was macht der? Weißt du das? Du hast einen Widerstand grundsätzlich, wenn du einen Widerstand einbaust in eine Schaltung, verändert sich dann etwas, oder was hat das dann für eine Auswirkung?
 034 **IP03:** Ja da verändert sich irgendetwas, aber ()

- 035 **I:** Ja schauen wir uns das hier einmal an, ja. Das sind so ein paar Testfragen, die man dann später auch verwenden kann und da geht es eben darum, jetzt zu schauen, was könnte man antworten. Und das machen wir jetzt zusammen, ja. Bei C1 ist es so: Bei einem Stromkreis mit einer Glühbirne - das ist das linke Bild, darum geht's - und den Widerständen R1 ist 10 Ohm und R2 ist 10 Ohm, also zwei Widerstände. beträgt die Stromstärke 0,4 Ampere. Man misst also praktisch beim Lämpchen hier, bei der Glühlampe misst man halt eine bestimmte Stromstärke. Jetzt ist die Überlegung, was passiert, wenn man diesen Widerstand, den R1, durch einen 20 Ohm Widerstand verändert, also einen größeren Widerstand(?)
- 036 **IP03:** Dann ist halt ...
- 037 **I:** Also grundsätzlich: ändert sich dann etwas, ändert sich dann die Stromstärke?
- 038 **IP03:** Ja. ...
- 039 **I:** Ok. Wird die dann größer oder kleiner?
- 040 **IP03:** Ich glaub, größer.
- 041 **I:** Ahm, warum wird sie größer? Was denkst du?
- 042 **IP03:** (Pause)
- 043 **I:** Also, bedeutet ein größerer Widerstand mehr Stromstärke grundsätzlich?
- 044 **IP03:** Nein, nein, dann wird er weniger.
- 045 **I:** Dann wird er weniger?
- 046 **IP03:** Ja.
- 047 **I:** Ok, gut. Habt ihr das schon mal durchgemacht in Physik? Den Widerstand größer gemacht ...
- 048 **IP03:** Ja.
- 049 **I:** Das stimmt. Grundsätzlich ja, umso größer der Widerstand, umso kleiner der Strom, darauf können wir uns jetzt sowieso einigen. Die Frage ist, wird das durch das Lämpchen, fließt da auch weniger Strom, oder ist der, also an welchen Stellen ändert sich der Strom, ändert er sich überall?
- 050 **IP03:** Überall.
- 051 **I:** Was denkst du?
- 052 **IP03:** Überall.
- 053 **I:** Ok, also überall wird er kleiner. Gut. Du hast gesagt, der Strom geht von beiden Polen Richtung Lampe.
- 054 **IP03:** Ja.
- 055 **I:** Also da weg von der Batterie, von beiden Seiten. Also hier an dieser Stelle, nach den zwei Widerständen, nach R1, ist der dann gleich groß wie nach R2?
- 056 **IP03:** Nein, bei R1 ist er dann glaub ich niedriger also vor R2.
- 057 **I:** Ok. Ich hab jetzt nur nachgefragt, weil du gesagt hast, überall gleich groß. Ob du da jetzt verstehst, dass es insgesamt irgendwie gleichgroß ist, oder ob's irgendwo Unterschiede gibt.
- 058 **IP03:** Na, ich glaub, bei R1 ist niedriger Strom, also ist er niedriger als bei R2.
- 059 **I:** Ok. Und, wenn man jetzt hier am Lämpchen misst, misst man dann den Strom, der hier kommt, oder der hier kommt?
- 060 **IP03:** Nein, der bei der Glühbirne, (...?) ist, also, ja, eigentlich eh von beiden Seiten.
- 061 **I:** Ok, also, du misst quasi nur den gesamten.
- 062 **IP03:** Ja. der da so herkommt.
- 063 **I:** Ok. Das heißt, du hast gesagt, nach R1 ist der Strom dann etwas kleiner, oder wie auch immer er sich verändert. Und nach R2, ist er dann gleich groß wie vorher?
- 064 **IP03:** Ja.
- 065 **I:** Ok. Schauen wir uns C2 an. Ziemlich ähnlich, ja., Der einzige Unterschied ist, dass wir jetzt R2 verändern, ok?
- 066 **IP03:** Ja.
- 067 **I:** Also jetzt wieder die Frage, ändert sich etwas am Strom, ändert sich die Stromstärke durch die Glühbirne?
- 068 **IP03:** Ich glaub scho-, ja.
- 069 **I:** Auch, ok. Und wie sieht jetzt die Stromstärke aus?
- 070 **IP03:** ... Die .. hier ist sie niedriger als wie bei R, also bei R2. Also nach R2 ist sie niedriger als bei R1.
- 071 **I:** Und davor?
- 072 **IP03:** Ist sie gleich.
- 073 **I:** Ist sie gleich wie vorher.
- 074 **IP03:** Ja.
- 075 **I:** Ok. Das heißt sozusagen, direkt nach dem Widerstand wird sie dann kleiner. Ahm. Grundsätzlich auch hier: Ist die Stromstärke vorm Widerstand größer als nach dem Widerstand?
- 076 **IP03:** Ja(?)
- 077 **I:** Ok.
- 078 **IP03:** Nein- ... Ja, oja.
- 079 **I:** Mhm. Ok, gut. Schauen wir mal zum nächsten [C4]: Ist jetzt auch keine riesige Schaltung. Wir haben jetzt zwei Lampen, L1 und L2, und einen Widerstand dazwischen. Ja, und hier ist die Batterie, Lampe 1, Widerstand, Lampe 2, oder umgekehrt. Jetzt frage ich dich, wie ändert sich die HELBIGKEIT der beiden Lampen L1 und L2, wenn der Widerstand vergrößert wird? Vielleicht fangen wir vorher noch an, leuchten die zwei Lampen gleich hell?
- 080 **IP03:** Ja
- 081 **I:** Bevor wir was verändern.
- 082 **IP03:** Ja.
- 083 **I:** Warum leuchten die gleich hell?
- 084 **IP03:** Weil ... weil die von beiden Seiten, also von da kommt's gleich und von da .. das ist genau in der Mitte, und das(), also.
- 085 **I:** Ok. Da ist ja kein Widerstand.
- 086 **IP03:** Ja.
- 087 **I:** Ahm, und wenn wir jetzt den hier verändern, größer machen in dem Fall, was passiert dann, verändert sich dann etwas?
- 088 **IP03:** Dann wird's, dann wird die Helligkeit weniger, also, wird's dunkler.
- 089 **I:** Ok. Weils so () wie vorher. Weil der gesamte Widerstand da größer geworden ist? Leuchten die jetzt gleich hell immer noch, oder nicht?
- 090 **IP03:** Ja.
- 091 **I:** Ok. Das heißt, sozusagen, du sagst sozusagen, der Widerstand in der Schaltung wird größer, dadurch wird die Stromstärke insgesamt kleiner?
- 092 **IP03:** Ja.
- 093 **I:** Ok. Na sehr gut. Wenn ich irgendetwas unklar stelle, dann sags nur, ja. Ok. Und zwar jetzt sind wir bei C8. Jetzt haben wir zwei Widerstände und dazwischen ein Lämpchen, ja.
- 094 **IP03:** Ja.
- 095 **I:** Vorher wars ja umgekehrt. Ok, also hier haben wir oben die Batterie halt. Und wir haben R1 und R2 und

- dazwischen die Glühlampe. Wie sieht jetzt – wenn sich R1, wir machen jetzt mal Punkt a), ja, wenn wir R1 verändern, also kleiner machen, ändert sich dann etwas und wenn ja, wie? Also die Helligkeit der Lampe, leuchtet die dann nachher heller, gleich stark, oder.
- 096 **IP03:** Weniger.
- 097 **I:** Sie wird weniger, wenn wir den R1 verkleinern?
- 098 **IP03:** Aso nein. Nein, also größer.
- 099 **I:** Ok, also wenn wir R1 verkleinern, leuchtet sie heller.
- 100 **IP03:** Heller, ja.
- 101 **I:** Ok. Und wenn wir ihn größer machen?
- 102 **IP03:** Dann leuchtet sie weniger.
- 103 **I:** Ok. Woran liegt das? Wenn du dir jetzt überlegst, wieder, wo stellst du dir den Strom vor? Also ist der dann irgendwo gleich groß, die Stromstärke, also wenn ich kurz nach dem Minuspol messe, wenn ich zwischen R1 und Lämpchen messe, wenn ich zwischen Lämpchen und R2 messe oder wenn ich am Pluspol, hier irgendwo messe? Hat das was mit der Helligkeit zu tun?
- 104 **IP03:** (Nein?)
- 105 **I:** Also Stromstärke und Helligkeit ist was verschiedenes?
- 106 **IP03:** Ja.
- 107 **I:** Ok. Warum, was macht denn der Widerstand, wenn der verändert wird, verändert er ja die Helligkeit auch, hast du ja gesagt.
- 108 **IP03:** Ja.
- 109 **I:** Ist das dann genauso wie bei der Stromstärke, oder nicht?
- 110 **IP03:** Hmm, ich glaub nicht, aber (Pause)
- 111 **I:** Schauen wir vielleicht ganz kurz die Stromstärke an . ist die hier gleich geblieben, also nach dem Minuspol der Batterie?
- 112 **IP03:** Ja.
- 113 **I:** Nach dem Pluspol der Batterie?
- 114 **IP03:** Ja. Ist sie auch gleich geblieben.
- 115 **I:** Zwischen dem R1 und dem Lämpchen, ist die Stromstärke da größer oder kleiner, also wir bleiben jetzt einfach bei Punkt a), wir haben ihn verkleinert.
- 116 **IP03:** Dann ist sie .. größer.
- 117 **I:** Ein kleinerer Widerstand, dann ist sie hier größer, ok. Und zwischen Lämpchen und R2, dort ist die
- 118 **IP03:** Gleich.
- 119 **I:** gleich, ok. Gut. Und insgesamt leuchtet das Lämpchen auch heller?
- 120 **IP03:** (nickt)
- 121 **I:** Ok. Jetzt das gleiche nochmal, nur dass wir jetzt R2 verändern. Gibt's dann einen Unterschied zu vorher?
- 122 **IP03:** Ja, da ist jetzt der Widerstand, also (Pause) der ist jetzt so zwischen der Lampe und R2 ist der Widerstand größer. Ah, nicht der Widerstand, sondern die Stromstärke.
- 123 **I:** Ok, wir habens verkleinert, ja, -
- 124 **IP03:** ja-
- 125 **I:** dann ist zwischen R2 und Lampe der Strom größer.
- 126 **IP03:** Ja.
- 127 **I:** Ok, und die Lampe, -ist vielleicht - leuchtet die auch wieder heller – heller - wie oben () Ok. Das heißt seitenverkehrt –
- 128 **IP03:** ja-
- 129 **I:** ,dass es sich hier ändert und bei den anderen, sagst du das gleiche wie oben?
- 130 **IP03:** Ja.
- 131 **I:** Ok, gut. In dem Moment, wo man das hier verändert, man hat ja sozusagen hier den Widerstand, da fließt der Strom, wenn man den sozusagen mit einem Knöpfchen vergrößert, oder mit einem Schieberegler, da gibt's solche Widerstände, dass man den wirklich so hochschrauben kann oder kleiner machen kann. Kommt dann das beim Lämpchen mit Verzögerung an, oder geht das
- 132 **IP03:** Ich glaub schon.
- 133 **I:** sofort?
- 134 **IP03:** Nein, mit Verzögerung.
- 135 **I:** Ok, das heißt, der Strom, der geht vorbei zum Lämpchen.
- 136 **IP03:** Ja.
- 137 **I:** und wenn man was ändert, muss der vom (Widerstand, der weniger großer Strom) zum Lämpchen gehn?
- 138 **IP03:** Ja.
- 139 **I:** Ok, gut. Beim D.0.1 möchte ich dich nur kurz fragen, wie ist das mit diesen zwei Lampen, da ist kein Widerstand und nichts, ja.
- 140 **IP03:** Ja.
- 141 **I:** Die sind da hintereinander, L1 und L2. Leuchten die gleich hell?
- 142 **IP03:** Ja ..
- 143 **I:** Ok. Das heißt, es ist .. sozusagen – warum leuchten die gleich hell?
- 144 **IP03:** ... Weil nichts dazwischen ist, also
- 145 **I:** Wie kommt dann das L1 vom Pluspol ihren Strom und L2 vom Minuspol ihren Strom, oder?
- 146 **IP03:** Ja, das geht im Krei – also im Uhrzeigersinn. Vom Pluspol geht's zu L1, dann geht's weiter zu L2, dann geht's zum Minuspol.
- 147 **I:** Mhm.
- 148 **IP03:** Da immer so weiter.
- 149 **I:** Ok. Du hast nur vorher gemeint, dass der Strom vom Plus und Minuspol so zum Lämpchen geht.
- 150 **IP03:** Ja, aber es gehört doch so. Also im, im Uhrzeigersinn, nicht von beiden Seiten.
- 151 **I:** Ok, das heißt bei den anderen –
- 152 **IP03:** ja-
- 153 **I:** bei den anderen würdest du dich dann auch –
- 154 **IP03:** ja-
- 155 **I:** Ok, gut. Und sie leuchten aber beide gleich stark?
- 156 **IP03:** Mhm?
- 157 **I:** Ok. Wie ist das hier, bei diesem, ah nein, Blödsinn.. Ich wollte hier noch fragen, was passiert, wenn man hier noch ein Lämpchen dazu haut, also das I.
- 158 **IP03:** Das wird's dunkler, also es ist nicht mehr so hell.
- 159 **I:** Insgesamt, oder?
- 160 **IP03:** Alle drei Lampen.
- 161 **I:** Alle drei Lampen. Ist nicht mehr so hell, aber alle drei leuchten gleich stark. Ok. Das gleiche Spiel eben hier, jetzt haben wir nur eine andere Schaltung, ja. Wir haben also hier diese Abzweigungen, wir hängen hier eine Lampe dran und dann hinten drauf auch noch eine. Leuchten die verschieden stark?
- 162 **IP03:** Ja. Ich glaub, dass

- 163 I: Welche leuchtet dann heller?
- 164 IP03: Die rechte leuchtet dann heller, glaub ich.
- 165 I: Die rechte, äußere, die leuchtet dann heller?
- 166 IP03: Ja, die äußere.
- 167 I: Ok, warum? Was denkst du?
- 168 IP03: .. Nein, nein, nein, die innere. Die innere, weil es geht so .. eigentlich gleich stark ... also es geht so, und so. Ist gleich stark.
- 169 I: Du glaubst, gleich stark.
- 170 IP03: Ja.
- 171 I: Ok. Das heißt, es geht hier im Kreis von Plus nach Minus durch die eine und, es geht auch Strom von Plus nach Minus durch die andere Lampe.
- 172 IP03: Ja.
- 173 I: Ok. Wie ist das bei D.0.2, wenn wir jetzt einfach noch eine dran hängen?
- 174 IP03: Dann ist es genauso wie bei D.0.1.)
- 175 I: Ja.(
- 176 IP03: Dann geht das, dunkler, dann leuchtet das nicht mehr so stark wie hier, aber alle frei leuchten trotzdem gleich, gleich stark.
- 177 I: Ok. Also dann ganz schnell noch, die zwei hier anschauen, dann würd ich ganz gern noch mit dir noch einmal mit dir zurückgehen, dass wir noch einmal überlegen, weil du zuerst gesagt hast, dass es so geht und du jetzt sagst, es geht im Kreis, von Plus nach Minus.
- 178 IP03: Ja.
- 179 I: Ok. Hier haben wir eine Schaltskizze. Statt diesen Glühbirnen nehm ich jetzt einfach mal zwei Widerstände.
- 180 IP03: Ja.
- 181 I: Die sind verschieden groß, also der eine ist 10 Ohm, der andere ist 40 Ohm. Und wir haben hier einen Stromkreis. Das heißt wir sehen nicht wie hell es ist, aber wir können die Stromstärke messen.
- 182 IP03: Ja.
- 183 I: Grundsätzlich, wenn du die Schaltung bei D2 siehst: Hier haben wir einen Gesamtstrom eingezeichnet, irgendwo da am Anfang. I1, das ist der Strom, die Stromstärke, die wir da auf dem Ast messen und da I2. Sind die verschieden groß, glaubst du?
- 184 IP03: Ja ... ja, glaub ich schon.
- 185 I: Ok. Wie würdest du das einschätzen – welche ist am größten, welche ist am kleinsten, oder wie verhalten die sich?
- 186 IP03: I2 ist größer als , ah, I1 mein ich.
- 187 I: I1 meinst du, ja.
- 188 IP03:
- 189 I:
- 190 IP03: ist größer als I2.
- 191 I: Viel größer, oder?
- 192 IP03: Nicht viel.
- 193 I: Ok. Also I1 ist größer, weil da ein kleinerer Widerstand ist, meinst du?
- 194 IP03: (Nicken?)
- 195 I: Ok. wie ist das mit I-Gesamt? Wie ist er hier? Ist der Strom hier größer als bei I1 oder bei I2?
- 196 IP03: Ja. .. Nein, nein! Bei – Der gesamte Strom ist größer als R2 - I2. Aber kleiner als I1. Also I1 ist am größten, dann I-Gesamt und als (letztes?) I2.
- 197 I:
- 198 IP03:
- 199 I: Ok, I1 ist am größten, dann der Gesamtstrom, und dann I2.
- 200 IP03: Ja.
- 201 I: Ok. Wenn wir jetzt bei I2, also bei R2, R2 verändern von 40 auf 50 Ohm, ändert sich dann was?
- 202 IP03: (Pause) Ich glaub nicht (so?).
- 203 I: Fangen wir mal an mit I2, bleibt der gleich oder verändert sich der?
- 204 IP03: Der verändert sich.
- 205 I: Ok.
- 206 IP03: Es verändert sich was, aber ich weiß nicht genau was.
- 207 I: Gut. Ist kein Problem. Ist noch immer das gleich, dass du hast gesagt, I1 ist am größten, dann kommt I gesamt und dann I2.
- 208 IP03: Ja.
- 209 I: Ok. Gut, ich schau nur, ob ich noch irgendetwas fragen wollte. Grundsätzlich, wenn man hier etwas verändert bei I2, glaubst du, ändert sich was bei I1?
- 210 IP03: Mm. (zustimmend)
- 211 I: Also die zwei sind unabhängig voneinander?
- 212 IP03: Ja.
- 213 I: Ok. Gut. Jetzt zum Letzten noch.[D1] Da wissen wir, der Strom ist 1,2 Ampere außen, also wir habens hier davor, ja.
- 214 IP03: Ja.
- 215 I: Und das sind jetzt 3 Lämpchen, die sind gleich groß, dass war ja vorher auch schon so. Jetzt ist hier eine Abzweigung und dann noch eine zweite.
- 216 IP03: Ja.
- 217 I: Was denkst du, wie leuchten die Lämpchen?
- 218 IP03: Ich denk, (Pause)
- 219 I: Man kann wirklich versuchen, dann die Stromstärken sich hier an zu schauen, ja, wie man halt glaubt, wie groß sie sind, wenn man schon einen Anhaltspunkt hat mit 1,2 Ampere und man kann sich auch noch vielleicht die Helligkeit überlegen. Hast du eine Idee, wies sein könnte, ich mein es ist ein bisschen kompliziert, ist klar, dass muss man nicht sofort sehen. Aber hast du eine Vermutung?
- 220 IP03: Ja, dass I1 am stärksten leuchtet, dann 2, also nach der Reihenfolge, I1 ist am stärksten, dann I2 und i3 ist am schwächsten.
- 221 I: Strom, oder die Helligkeit?
- 222 IP03: Die Helligkeit.
- 223 I: Ok, und die Ströme? Die Stromstärken in den Zweigen, wenn man da irgendwo eine Amperemeter ranhängt, ein Messgerät, hier und hier.
- 224 IP03: Dann bleibt's gleich.
- 225 I: Das heißt die Stromstärken bleiben gleich.
- 226 IP03: Ja.
- 227 I: Und die Helligkeit ist so dass
- 228 IP03: .. Oder nein, hier wird's, hier wird's ähm am stärksten, so wie bei der Helligkeit. I1 ist am stärksten, I2 in der Mitte und i3 ist am schwächsten.
- 229 I: Ok, gut. Denkst du, wenn man hier jetzt den Strom . Du hast gesagt, der Strom fließt eigentlich von Plus nach Minus.
- 230 IP03: Ja.
- 231 I: Wir haben ja jetzt 1,2 Ampere.

- 232 **IP03:** Mhm.
- 233 **I:** Jetzt kommt () überlegt sich hier jetzt der Strom: naja, ich teil mich hier irgendwie auf? Was denkst du, wie würd sich der hier aufteilen? Der fließt in beide Richtungen, also so. Also an der ersten Abzweigung so und so. JA genau, und dann treffen sie sich hier wieder und dann fließen sie zum Minuspol.
- 234 **I:** Geht das halb halb oder geht das, oder hängt das davon ab, was dahinter ist?
- 235 **IP03:** Na, ich glaub die Hälfte, also.
- 236 **I:** Das heißt wir hätten dann hier sozusagen so 0,6 Amper, 0,6 Ampere.
- 237 **IP03:** Ja.
- 238 **I:** Ok. Dann kommt er da her und was passiert dann?
- 239 **IP03:** Dann trennt er sich wieder.
- 240 **I:** Mhm. Also ist das am stärksten, die Helligkeit. Von dem her hast du recht, genau, also wenn da Die Helligkeit bei dem L3 ist am stärksten und dann ist das hier 0,3 Ampere, weil sich das wieder trennt hier und dann kommt das wieder zusammen, ist wieder 0,6, dann trifft sich das wieder mit den anderen 0,6, dann ist es wieder 0,6 und fließt wieder zusammen. ok, gut. Vielleicht noch ganz kurz, schauen wir noch einmal ganz zurück, ja. Du hast zuerst gesagt, hier – ich hab vergessen, dass mitzuschreiben, aber wir können das schon nochmal überlegen. Noch ganz kurz, nochmal, ohne dass wir das genau durchdenken: Du hast zuerst gesagt, dass der Strom bei C1 von Plus und von Minus weggeht, am Widerstand vorbei und dann zum Lämpchen. Jetzt hast du dich um entschieden, du hast gesagt, der geht von Plus nach Minus.
- 241 **IP03:** Ja.
- 242 **I:** Warum hast du dich um entschieden? Wegen meinen Fragen, oder hast du?
- 243 **IP03:** Nein, das ist mir dann später eingefallen. Ich bin in Physik-
- 244 **I:** Hast du das schon mal so gelernt?
- 245 **IP03:** Ja.
- 246 **I:** Ok-
- 247 **IP03:** Ich bin in Physik grad nicht so gut, aber.
- 248 **I:** Das ist eh gut, das ist das Beste, was mir passieren kann.
- 249 **IP03:** Wie?
- 250 **I:** Na wenn du nicht das Buch auswendig kannst, ja, was da drin steht, wenn du einfach deine eigenen Vorstellungen hast und daraus dann eigene Schlussfolgerungen schließt. Ist wichtig, was die ganze Klasse denkt, ja.
- 251 **IP03:** Ok.
- 252 **I:** Na wenn wir uns erinnern, dass der eben von Plus nach Minus fließt, was passiert dann? Wir haben einen stärkeren R1. Ist die Stromstärke dann hier vorher gleich?
- 253 **IP03:** Wie, wo?
- 254 **I:** Naja, die Stromstärke, ist die beim, zwischen Pluspol und R1 gleich größer wie vorher, und nachher?
- 255 **IP03:** Ist weniger.
- 256 **I:** Weniger. Beim Lämpchen?
- 257 **IP03:** Bleibt sie gleich.
- 258 **I:** Da ist sie gleich groß?
- 259 **IP03:** Ja. wie vorher.
- 260 **I:** Also hier, vor dem Lämpchen ist sie weniger und dann im Lämpchen wieder gleich?
- 261 **IP03:** Na. Sie bleibt wie nach R1.
- 262 **I:** Aha, ok. Also kleiner als bevor wir den vertauscht haben,
- 263 **IP03:** Ja.
- 264 **I:** Ok. Und dann? (Dann?) Wird sie dann hier nochmal kleiner?
- 265 **IP03:** Nein, hier wird sie wieder größer, hier wird's wieder (am Anfang?), hier.
- 266 **I:** Ok, also zwischen R2 und Minuspol ist es gleich größer wie vorher zwischen Pluspol und R1.
- 267 **IP03:** Mhm.
- 268 **I:** Ok, gibt's einen Unterschied hier, zwischen den beiden Beispielen, zwischen C1 und C2, für das Lämpchen oder so?
- 269 **IP03:** Ja der Widerstand ist hier 20 Ohm und .. der R2 ist 20 Ohm und bei R1 ist 20 Ohm.
- 270 **I:** Ok. Ist das für das LÄMPCHEN relevant, sozusagen? Kümmert das das Lämpchen. dass einmal der Widerstand davor geändert wurde und einmal nachher?
- 271 **IP03:** Hier wird's weniger und bleibt weniger, erst nach dem zweiten Widerstand wird's wieder gleich wie am Anfang.
- 272 **I:** Wie bei C1, ja.
- 273 **IP03:** Und hier bleibt's am Anfang gleich und wird dann erst nach der Lampe und nach dem zweiten Widerstand Da wird's dann erst kleiner.
- 274 **IP03:** Ja, kleiner.
- 275 **I:** Ok. Und leuchten die beiden dann gleich hell? Wir haben ja insgesamt einen 10 und einen 20 Ohm
- 276 **IP03:** Das leuchtet heller und das leuchtet dunkler.
- 277 **I:** Also bei C2 leuchtet heller, weils so rumgeht.
- 278 **IP03:** Mhm.
- 279 **I:** und bei C1 (), ok. Gut, passt. Bei C4, ist da ein Unterschied? Da hast du gesagt, da ist er von beiden Seiten gekommen und da sitzt er in der Mitte. Macht das jetzt einen Unterschied, wenn der von Plus nach Minus rennt?
- 280 **IP03:** Na.
- 281 **I:** Ok. Gut, und da haben wir uns glaub ich eh schon, da hast du dich dann eh umentschieden bei C8 und C9, hast du dann überlegt, dass das doch anders sein könnte. Ok, super, danke. Ich wollte fragen, hast du dich durch mein Nachfragen irgendwo um entschieden, oder jetzt durch. Sozusagen, du hättest den Test vor dir gehabt, hättest den gemacht, da sind so Fragen, wir das größer, kleiner, gleich, und du kreuzt halt dann an. So ganz grobe Fragen.
- 282 **IP03:** Mhm.
- 283 **I:** Durchs diskutieren, hast du dich dann um entschieden?
- 284 **IP03:** Ja, ein paar Mal, aber nicht so ().
- 285 **I:** Und wär ich nicht da gewesen, hättest du das dann auch so gemacht, hättest du genug Zeit gehabt, um dir das durch zu überlegen?
- 286 **IP03:** (ich glaub?) nicht.
- 287 **I:** Nein?
- 288 **IP03:** mm.
- 289 **I:** Ok. Hat sich das so angehört, dass ich sag, das ist falsch?
- 290 **IP03:** Nein. Nein. Gar nicht.

- 291 **I:** Ok, gut. Na ich will das nur wissen, ob ich da, ich weiß ja, was wie abläuft, soweit die Physiker glauben zumindest, ja.
- 292 **IP03:** Ok.
- 293 **I:** Interessiert's dich noch, wie die richtigen Antworten wären, dann kann ichs dir zeigen.

- 294 **IP03:** Ja.
- 295 **I:** Oder wir lassens dabei.
- 296 **IP03:** ()gern.
- 297 **I:** Ok, pass auf,
(Erklärt ein paar Aufgaben)

Ausschnitt aus Interview 4

- 001 **I:** Ja, hier wars jetzt noch nicht ganz klar, wie das jetzt ausschaut, bei C1.
- 002 **IP04:** Ja also ich glaub, dass es so ist ja, dass die immer so rüber wandern, die äh Elektronen, bis dann wieder da mehr sind, dann geht's wieder zurück und ich glaub, dass deshalb, dass der Lämpchen dann schwächer wird, ja, aber erst, also-
- 003 **I:** Vielleicht zur Stromrichtung noch, also es geht zuerst von Minus nach Plus, wird dann immer schwächer, dann geht's zurück, von Plus nach Minus, und geht dann genauso schwächer der Reihe nach(?)
- 004 **IP04:** Ich glaub, dass er, bei, von Minus zu Plus bleibt er – nein – ist gleich stark .. aber wenn's, na, das ist ja ... Ich glaub, es wird einfach insgesamt schwächer.
- 005 **I:** Mhm. Also du bist dir jetzt nicht ganz sicher, wie das da abläuft?
- 006 **IP04:** Nein, eigentlich nicht.
- 007 **I:** Glaubst du eher, dass es sich im Kreis dreht, oder-
- 008 **IP04:** Nein, das geht ja gar nicht, weil da ja ein Abstand ist oder von beiden Seiten kommt Nein, von Minus zu Plus glaub ich.
- 009 **I:** Dieser Abstand, das stärker nur das Zeichen ja. Mhm. Also da hast du ein bestimmtes Gerät, das ist halt die Batterie. Ja. Und da geht das eine Kabel weg und das andere, was da drinnen passiert, ist nicht so wichtig. Das ist auf jeden Fall das Symbol für die Batterie, es ist nicht so, dass da zwei Platten sind, grundsätzlich.
- 010 **IP04:** Jaja, ok.
- 011 **I:** Also das kann man jetzt gar nicht sagen, ob das jetzt durchfließt oder nicht
- 012 **IP04:** Ja, bei dem, beim Minus ()Minuspole weil da ja dort mehr Elektronen sind als beim Plus. Mhm... Und deshalb geht's ja zum Plus, weil dort ja ein Elektronenmangel ist.
- 013 **I:** Ok, ja.
- 014 **I:** Haben wir mal so gelernt. Und ja, deshalb ist ja so die Stromrichtung, die wirkliche.

- 015 **I:** Mhm.
- 016 **IP04:** Wir haben irgendwie so, die technische Stromrichtung gibt's auch, die ist halt, keine Ahnung, die umgekehrte. Aber so ist's richtig, so ist die richtige.
- 017 **I:** Ok, ja. Einigen wir uns halt auf irgendetwas, was du halt als am wahrscheinlichsten siehst. Das sich das immer im Kreis dreht, oder, wiest es gemeint hast, das es von Minus nach Plus geht und dann wieder zurück pendelt .. Was denkst du ist eher, stimmt eher?
- 018 **IP04:** Hmm ... Ich glaub, dass das pendelt.
- 019 **I:** Ok. Gut, das pendelt. Wenn das jetzt so pendelt, was passiert dann, verändern sich dann andauernd die Stromstärken da an manchen Punkten, oder ist der überall gleich größer dann?
- 020 **IP04:** Na, also der verändert – ob's sich zu dem verändert, oder, oder wie meinst du das?
- 021 **I:** Ja, einerseits zu dem und andererseits grundsätzlich. Ist das da, wenn ich zwischen R2 und dem Lämpchen messe, bleibt das dann immer gleich größer, oder hängt das davon ab, in welche Richtung grad der Strom kommt.
- 022 **IP04:** Na das bleibt immer gleich groß, weil da ja immer was dazu gegeben wird, oder?
- 023 **I:** Mhm.
- 024 **IP04:** Ja, bleibt gleich groß, also ...
- 025 **I:** Ich sag dir ja nicht, was richtig ist, weil ich will ja hören, was du denkst, ja.
- 026 **IP04:** Also ob das jede Runde schwächer wird, ob das dann irgendwann, das wie ein Pendel ist, das irgendwann erlischt
- 027 **I:** Zum Beispiel ja.
- 028 **IP04:** Nein, das glaub ich nicht, nein, das stimmt auch nicht. Weil die Stromquelle liefert ja immer weiter den Strom. Also, es ist zwar schwächer, das Lämpchen, aber es bleibt immer bei, auf einer.. Also es brennt die ganze Zeit so lang, dass es halt an ist.

Interview 06

- 001 **I:** Was ich dich fragen wollte Kennst du die dieses Bild hier?
- 002 **IP06:** Mmm .. ja ..
- 003 **I:** Was ist denn das?
- 004 **IP06:** Ein Schaltkreis.
- 005 **I:** Ja. Schaltkreis oder Stromkreis (). Kennst du alle Symbole, oder sind die noch in Erinnerung?
- 006 **IP06:** Ja .. sollt ich kennen.
- 007 **I:** Sag mir mal, was gibts denn da alles?
- 008 **IP06:** Eine Gleichstromquelle, einen Schalter, .. zwei Widerstände und ein Lämpchen.
- 009 **I:** Genau. Du hast gesagt, Gleichstromquelle – gibt's da auch noch andere?

- 010 **IP06:** Ja, eine Wechselstromquelle.
- 011 **I:** Ganz genau, ja, das ist das Symbol für eine Batterie oder etwas Ähnliches. Was passiert jetzt, leuchtet das Lämpchen?
- 012 **IP06:** Nein.
- 013 **I:** Warum nicht?
- 014 **IP06:** Weil der Schalter nicht zu ist.
- 015 **I:** Ok, genau. Wenn der Schalter zu ist, was passiert denn dann?
- 016 **IP06:** Dann .. leuchtet das Lämpchen.
- 017 **I:** Passiert das sofort, glaubst du, oder
- 018 **IP06:** Ja, ziemlich sofort.

- 019 **I:** Ziemlich sofort, ok. Wie stellst denn dir das vor, wenn man da einschaltet
- 020 **IP06:** Ja
- 021 **I:** Man sagt ja dann, Strom fließt.
- 022 **IP06:** Ja.
- 023 **I:** Wo fließt der, in welche Richtung und Ahm,
- 024 **IP06:** vom Minus- zum Pluspol.
- 025 **I:** Ok, wo ist denn da Minus und Plus?
- 026 **IP06:** Der kurze ist der Minus.
- 027 **I:** Ah, ok. Ich hab das hier extra weggetan, weil ich nur wissen wollte, wenn man nur das Symbol hat, ob du das erkennst, ja, was was sein soll. Genau, das ist immer der Plus, das der Minus, bei den nächsten Sachen steht das eh immer dabei. Also du hast gesagt, der Strom fließt von ...
- 028 **IP06:** Minus zum Plus.
- 029 **I:** Von Minus zu Plus, warum das?
- 030 **IP06:** Ahm, weil die Elektronen fließen.
- 031 **I:** Ok. So, jetzt muss ich nur ganz kurz ... Wo ist dein Code, (...) (..), genau. Gut. Also, das heißt der fließt im Kreis, oder wie ist das? Hmm, Fließt der zum Lämpchen, oder was tut sich da?
- 032 **IP06:** Nein, er fließt vom Minus zu Pluspol. .. Ja .. (Seufzer) Ahm ...
- 033 **I:** Versuch einmal zu beschreiben, was du im Kopf hast.
- 034 **IP06:** Ja, beim Minus ist Elektronenüberfluß und beim Plus sind Elek-, .. sind weniger Elektronen, deswegen fließen sie von Minus zum Pluspol, um den Unterschied auszugleichen.
- 035 **I:** Mhm, ok. Und, ist da, man sagt ja Stromstärke, na, dafür, wie viele Elektronen fließen zum Beispiel, so in die Richtung ja, also wie stark der Strom ist. Ist die überall gleich groß?
- 036 **IP06:** Nein. Der ist da am stärksten,
- 037 **I:** Ok ..
- 038 **IP06:** Und da am schwächsten .. da ist er mittel.
- 039 **I:** Also beim Minuspol ist er am stärksten und wird dann immer weniger?
- 040 **IP06:** Ja, wegen den .. Widerständen.
- 041 **I:** Ok. Gut. Hier bei C1, hätte ich so ein , das schaut jetzt ziemlich gleich aus, ja, wie wirs gerade angeschaut haben, hier steht noch Minus und Plus dabei, das ist die Batterie, zum Beispiel. Jetzt haben wir in diesem Stromkreis eine Glühbirne und zwei Widerstände, beide Zehn Ohm. Was das heißt, ist dir klar?
- 042 **IP06:** Nein, das haben wir noch nicht gelernt.
- 043 **I:** Ohm ist einfach die Einheit, so wie für die Stromstärke sagt man Ampere, und Ohm sagt man bei Widerständen, ist halt sozusagen die Größe des Widerstandes.
- 044 **IP06:** Aso (flüsternd)
- 045 **I:** Einfach nur, damit das festgelegt ist
- 046 **IP06:** Ok.
- 047 **I:** Wir verändern den danach auf zwanzig Ohm, das heißt der ist danach also doppelt so stark, so groß,
- 048 **IP06:** Ja, ok.
- 049 **I:** Wie auch immer man sich das dann vorstellen mag. Also wir haben einfach zehn Ohm, fertig, R1, R2 und die Glühlampe. Jetzt ist die Frage, wir ersetzen diesen Widerstand einfach mal um zwanzig Ohm, das heißt ein größerer Widerstand wird da hineingesetzt, genau an die Stelle. Wir wissen, vorher haben wir gemessen, dass wir 0,4 Ampere haben, also eine gewisse Stromstärke, die da beim Lämpchen fließt. Was denkst du, wird jetzt passieren? Ist die jetzt größer oder kleiner oder gleich?
- 050 **IP06:** Bei der Glühlampe oder bei der?
- 051 **I:** Bei der Glühlampe mal.
- 052 **IP06:** Bei der Glühlampe ist der gleich ()
- 053 **I:** Bei der Glühlampe ist der gleich groß, ok. Verändert sich die Stromstärke woanders noch?
- 054 **IP06:** Ja, hinter dem zweiten Widerstand.
- 055 **I:** Welcher ist der zweite?
- 056 **IP06:** Also da (unten?)
- 057 **I:** Also der R1 ist schwächer dann
- 058 **IP06:** Ja, R1.
- 059 **I:** Ok, dann beschreib einmal, wo hat es sich jetzt geändert, geh vielleicht mal im Kreis herum
- 060 **IP06:** Also, da hat es sich nicht geändert, da auch nicht und ab da hat es sich dann geändert.
- 061 **I:** Also vom Minuspol bis zum Lämpchen da hinüber ist alles gleich, da ändert sich nichts und nach dem -
- 062 **IP06:** und vom R1 bis zum Pluspol verändert sich's. ()
- 063 **I:** Hier ist es kleiner, J
- 064 **IP06:** a, schwächer.
- 065 **I:** Ok, gut. Das heißt, hier bleibt das Lämpchen, also die Stromstärke durch das Lämpchen ist gleich groß.
- 066 **IP06:** Ja.
- 067 **I:** Ok. Jetzt schauen wir uns C2 an, das ist genau das gleiche, genau die gleiche Aufgabe, der gleiche Stromkreis, da steht wieder 0,4, nur dass wir jetzt den R2 geändert haben.
- 068 **IP06:** Mhm.
- 069 **I:** Ist da jetzt ein Unterschied zu vorher?
- 070 **IP06:** Ja, also schon, von Minus zu R2 ist es wieder gleich, von R2 zu R1 ist es weniger und wenns weniger ist hinter dem R1 auch noch weniger.
- 071 **I:** Das heißt, da ist dann noch weniger als-
- 072 **IP06:** Ja als Als oben.
- 073 **I:** Ok, ja. Gut, das heißt, durch das
- 074 **IP06:** Das Lämpchen leuchtet schwächer.
- 075 **I:** Das Lämpchen leuchtet schwächer, ok. Ich hab dich eigentlich nur nach der Stromstärke gefragt, die hier durch das Lämpchen fließt, ja. Wie ist das mit Stromstärke und Lämpchen und Helligkeit?
- 076 **IP06:** Helligkeit ..
- 077 **I:** Du hast gesagt, das Lämpchen leuchtet schwächer,
- 078 **IP06:** Ja.
- 079 **I:** Ich wollt nur wissen, hängt das mit der Stromstärke zusammen?
- 080 **IP06:** Äh..., ja.
- 081 **I:** Ja? Wie ist das bei dem
- 082 **IP06:** Also, je schwächer der Strom, ist nimmer so stark.
- 083 **I:** Wenn der Strom schwächer ist, wie ist das dann mit der Helligkeit des Lämpchen?
- 084 **IP06:** Wird weniger.
- 085 **I:** Wird weniger, gut. Vielleicht, eines wollte ich da noch fragen. Wie stellst du dir das vor, da ist, also hier in dem Fall fließt sozusagen hier der Strom durch das Lämpchen, merkt der Strom irgendetwas, was dahinter sozusagen passiert?
- 086 **IP06:** Der Strom ()
- 087 **I:** Beziehungsweise, hat das grundsätzlich irgendeinen Einfluss?

- 088 **IP06:** Nein, glaub nicht.
- 089 **I:** Also nur wenn das da
- 090 **IP06:** Nur wenn das davor ist, oder nur wenn das Lämpchen hinter dem größeren Widerstand ist.
- 091 **I:** Gut. Das heißt, wenn der Strom einmal wo vorbei ist, wo das irgendwie geändert ist, dann bleibt er mal so
- 092 **IP06:** Mhm
- 093 **I:** und schaut dann mal, was
- 094 **IP06:** Kommt darauf an, wie das Kabel ist, also obs ein besseres ist oder ein schlechteres ist.
- 095 **I:** Die Kabel übrigens, das hab ich jetzt vergessen zu sagen, alle Glühlampen sind gleich, mal grundsätzlich für diese Aufgaben hier, die Widerstände auch, außer es steht was dabei. Und die Kabel selber, das sind halt ganz ideale, ja.
- 096 **IP06:** Ok.
- 097 **I:** Du hast vielleicht schon mal gehört, so ein Kabel selber kann einen gewissen Widerstand haben
- 098 **IP06:** Widerstand haben, ja
- 099 **I:** Das lassen wir jetzt einfach komplett weg, ja.
- 100 **IP06:** Ok.
- 101 **I:** Wir stellen uns vor, wenns einen Widerstand gibt, dann hier bei denen, und das ist ganz weniger, das vergessen wir jetzt mal für unsere Überlegungen, ja.
- 102 **IP06:** Ok.
- 103 **I:** Gut, wie ist das jetzt hier, da frage ich dich nach der Helligkeit dieser beiden Lampen. ja, vergiss dass hier noch mal, bei C4 haben wir eine Batterie, eine Stromquelle, Lämpchen L1, einen Widerstand und L2, ja.
- 104 **IP06:** Und...
- 105 **I:** Leuchten die beiden gleich hell oder unterschiedlich?
- 106 **IP06:** Nein, der L2 leuchtet heller als der L1.
- 107 **I:** Ok. Was ist da, warum ist das jetzt so?
- 108 **IP06:** Weil dazwischen ein Widerstand ist und dadurch wird die Stromstärke verringert.
- 109 **I:** Ok. Hast du gesagt, der Strom geht von Minus nach Plus, das heißt der kommt zuerst
- 110 **IP06:** Zu L2
- 111 **I:** sozusagen. Also ungebremst, oder wie du dir das eben denkst.
- 112 **IP06:** Ja, so quasi ungebremst, ja.
- 113 **I:** Ok, also gleich stark kommt der da hin, fällt der beim Lämpchen, wird das auch weniger, oder nur beim Widerstand?
- 114 **IP06:** Ein bisschen weniger, so viel nicht, nicht so viel wie beim Widerstand.
- 115 **I:** Aber es passiert hier was?
- 116 **IP06:** Ja, doch, es wird schwächer.
- 117 **I:** Das heißt der L2 leuchtet
- 118 **IP06:** Heller als L1.
- 119 **I:** Heller als L1. Ok. Jetzt schauen wir mal, wenn wir hier den Widerstand hier größer machen, was passiert dann? Fangen wir vielleicht mir L2 an, leuchtet das gleich hell wie vorher?-
- 120 **IP06:** Das leuchtet gleich hell wie vorher.
- 121 **I:** Ok. Genau gleich hell.
- 122 **IP06:** Ja.
- 123 **I:** Und dann, das L1?
- 124 **IP06:** Hm, das leuchtet schwächer.
- 125 **I:** Also schwächer als vorher-
- 126 **IP06:** Als vorher ja.
- 127 **I:** Ok, warum, weil?
- 128 **IP06:** Weil der Widerstand größer ist.
- 129 **I:** Ganz genau. Mhm, ok. (Pause) Ok, passt. Es sind noch so ein paar Aufgaben, ja, das ist hauptsächlich, damit wir etwas vor uns haben, damit wir uns etwas überlegen können. Ich hoff, du kannst dir das vorstellen, wie das im Realen aussieht.
- 130 **IP06:** Ja, so circa.
- 131 **I:** Ok. Jetzt haben wir wieder eine Batterie, zwei Widerstände, R1 und R2 und ein Lämpchen dazwischen. Die Frage ist jetzt, Wie ändert sich die Helligkeit von der Lampe, wenn wir den R2, also zuerst einmal machen wir ihn kleiner, ah Blödsinn. R2 bleibt gleich und der R1 wird verkleinert, ja(?). Was passiert dann?
- 132 **IP06:** Dann leuchtet das Lämpchen stärker. .. Wenn der R1 kleiner ist.
- 133 **I:** Ok. Beschreib einmal, wo ändert sich da was?
- 134 **IP06:** Also vom Minus zu R1 bleibt relativ gleich
- 135 **I:** relativ, oder?
- 136 **IP06:** Ja, relativ, weil das Kabel ja ein bisschen einen Widerstand J
- 137 **I:** Ja, gut, aber wenn das Kabel null Widerstand hat-
- 138 **IP06:** Das bleibt gleich, vom R1 zum Lämpchen wird's schwächer, vom Lämpchen wird's wieder ein bisschen schwächer zum R2 und vom R2 wird's noch einmal schwächer.
- 139 **I:** Ok. Im Endeffekt, hier vorne, vom Minuspol bis zum R1 bleibt gleich, hast du gesagt.
- 140 **IP06:** Mhm.
- 141 **I:** Ahm, Hinter dem R1 ist es jetzt (?)
- 142 **IP06:** Schwächer
- 143 **I:** Schwächer, ok, gut. Und dann wieder ein Stück und wieder ein Stück. Das heißt da hinten ist es dann gleich, oder?
- 144 **IP06:** Nein, schwächer, am schwächsten.
- 145 **I:** Der ist auch insgesamt schon schwächer geworden, ok.
- 146 **IP06:** Ja.
- 147 **I:** Schauen wir uns den Unterschied an, genau, was passiert, wenn wir ihn größer machen?
- 148 **IP06:** Wenn mans größer macht, leuchtet das L2 schwächer, und es wird noch weniger, es fließt noch weniger Strom durch.
- 149 **I:** Ok, was passiert, wenn wir den dahinter macht, machen wir ihn mal kleiner, es ist wieder das Gleiche, ja, ganz genau die gleiche Schaltung, nur das wir hier
- 150 **IP06:** Den hinteren verändern.
- 151 **I:** Das hintere verändern, genau.
- 152 **IP06:** Da passiert, das Lämpchen leuchtet die ganze Zeit gleich, nur die Stromstärke am letzten Stück verändert sich.
- 153 **I:** Wo ist das letzte Stück?
- 154 **IP06:** Da hinten, Plus bis R2.
- 155 **I:** Also von R2 bis
- 156 **IP06:** R2 bis Plus.
- 157 **I:** Bis Plus. Ok. Die verändert sich, aber sonst, das Lämpchen wird immer gleich leuchten.
- 158 **IP06:** Ja.

- 159 **I:** Ok. Ist das egal, wenn ich hier einen riesen Widerstand hinein tu?
- 160 **IP06:** Dann leuchtet das Lämpchen gleich hell.
- 161 **I:** Wird das immer gleich leuchten?
- 162 **IP06:** Ja.
- 163 **I:** Ok, und ein ganz ein kleiner, wenn ich ihn weg tu?
- 164 **IP06:** Wird das trotzdem gleich leuchten.
- 165 **I:** Ok, gut. Sag einmal, wie stellst du dir das vor im Widerstand? Was passiert da mit dem Strom, mit der Stromstärke?
- 166 **IP06:** Sie verringert sich.
- 167 **I:** Hast du irgendeine, ich weiß nicht, einmal Gedanken gemacht, warum?
- 168 **IP06:** Vielleicht weil weniger Elektronen durchkönnen, aber
- 169 **I:** Die kommen hinein und dann kommen weniger heraus?
- 170 **IP06:** Ja, so circa. ..
- 171 **I:** Ok. Was stellst du dir denn vor, wenn man da die, da gibt's ja Amperemeter, ja, die messen die Stromstärke, da sagt man da, so wie beim ersten Beispiel, das sind jetzt Null Komma Vier Ampere, oder ein Ampere, so irgendwas. () Was denkst du dir da .. was, wenn man sich das sozusagen unter dem Mikroskop anschauen würde, wenn man Elektronen sehen könnte, et cetera. Was schaut dann anders aus, was ist dann der Unterschied zwischen einer kleinen Stromstärke und einer großen?
- 172 **IP06:** Es fließen mehr Elektronen.
- 173 **I:** Einfach, es fließen mehr Elektronen?
- 174 **IP06:** Ja.
- 175 **I:** Ok, gut. Das heißt, dort wo sie dann weniger sind, da hinten, da fließen dann weniger Elektronen.
- 176 **IP06:** Genau, ja, weniger als vorher.
- 177 **I:** Sind die schneller oder langsamer?
- 178 **IP06:** Gleich schnell.
- 179 **I:** Ändert sich da auch irgendwas.
- 180 **IP06:** Nein.
- 181 **I:** Ok, also die bleiben gleich schnell, es sind nur weniger(?)
- 182 **IP06:** Elektronen-
- 183 **I:** die da in einer gewissen Zeit vorbeikommen.
- 184 **IP06:** Ja.
- 185 **I:** Ok, jetzt schauen wir uns mal, also nur mal das hier an.
- 186 **IP06:** Ok.
- 187 **I:** Das ist jetzt das D.0.1, da haben wir einfach zwei Lampen und sonst gar nichts.
- 188 **IP06:** Mhm.
- 189 **I:** Also die Widerstände sind jetzt einfach mal weg. Wir haben sie wieder L1 und L2 genannt einfach, ja. Hier Plus und Minuspol, leuchten die gleich stark?
- 190 **IP06:** Das L1 ein bisschen weniger, äh, schwächer als L2.
- 191 **I:** Ok, gut. Das leuchtet ein bisschen schwächer als das.
- 192 **IP06:** Mhm.
- 193 **I:** Wie ist das, wenn wir da jetzt einfach eins dazu hängen, sozusagen, in dem Fall noch davor, sozusagen.
- 194 **IP06:** Das L leuchtet am stärksten, das L2 ein bisschen weniger und das L1 am wenigsten.
- 195 **I:** Ok und wenn du jetzt L1 mit vorher vergleichst,
- 196 **IP06:** Mhm
- 197 **I:** Leuchten die gleich stark oder unterschiedlich?
- 198 **IP06:** Das L1 leuchtet ein bisschen schwächer.
- 199 **I:** Das L1 leuchtet ein bisschen schwächer als vorher, das L2?
- 200 **IP06:** Auch schwächer.
- 201 **I:** Ok, wie begründest du das?
- 202 **IP06:** Weil davor noch ein Lämpchen kommt, dass verbraucht, also ist auch ein Widerstand und verbraucht auch Strom.
- 203 **I:** Ok, gut. Jetzt haben wir,.. bei D.0.2 ist das halt eine andere Schaltung, ja. Hängen wir halt einfach mal die Lämpchen so drauf, sind da trotzdem in so einem Kreis drinnen irgendwie, leuchten die dann?
- 204 **IP06:** Ja.
- 205 **I:** Genau, die leuchten. Leuchten die unterschiedlich oder gleich?
- 206 **IP06:** Mm, gleich, weil abgespalten wird die Hälfte vom Strom, oder, ja.
- 207 **I:** Wie denkst du dir denn das, was passiert da, oder da (I. zeigt auf Verzweigungspunkte)?
- 208 **IP06:** Dass der Strom die Hälfte abgespalten wird vom Strom.
- 209 **I:** Das heißt, der teilt sich genau Halb Halb auf
- 210 **IP06:** Mhm
- 211 **I:** Teilt sich der immer Halb Halb auf in einer Verzweigung?
- 212 **IP06:** Nicht immer.
- 213 **I:** Sondern, was könnte noch passieren?
- 214 **IP06:** Ja, es .. mm (Pause)
- 215 **I:** Schauen wir vielleicht mal an, was passiert, wenn wir da noch eins dran hängen, ja, hier hast du gesagt, die leuchten gleich hell, was könnte denn hier passieren?
- 216 **IP06:** Da leuchten die hinteren zwei gleich und das vorderste, also das da, am stärksten.
- 217 **I:** Ok, also das-
- 218 **IP06:** Weil wieder abgespalten wird glaub ich.
- 219 **I:** Also ist das bei der ersten Abzweigung leuchtet am stärksten, die zwei gleich.
- 220 **IP06:** Mhm.
- 221 **I:** Versuch nur zu begründen, warum genau, wo ist da der Strom wie groß, wie stellst du dir das vor?
- 222 **IP06:** Da wird die Hälfte abgespalten und da ist dann nur noch die Hälfte und wird da noch einmal die Hälfte und dann da.
- 223 **I:** Ok, sagen wir einmal, wir haben hier ein Ampere, dann geht da ein halbes
- 224 **IP06:** Ampere weiter, weg und dann
- 225 **I:** Und ein halbes weiter, und das teilt sich dann auf die zwei gleich auf
- 226 **IP06:** ((0,25, ja?) zwei und ja)
- 227 **I:** Genau, das wären dann die 0,25, wenns sich so aufteilt.
- 228 **IP06:** Mhm.
- 229 **I:** Ok. (...) Aber die zwei leuchten auf jeden Fall gleich groß
- 230 **IP06:** Ja
- 231 **I:** und hier auch, bei D.0.2, die zwei hinteren sozusagen, und da ist ein Unterschied, hast du gesagt?
- 232 **IP06:** Ja.

- 233 **I:** Da hast du gesagt, da leuchten alle der Reihe nach immer weniger, ok. Geht's eh noch, bist du ausgeschlafen heut?
- 234 **IP06:** Nicht wirklich (I lächelt)
- 235 **I:** Wir habens gleich geschafft. Jetzt, das schaut genauso gleich aus, ja, weil mich halt interessiert hier vor allem, was könnte da passieren. In dieser Abzweigung haben wir jetzt einfach mal probiert, zwei Lämpchen, wenn man sie sich anschaut, leuchten so und so hell, beim Widerstand sieht man das nicht wirklich. Setzen wir hier einfach mal Widerstände hinein, statt den Lämpchen, statt den zweien. Da ist einer zehn Ohm groß und einer vierzig Ohm-
- 236 **IP06:** vierzig Ohm.
- 237 **I:** Genau, also das ist ein größerer Widerstand, also vier Mal so groß. Jetzt ist die Frage, wie verhalten sich die Stromstärken hier? Zuerst einmal überlegen wir uns gar nicht, was passiert, wenn wir da was verändern, sondern schauen wir uns einmal das erste bei D2 an.
- 238 **IP06:** Also da wird wieder halt die Hälfte abgespalten, dann ist es da .. stärker als da, weil da mehr Widerstand ist.
- 239 **I:** Vor den Widerständen wird der halb halb aufgespalten?
- 240 **IP06:** Ja, halb halb.
- 241 **I:** Ok, und nach R1, was ist dann? Sozusagen (..über) R1?
- 242 **IP06:** Da ist es dann .. ähm, stärker als bei dem R2, nach dem R2.
- 243 **I:** Ok, also da wo I1 steht, da ist er stärker als da, wo I2 steht, weil da der kleinere Widerstand ist und da der größere.
- 244 **IP06:** Ja
- 245 **I:** Und dann fließt beides wieder zusammen. Und wie ist das, wenn man hier misst, dieses I Gesamt?
- 246 **IP06:** Da ist dann .. I1 und I2 zusammen.
- 247 **I:** Die zählst du zusammen?
- 248 **IP06:** Genau. Ja, weil sie zusammenfließen.
- 249 **I:** Ok, gut. Das heißt, wenn sich da der Strom aufteilt Mhm , den kümmerst nicht, was da dahinter ist, stimmt das so? Also der teilt sich halb halb auf
- 250 **IP06:** Ja.
- 251 **I:** und dann bei den Widerständen, je nachdem wie groß die sind, ist dann dahinter der Strom halt so groß oder so klein.
- 252 **IP06:** (Nickt)
- 253 **I:** Ok. Wir setzen jetzt einfach mal den R2 von vierzig auf fünfzig, machen ihn ein bisschen größer, der Rest bleibt gleich. Jetzt wollen wir halt hier, sozusagen, bei der Frage ist das auch so, wie verhalten sich die Ströme, I1, I2, I? Ahm ... was passiert hier, sind welche größer oder kleiner geworden, oder bleiben die gleich?
- 254 **IP06:** Also. Das I1 bleibt gleich, I2 wird kleiner und I gesamt wird dadurch auch kleiner.
- 255 **I:** Ok, und davor, verändert sich davor was?
- 256 **IP06:** Davor verändert sich nichts.
- 257 **I:** Ok, also nach dem Minuspol ist alles gleich, dahinter I2 kleiner und dadurch I gesamt auch kleiner. Der I1, den kümmerst nicht, was bei I2 passiert?
- 258 **IP06:** Nein.(...)
- 259 **I:** Also genau unabhängig von dem anderen.
- 260 **IP06:** Mhm.
- 261 **I:** Ok, gut. Jetzt schauen wir uns da noch das letzte an, das D1: Da haben wir eine ziemlich komplizierte Schaltung, ja, also schaut zumindest so aus. Es sind, kannst es ja genauer anschauen, was passiert hier eigentlich. Wir haben hier drei Lampen, und bei den Lampen steht I1, I2, I3. Was wir wissen ist, das HIER der Strom 1,2 Ampere groß ist. Da ist jetzt wirklich mal die Frage, kannst du vermuten oder sagen, wie groß sind die anderen Stromstärken?
- 262 **IP06:** Ok, also I3 ist 0,6, I1 und I2 sind beide 0,3.
- 263 **I:** Ok. Und wie hast du dir das jetzt überlegt? Also Schritt für Schritt, ja(?)
- 264 **IP06:** Das teilt die Hälfte halt auf, aufgeteilt.
- 265 **I:** Also nach dem Minuspol kommts da zu der ersten Abzweigung-
- 266 **IP06:** Ja, da wird's dann aufgeteilt.
- 267 **I:** Und zwar, wie viel?
- 268 **IP06:** Auf 0,6, 0,6.
- 269 **I:** Ok, ja.
- 270 **IP06:** Beim unteren geht's durch, die 0,6, beziehungsweise, da wird dann so etwas weggenommen und ..Also es wird ja dahinter gemessen, also.
- 271 **I:** Ja, wenns dahinter gemessen wird, sagst du, davor wird's ein bisschen mehr gewesen sein?
- 272 **IP06:** Ja. Dann, da oben wird's wieder die Hälfte, das heißt oben ein Viertel und unten ein Viertel vom Insgesamten. Und, I1 und I2 sind dann beide ein Viertel vom Gesamten und dann fließen sie wieder zusammen.
- 273 **I:** Ok. Sagen wir, das sind halt so normale Lampen, die wir drinnen haben, was schätzt du, wie viel wird dann davor der Gesamtstrom sein?
- 274 **IP06:** Ähm .. eins Komma ... drei oder vier.
- 275 **I:** Ok, ja. Ich mein, das ist eine blöde Frage, weil wir wissen nicht, wie groß die Lämpchen sind, ja, aber gut, also hier ein bisschen größer, dann teilt er sich auf, dann sinds vielleicht null Komma sieben, null Komma sieben oder so, und dann wird's entsprechend weniger.
- 276 **IP06:** Mhm.
- 277 **I:** Gut. (Pause) Ich hab dir gesagt, also du hast mir gesagt, der Strom fließt von Minus nach Plus.
- 278 **IP06:** Mhm.
- 279 **I:** Was wäre, wenn von Minus nach Plus wär sagen wir mal, hier, ja, in die Richtung.
- 280 **IP06:** Mhm.
- 281 **I:** Was wäre, wenn hier plötzlich ein Pfeil wär? Oder machen wirs lieber hier, hier ists besser, ja. Und der Pfeil geht jetzt in die andere Richtung. Du hast eine Aufgabe vor dir und I Gesamt ist in die Richtung ein Pfeil , und dann natürlich entsprechend I1 und I2 wird dann auch da hinunter gehen, ja. Was würdest du dann sagen? Du hättest es vor dir, würd dich das beeinflussen, oder nicht?
- 282 **IP06:** Ähm, und der Plus und der Minus bleiben gleich?
- 283 **I:** Das hier würde gleich bleiben oder vielleicht steht da auch nichts dabei, ja. Aber du hast ganz Recht gehabt, das ist das Symbol für das Plus und Minus., ja, also das ist schon so
- 284 **IP06:** Also das wird nicht umgedreht, oder
- 285 **I:** Nein, Umgedreht ist dann die Wäre das dann verwirrend?

- 286 **IP06:** Das ist dann die technische Stromrichtung, das hatten wir beim letzten Test.
- 287 **I:** Ja, was habt ihr da gehabt, beim Test?
- 288 **IP06:** Ähm, den Transistor, und da war die technische Stromrichtung auch eingezeichnet, ja.
- 289 **I:** Mhm. Naja, wenn du jetzt argumentierst, ja, da hast du vorher gesagt, bei dem Beispiel D2, da kommt der Strom und hinter dem R1 und hinter dem R2 wird er weniger.
- 290 **IP06:** Mhm.
- 291 **I:** Wenn dann hier jetzt plötzlich so Pfeile sind, ändert das dann deine Antwort, oder Nein. denkst du dir dann, ok, das ist die technische, oder?
- 292 **IP06:** Das ist die technische. Also das würde die Antwort nicht ändern. Ok, das heißt, wenn da jetzt sozusagen hier gefragt wird, wie groß ist die hier, in dem Punkt, also da wärs dann gleich.
- 293 **IP06:** Ja.

Ausschnitt aus Interview 8

- 001 **I:** Es ist sozusagen die Frage, wo fließt da Strom, wenn ich das schließe. Fließt der überall gleichzeitig oder fängt er irgendwo an?
- 002 **IP08:** Es fängt glaub ich beim Minuspol an und geht dann zum Pluspol, oder?
- 003 **I:** Ok, das heißt da beim Minuspol weg zum Pluspol.
- 004 **IP08:** Mhm.
(Unterbrechung)
- 005 **I:** Das heißt, wir haben hier, beim Minuspol fängt er an zu fließen, (Lärm, Unterbrechung) Denkst du, am Anfang, fließt hier etwas, und was ist am Anfang hier beim Pluspol, fließt da auch schon was oder nicht?

Ausschnitt aus Interview 11

- 001 **I:** Hast du das schon mal gesehen?
- 002 **IP11:** Parallelschaltung.
- 003 **I:** Ja genau, das ist die Parallelschaltung. Wie sieht das hier aus, leuchten die unterschiedlich oder gleich, glaubst du?
- 004 **IP11:** Gleich stark, weil die können ja da durchgehen und da durchgehen, da müssten sie ja nicht durch die hier durch zu der hin.
- 005 **I:** Ok, also weil beide sozusagen da ihre direkte Verbindung haben.
- 006 **IP11:** Aber wenn die Batterie gleich stark ist, dann leuchten die beiden jetzt so gut wie L2 da, weil das auf zwei aufgeteilt werden muss.
- 007 **I:** Mhm. Also leuchten (sie ..?) Wie ist das wenn man hier noch eine dran hängt? Das ist jetzt der Fall.
- 008 **IP11:** Dann leuchten alle drei auch wieder, aber mit der gleichen Stärke, so wie, bei der einen da, L1 geleuchtet hat.

Interview 12

- 001 **I:** Es geht ja um deine Vorstellungen im Stromkreis. Wenn du das hier siehst, kennst du diese ganzen Symbole?
- 002 **IP12:** Also das ist eine Lampe, haben wir gelernt, und das ist glaub ich eine Batterie, und dass sind zwei Verbraucher.
- 003 **I:** Ahm, das hier ist ein Schalter, ja.

- 294 **I:** Ok, super. Haben wir das eh durch. (Unterbrechung) Hast du dich durch mein Nachfragen irgendwo um entschieden, kannst du dich erinnern, oder ist irgendwas durchs diskutieren anders geworden?
- 295 **IP06:** Nein, (eigentlich nicht).
- 296 **I:** Ok, gut. War irgendetwas verwirrend von diesen Aufgaben, oder zu schwierig?
- 297 **IP06:** Nein, nicht so schwierig.
- 298 **I:** Ok, gut. Passt. Dann haben wir das jetzt hinter uns gebracht, danke auf jeden Fall. Wenn du magst, das darfst du dann denjenigen, die ich noch interview nicht sagen, weil es geht ja darum, was jeder denkt, kann ich dir noch zeigen, wie das da in Wirklichkeit aussieht, ob du da Recht gehabt hast oder nicht. Aber nur wenn es dich interessiert.
- 299 **IP06:** Hmm. ((Antwort nicht mehr eruierbar)).

- 006 **IP08:** Nein, ich glaub nicht, dass da schon was fließt, weil der Stromkreis noch nicht geschlossen ist.
- 007 **I:** Wenn er geschlossen ist, mein ich jetzt.
- 008 **IP08:** Achso ja, dann glaub ich schon, dass es fließt.
- 009 **I:** Fließt er dann überall gleichzeitig, oder?
- 010 **IP08:** Nein, beim Minuspol fangts an und dann so ...
- 011 **I:** Ok, und wann wird die dann heller? ..
- 012 **IP08:** Wenns (Pause) Wart mal, ich glaub, es fängt ... ich glaub, es fängt von beiden an und wenn dann beide ... wenns dann da ist, fangts an zu leuchten.
- 013 **I:** Ok, das heißt, es geht von da und da weg. Der Strom fließt von Plus und Minus zum Lämpchen hin.
- 014 **IP08:** Ja.

- 009 **I:** Ok, das heißt insgesamt nicht so hell wie hier, meinst du, oder?
- 010 **IP11:** Es fließt der gleiche Strom durch, aber es wird mehr aufgeteilt.
- 011 (Unterbrechung)
- 012 **I:** Entschuldige, noch einmal, sind jetzt diese drei - diese drei hast du gesagt, sind gleich hell?
- 013 **IP11:** Ja.
- 014 **I:** Sind die so hell wie vorher die zwei oder nicht?
- 015 **IP11:** Nein, so hell wie vorher das L1 bei dem hier, das heißt, schwächer als die beiden.
- 016 **I:** Ok, schwächer als die beiden. Das heißt, es macht schon einen Unterschied, ob mans so oder so hat.
- 017 **IP11:** Ja.

- 004 **IP12:** Aso, ein Sch-, ja.
- 005 **I:** Wenn der so ist, dann ist der nicht verbunden, und wenn man den schließt, da siehst du eh, dann ist der Stromkreis hier verbunden. Das hier, kennst du das?
- 006 **IP12:** Ja, das ist eben Plus und Minus, das ist die Batterie, oder?

- 007 **I:** Ja genau, das ist die Batterie oder Spannungsquelle. Was ist da Plus und was ist Minus?
- 008 **IP12:** Oh, das weiß ich jetzt nicht so. Ich denk, das ist Plus und das ist Minus.
- 009 **I:** Ok, das stimmt auch so, ja. Das kann man ja vorher festlegen, wie so ein Symbol aussehen wird. Ok, wenn du so das vor dir siehst, passiert dann etwas? Also leuchtet das Lämpchen jetzt?
- 010 **IP12:** Ja, wenn der Schalter jetzt halt offen ist oder so, dann passiert nichts, und wenn er geschlossen ist, dann glüht ja die Lampe.
- 011 **I:** Gut, in dem Moment, wo man das schließt, was passiert dann?
- 012 **IP12:** Ja dann fließt Strom durch alles und dann fängt die Glühlampe an, zu leuchten.
- 013 **I:** Fließt der Strom da durch alles durch?
- 014 **IP12:** Ja, ich denk schon.
- 015 **I:** Fließt der in eine bestimmte Richtung, so oder so, oder wie stellst du dir das vor?
- 016 **IP12:** (lächelt) Also, ich denk nicht, nein. Also, ich weiß nicht, also es gibt eine Hin- und eine Rückleitung meistens.
- 017 **I:** Na, versuchen wir das mal zu überlegen: Irgendwie muss die Lampe ja was mitkriegen.
- 018 **IP12:** Ja, naja da fließen ja Elektronen durch.
- 019 **I:** Ok, also da fließen Elektronen. Und wo würden die dann fließen, denkst du?
- 020 **IP12:** Ja, da durch (lächelt).
- 021 **I:** Also so rum?
- 022 **IP12:** Ja.
- 023 **I:** Da vom Minus- zur Lampe, um Pluspol?
- 024 **IP12:** Ja.
- 025 **I:** Ok. Könnten die auch anders rum fließen, oder?
- 026 **IP12:** Ich denk nicht, nein.
- 027 **I:** Ok, gut. Das heißt, die fließen jetzt von Minus zum Plus. Wichtig ist es nur, sich das vorher zu überlegen, damit wir dabei jetzt bleiben. Hast du das dir jetzt so gedacht, oder schon gehört?
- 028 **IP12:** Ich habs mir selbst nur gedacht, also .. gehört hab ichs schon, aber ich habs vergessen, wenn ich ehrlich bin.
- 029 **I:** Ok, gut. Wie stellst du dir denn so Strom vor? Du hast irgendetwas von Elektronen geredet. Wenn du so in das Kabel hineinsehen könntest-
- 030 **IP12:** Naja, das ist halt-
- 031 **I:** Hast du da eine Vorstellung, was sich da drinnen tut?
- 032 **IP12:** Naja, dass sich die kleinen Elektronen halt, so die ganze Zeit durchfließen, die laufen da irgendwie so
- 033 **I:** Ok, die laufen da rum. Ja. Und wenn da jetzt eine höhere Stromstärke ist, schaut das dann anders aus?
- 034 **IP12:** Ja, dann laufen mehr rum.
- 035 **I:** Also mehr.
- 036 **IP12:** Ja.
- 037 **I:** Laufen die schneller oder gleich schnell?
- 038 **IP12:** Schneller, nehm ich mal an. Ich denk schon, dass sie schneller laufen.
- 039 **I:** Ok, mehr hast du gesagt, und schneller könnten sie auch laufen.
- 040 **IP12:** Mhm.
- 041 **I:** Denkst du, die Stromstärke ist da überall gleich groß?
- 042 **IP12:** Ich glaub, nach der Glühlampe ist sie wahrscheinlich weniger, weil sie ja Strom verbraucht.
- 043 **I:** Mhm, und die Widerstände, machen die was mit der Stromstärke?
- 044 **IP12:** Ja ok, ja, die Widerstände verringern das auch, denk ich einmal. Also, dass da halt weniger dann sind bzw. dass sie schwächer ist.
- 045 **I:** Ok, das heißt, da ist dann sozusagen ein Unterschied bei der Stromstärke hier, hier, hier und hier? (Zeigt auf verschiedene Punkte im Stromkreis)
- 046 **IP12:** Mhm.
- 047 **I:** Wie würdest du das sagen, wie groß ist die wo, also nur grob geschätzt?
- 048 **IP12:** Ich weiß nicht, ... wie meinen Sie das jetzt?
- 049 **I:** Naja du hast gesagt, die Glühlampe verbraucht etwas.
- 050 **IP12:** Ja.
- 051 **I:** Ist dann die Stromstärke dahinter größer oder kleiner oder gleich wie vorher?
- 052 **IP12:** Ich glaub, dass sie da noch größer ist und da vielleicht etwas schwächer, aber nicht so, jetzt, in Maßen halt, also vielleicht ein kleiner Teil.
- 053 **I:** Ok. Und beim Widerstand ist das genauso mit davor und dahinter?
- 054 **IP12:** Ja, ich denk schon.
- 055 **I:** Ok. Wird die dann schrittweise kleiner, oder?
- 056 **IP12:** Ja.
- 057 **I:** Oder nur manchmal?
- 058 **IP12:** Manchmal, ja (lächelt)
- 059 (Schulpause, Unterbrechung – nächste Datei)
- 060 **I:** So, wir machen hier mal weiter. Also wir haben uns grundsätzlich nur überlegt, wie könnte da der Strom fließen, in so einem Stromkreis. Da hast du gesagt, der fließt dann von Minus zu Plus.
- 061 **IP12:** Mhm.
- 062 **I:** Wir werden jetzt zusammen so ein paar Testfragen durchgehen und einfach zusammen erarbeiten, was würdest du selber darauf antworten bzw. warum kommst du auf die eine oder andere Antwort. Dass du einfach sagst, was du dir da speziell vorstellst, was passiert.
- 063 **IP12:** Ok
- 064 **I:** Ziemlich die gleiche Schaltung wie vorher, wir haben hier einfach nur keinen Schalter. Und das sind zwei Widerstände, jeweils Zehn Ohm, und eine Glühbirne. Hier bei der Glühbirne hat man Null Komma Vier Ampere Stromstärke gemessen. Da kann man mit einem Messgerät einfach dran gehen und das hat man gemessen. Jetzt ist hier die Frage, was passiert wenn wir diesen R1 doppelt so groß machen, also einen größeren Widerstand stattdessen hineinsetzen. Vorher Zehn Ohm, nachher Zwanzig Ohm. Was bedeutet das dann für die Stromstärke, die durch die Glühbirne geht? Denkst du, die bleibt gleich oder wird größer oder kleiner?
- 065 **IP12:** Ich denk, dass sie nach dem Verbraucher, dass sie dann schwächer wird, also die Stromstärke. Aber ich glaub kaum, dass das sehr viel mit der Glühbirne zu tun hat.
- 066 **I:** Bei der Glühbirne selber, glaubst du, ist es dort gleich groß, oder kleiner oder größer?
- 067 **IP12:** Ja, ich denk schon, dass es gleich ist.

- 068 **I:** Ok, das heißt, hier bleibts gleich und du hast schon gesagt, es verändert sich was, wo verändert sich da was?
- 069 **IP12:** Nach dem Verbraucher wahrscheinlich ist die Stromstärke niedriger.
- 070 **I:** Ok, also bis dahin ist sie genauso wie vorher.
- 071 **IP12:** Mhm, also nein, also, nach dem Verbraucher wird's glaub ich auch kleiner, die Stromstärke und nach der Glühbirne denk ich auch ein bisschen was. Also nicht viel, aber doch schon.
- 072 **I:** Wenn wir vergleichen zu vorher, wo wir da noch die Zehn Ohm gehabt haben, da wird ja auch schon kleiner geworden sein, oder?
- 073 **IP12:** Ja.
- 074 **I:** Da wird das dann rechts und links hier noch gleich sein, hast du gesagt?
- 075 **IP12:** Ja.
- 076 **I:** Schon geringer, als zuvor da, dadurch dass wir diesen Widerstand da verändern, ändert sich hier erst mal nichts, da ist es so wie vorher?
- 077 **IP12:** Mhm, ja.
- 078 **I:** Ok. Und nach dem Widerstand ist es dann weniger?
- 079 **IP12:** Ja, denk schon (lächelt)
- 080 **I:** Ok, das heißt, da bleibt die Stromstärke gleich durch die Glühbirne.
- 081 **IP12:** Mhm.
- 082 **I:** Was passiert, wenn wir einfach - das ist hier genau das Gleiche - hier den anderen Widerstand verändern, den vergrößern wir?
- 083 **IP12:** Dann denk ich, dass vor der Glühbirne, also dass da ungefähr schon weniger Stromstärke ist.
- 084 **I:** Mhm, also zwischen R2 und der Glühbirne ist schon weniger.
- 085 **IP12:** Ja, genau.
- 086 **I:** Durch die Glühbirne dann auch?
- 087 **IP12:** Ja.
- 088 **I:** Ok Wie stellst du dir das vor, was macht der Widerstand mit der Stromstärke, mit dem elektrischen Strom?
- 089 **IP12:** Ich weiß nicht, er hält die vielleicht auf oder macht ihn einfach geringer, dass dann weniger Strom durchfließt halt.
- 090 **I:** Ok, sind das dann weniger Elektronen, die dann weiter fließen, oder-
- 091 **IP12:** Ich glaub einfach, dass sie langsamer fließen, und dass dadurch dann weniger passiert halt. Und dadurch weniger Stromstärke halt.
- 092 **I:** Also die werden abgebremst durch den Widerstand.
- 093 **IP12:** Ja.
- 094 **I:** Ok, vergiss hier vielleicht das rechte noch. Hier haben wir zwei Lampen und dazwischen einen Widerstand, also L1, Widerstand, L2. Denkst du, leuchten die gleich hell?
- 095 **IP12:** Ich denk, dass, also wenn der Strom jetzt so fließt, dass die Lampe dann leichter leuchtet, also ich mein, nicht so stark wie die erste.
- 096 **I:** Ok, das heißt, die leuchtet weniger stark, schwächer als L2.
- 097 **IP12:** Mhm
- 098 **I:** Ok, wenn wir jetzt den Widerstand vergrößern, also das rote hier, wo ändert sich dann was, oder ändert sich gar nichts?
- 099 **IP12:** Oja, dass die Glühbirne, also die L1 in dem Fall, dass sie noch schwächer leuchtet.
- 100 **I:** Und bei der L2?
- 101 **IP12:** Ich denk, dass ist gleich in dem Fall, also dass sie genauso stark leuchtet.
- 102 **I:** Ok. Das heißt, weil der dahinter ist, bleibt die gleich und bei der Lampe hinter dem Widerstand ändert es sich.
- 103 **IP12:** Ja.
- 104 **I:** Ok, noch einmal etwas ziemlich ähnliches, hier geht es noch einmal um die Helligkeit der Lampe, da haben wir nur eine Lampe und rechts und links davon einen Widerstand. Sonst auch wieder einfach nur an die Batterie angeschlossen. Wenn wir diesen Widerstand da verändern, sagen wir, wir machen ihn kleiner zuerst, was passiert dann mit der Helligkeit der Lampe?
- 105 **IP12:** Ich glaub, dann würde die Lampe, also, heller leuchten, einfach stärker. Und wenn man einen größeren jetzt einfach einsetzen würde, dann würde sie schwächer leuchten.
- 106 **I:** Ok, und da können wir auch den Versuch machen, einmal den vorderen verändern, da hast du gesagt, da wird sie heller oder weniger hell, und einmal verändern wir den hinteren, den R2.
- 107 **IP12:** Ja ok, also ich denke, da wird dann die Glühbirne wieder gleich leuchten.
- 108 **I:** Ok, also da kümmert es sie genauso wieder nicht.
- 109 **IP12:** Ja.
- 110 **I:** Wie ist das mit Stromstärke und Helligkeit einer Lampe?
- 111 **IP12:** Oh Gott ((lacht)) Wie jetzt?
- 112 **I:** Naja, wir sind jetzt hin und her gehupft, einmal hab ich dich gefragt, wie groß die Stromstärke an einen bestimmten Punkt ist, und einmal hab ich dich gefragt, wie groß die Helligkeit der Lampe ist, wenn die da gerade angeschlossen ist. Hängt das zusammen oder ist das was getrenntes, denkst du?
- 113 **IP12:** Naja, die Stromstärke bringt ja die Glühbirne zum Leuchten.
- 114 **I:** Ok, also hängt das zusammen?
- 115 **IP12:** Ja. (lächelt)
- 116 **I:** Und umso mehr Stromstärke, um so-
- 117 **IP12:** Ja, umso heller leuchtet die Lampe, denk ich.
- 118 **I:** Ok, gut. Man kann sich auch überlegen, wenn du dir hier bei D.0.1 nur einmal das linke anschaust, wir haben jetzt gar keine Widerstände. Wir wollen Licht haben, wir schließen da zwei Lampen an. Kriegen wir dann von beiden das gleiche Licht, also leuchten die dann gleich hell?
- 119 **IP12:** Ich denke, dass L1 etwas schwächer leuchtet, aber nicht so viel jetzt.
- 120 **I:** Mhm, also ein bisschen.
- 121 **IP12:** Ja, bisschen.
- 122 **I:** Ok. Das heißt, das L2 ist dann sozusagen so etwas Ähnliches wie ein Widerstand?
- 123 **IP12:** Ja genau, nur halt ein kleinerer Widerstand.
- 124 **I:** Ein kleiner Widerstand, ok.
- 125 **I:** Also L1 leuchtet schwächer als L2, jetzt ist natürlich die Frage, wenn wir ein drittes noch davor hängen, das L in dem Fall, was verändert das für L1 und L2?

- 126 **IP12:** Ja, dass sie noch schwächer leuchten, denk ich. Also die wird am hellsten leuchten und die anderen werden immer schwächer.
- 127 **I:** Ok, leuchtet das L genauso hell da rechts wie das L2 links?
- 128 **IP12:** Ja, ich denk schon.
- 129 **I:** Also da ist kein Unterschied?
- 130 **IP12:** Nein.
- 131 **I:** Also die erste sozusagen kriegt diese Helligkeit.
- 132 **IP12:** Ja, und L2, und L1, glaub ich auch nicht, dass da jetzt ein Unterschied ist.
- 133 **I:** Ok, also die sind dann auch-
- 134 **IP12:** Ja.
- 135 **I:** Ok, naja, wie ist denn das, wenn man das so rum anschließt, hast du so eine Schaltung schon einmal gesehen?
- 136 **IP12:** Ja.
- 137 **I:** Da siehst du also hier einen Knotenpunkt, und hier auch, wo das dann auf zwei Äste aufgeteilt ist. Denkst du, dass die zwei gleich leuchten?
- 138 **IP12:** Ja, weil ja eigentlich die gleiche Stromstärke überall reinfließt. Weil da geht ein Teil von den Elektronen rein und dort auch, also.
- 139 **I:** Mhm, und das teilt sich dann-
- 140 **IP12:** Auf, ja.
- 141 **I:** Ok, wenn man da eine dritte dran hängt, verändert das irgendwas?
- 142 **IP12:** Naja, sie würden schwächer leuchten, aber , also alle gleich, aber schwächer als die zwei.
- 143 **I:** Ok, also weil wir drei haben ist es schon insgesamt schwächer?
- 144 **IP12:** Ja.
- 145 **I:** Wie stellst du dir das vor in diesem Knotenpunkt da, wieviel geht dann nach rechts und wieviel geht hinauf?
- 146 **IP12:** Moment, Moment, (lassen sie mich überlegen?) (lächelt) (Pause) Ja ok, ich denk dann doch, dass die am schwächsten leuchten würden, und die, also wahrscheinlich am hellsten, weil da würden die Elektronen gleich reingehn, was leichter ist. Und die würde am schwächsten leuchten und die am hellsten, und die halt (lächelt) nicht so stark, aber ja.
- 147 **I:** Das heißt, die erste Lampe würde-
- 148 **IP12:** Heller leuchten. Heller leuchten und dann die zweite und die dritte am wenigsten.
- 149 **I:** Am schwächsten, ja. Vorher hast du noch gesagt, dass alle gleich sind.
- 150 **IP12:** Ja (lächelt).
- 151 **I:** Hab ich dich jetzt zum Umdenken gebracht, in dem ich da drauf gezeigt hab, auf den Knotenpunkt da?
- 152 **IP12:** Ja, eigentlich schon, ja.
- 153 **I:** Ok. Was denkst du, bleiben wir jetzt dabei, dass die erste heller leuchtet und die anderen weniger hell?
- 154 **IP12:** Mhm.
- 155 **I:** Ok. Heißt das dann, hast du jetzt so rum gedacht, dass sich das halb halb aufteilt, oder wie teilt sich das da auf?
- 156 **IP12:** Ja, das sich das da halb halb aufteilt und dann da nochmal, und dass, naja, dass (lächelt) .. Da fließen halt viele Elektronen rein und dann geht dort die Hälfte rein, dann ists schon mal die Hälfte weniger. Und dann teilt es sich noch einmal und dann sind da am wenigsten Elektronen, und ja.
- 157 **I:** Ok, gut. Man kann statt den Lämpchen mal Widerstände hinein hauen und mal schauen, wie groß sind da die Stromstärken. Da haben wir hier bei D2, das ist schon das letzte, was wir hier ansehen. Hier kann man ja zum Beispiel hier einen Widerstand von Zehn Ohm statt dem einen Lämpchen hinein hängen und statt dem anderen Lämpchen einen Widerstand von Vierzig Ohm. In dem Fall fragt man sich natürlich, wie wirkt sich das dann auf die Stromstärken aus. Da kann man hier I oder Iges angeben und irgendwo in dem Ast I1 und da irgendwo I2. Was denkst du, wie verhalten die sich, welche ist da größer, welche kleiner?
- 158 **IP12:** (Also bei I1 ist die ?) Stromstärke größer als hier, weil das hier ja mehr Ohm benötigt.
- 159 **I:** Mhm, also I1 ist größer als I2.
- 160 **IP12:** Ja, genau.
- 161 **I:** Was ist mit diesem Iges?
- 162 **IP12:** Ja das würd dann halt die Stromstärke von beiden anzeigen. Aber ich denk, dass hier halt, dass die schwächer sein wird, also wenn sie von da kommt, wird sie stärker sein, als wenn sie wieder ankommt, denk ich.
- 163 **I:** Ok, also davor ist es halt am stärksten.
- 164 **IP12:** Ja.
- 165 **I:** Nach dem Knotenpunkt da, ist dann hier ein Unterschied zwischen den zweien?
- 166 **IP12:** Ja, also da wird sicher weniger Stromstärke sein als da, denk ich.
- 167 **I:** Ok, sagen wir, da kommt ein bestimmter elektrischer Strom Richtung R2, ist der davor und danach dann verschieden?
- 168 **IP12:** Ich glaub, da ist er auch, also die Stromstärke ist da auch weniger, denk ich.
- 169 **I:** Ok, also es teilt sich da unterschiedlich auf schon mal, und durch den Widerstand wird's weniger, und hier bei I1 auch.
- 170 **IP12:** Mhm.
- 171 **I:** Ok. Wenn das jetzt mal so ist, was passiert den, denkst du, wenn man da hinten was verändert? In dem Fall machen wir halt Fünfzig Ohm , also einen etwas stärkeren Widerstand bei I2.
- 172 **IP12:** Naja dass Iges auf jeden Fall mal weniger Stromstärke bekommt und, ja, dass einfach noch weniger Stromstärke einfach ist.
- 173 **I:** Da bei I2 ist weniger?
- 174 **IP12:** Ja.
- 175 **I:** Ok, und hier?
- 176 **IP12:** Ja, hier ist es, also gesamt ist es dann auch weniger.
- 177 **I:** Gesamt auch weniger, ok. Jetzt ist die Frage, passiert da was bei I1?
- 178 **IP12:** Ich denk nicht.
- 179 **I:** Also das heißt, das da bleibt unbehelligt vom äußeren hier.
- 180 **IP12:** Ja, ich denk schon.
- 181 **I:** Ok. Hier haben wir noch eine, ja, bisschen einen verzweigteren Aufbau. Wir haben eine Batterie und hier wird's einmal aufgezeigt und hier noch mal, das sind drei gleiche Lämpchen wieder. Und da ist wieder so die Frage danach: Man weiß, da sind Eins Komma Zwei Ampere. Kann man die angeben, wie groß die sein

- müssten? Da muss man sich überlegen, wie teilt sich da jetzt die Eins Komma Zwei Ampere auf die drei Äste hier auf. Hast du eine Idee, oder? Wie du da vorgehen könntest?
- 182 **IP12:** Also jetzt soll ich hier die Eins Komma Zwei Ampere aufteilen einfach, oder wie?
- 183 **I:** Naja, interessant ist es auf jeden Fall, ob sie gleich sind oder unterschiedlich erstmal.
- 184 **IP12:** Ich denk dass sie unterschiedlich sind, also .. wahrscheinlich wird die Lampe heller leuchten-
- 185 **I:** Die bei I3-
- 186 **IP12:** ja, als die zwei denk ich.
- 187 **I:** Und die zwei dann gleich, oder auch unterschiedlich?
- 188 **IP12:** Ich glaub, auch unterschiedlich, aber nur mit einem kleinen Unterschied, also nicht sehr viel.
- 189 **I:** Und wo kommt der her, oder warum haben die einen kleinen Unterschied, denkst du?
- 190 **IP12:** Naja, weil die – nein, ok, die würden gleich leuchten. Nein, die würden gleich leuchten, doch. Weil die Elektronen würden ja sowieso den gleichen Weg machen müssen, also ich denke, dass wird gleich sein.
- 191 **I:** Mhm, hast du dir da überlegt, dass das ein längerer Weg hinüber ist?
- 192 **IP12:** Ja.
- 193 **I:** Ok. Es ist so, hängt das davon ab, wie lang da der Weg durch den Draht ist?
- 194 **IP12:** Ja, ich denk schon, na, weil die Elektronen würden, also die Stromstärke würde ja da den leichteren Weg nehmen.
- 195 **I:** Das heißt, wenn wir da, sozusagen vor diesem Lämpchen da noch es ein paarmal im Kreis gehen lassen würden und dann erst anschließen?
- 196 **IP12:** Dann denk ich, würd die heller leuchten, weil dann mehr Stromstärke sein würde.
- 197 **I:** Also die würde auch leuchten, aber nicht so hell?
- 198 **IP12:** Ja.
- 199 **I:** Ok. In unserem Beispiel geht man davon aus, das steht zumindest am Anfang mal, dass dieser Draht hier keinen Widerstand hat. Das ist mal so die Voraussetzung. In Wirklichkeit hat so ein Draht schon einen kleinen Widerstand, aber in dem Fall nicht. Wenn dieser Draht da keinen Widerstand hat, macht das dann, ahm, was ist dann die Ursache dafür, dass es hier, wenns länger wird, nicht so hell leuchtet?
- 200 **IP12:** Ja, weil die Elektronen einen längeren Weg machen müssen, und sie ... Also was wir gelernt haben ist, dass sie immer den kürzeren Weg nehmen.
- 201 **I:** Ok, also sie nehmen den kürzesten Weg-
- 202 **IP12:** Also nicht alle, aber viele halt.
- 203 **I:** Ok, also umso kürzer der Weg, umso eher wollen sie in die Richtung.
- 204 **IP12:** Ja, genau.
- 205 **I:** Gut, dann haben wir das hier an sich jetzt durchgemacht. (...) Ja, eines: Du hast gesagt, von Minus nach Plus geht's.
- 206 **IP12:** Ja
- 207 **I:** Angenommen, da wären jetzt Pfeile, eben zum Beispiel von Plus zu Minus. Hier ist es angegeben, hier I1 und I2 einzutragen, da hast du gesagt, dass es sozusagen vor dem Widerstand größer ist als nach dem Widerstand
- 208 **IP12:** Mhm.
- 209 **I:** Hättest du dich dann durch die Pfeile um entschieden, also hätte dich das beeinflusst?
- 210 **IP12:** Nein, eigentlich nicht, nein.
- 211 **IP12:**
- 212 **I:** Also die Pfeile sind jetzt nicht so-
- 213 **IP12:** Mm.
- 214 **I:** Du sagst trotzdem, der geht jetzt von Minus nach Plus.
- 215 **IP12:** Aso, nein, nein, nein. Oja, das würde ich mir schon denken, dass sie dann in die andere Richtung gehen wahrscheinlich. Also das würde von Plus nach Minus gehen.
- 216 **I:** Also das heißt, das würde schon einen Unterschied bedeuten, wenn du dann konkret was angeben müsstest.
- 217 **IP12:** Ja, genau.
- 218 **I:** .Aber das würdest du dann so akzeptieren und damit rechnen?
- 219 **IP12:** Ja, genau
- 220 **I:** Ok, gut. Hab ich dich da irgendwo verwirrt oder aus dem Konzept gebracht?
- 221 **IP12:** Nein, eigentlich nicht, nein.
- 222 **I:** Hast du dich da wo umentschieden, weil ich noch einmal nachgehakt hab?
- 223 **IP12:** Also ja, bei der, Moment-
- 224 **I:** vorher, gell, wo ich auf den Knotenpunkt gezeigt hab?
- 225 **IP12:** Ja genau. Also da bei dem Lämpchen, da hab ich nicht (gewusst, irgendwie?)
- 226 **I:** Also da bei D.O.2.
- 227 **IP12:** Ja, genau.
- 228 **I:** Na gut, dann danke. Wenn du magst kann ich dir noch kurz einen ganz kurzen Überblick geben, wenns dich interessiert.
- 229 **IP12:** Ja, ok (lächelt)
- 230 **I:** Wenn's dich interessiert?
- 231 **IP12:** Ja, oja.
- ENDE

F Schriftlicher Test Phase 2

C2) In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. **Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.**

a) Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?

☐ Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$.

☐ Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher.

☐ Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.

☐ Andere Erklärung: _____

C4) Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit.

a) Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2 , wenn der Widerstand R vergrößert wird?

☐ L_1 bleibt gleich hell, L_2 leuchtet schwächer.

☐ L_1 leuchtet schwächer, L_2 bleibt gleich hell.

☐ L_1 und L_2 leuchten nun beide stärker.

☐ L_1 und L_2 leuchten nun beide schwächer.

☐ L_1 und L_2 leuchten gleich hell wie vorher.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.

☐ Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie.

☐ Andere Erklärung: _____

2

Test zur Erfassung der Schülervorstellungen zur E-Lehre

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Bei diesem Test handelt es sich ausschließlich um ideale Batterien (sie besitzen keinen Innenwiderstand). Ebenso sind verbindende Leitungen widerstandslos.

Die Lampen in diesem Test besitzen nicht wie die meisten tatsächlichen Lampen einen vom Strom abhängigen Widerstand.

Falls nicht anders angegeben, sind alle Lampen, alle Batterien und alle Widerstände in einem Beispiel gleich.

Es werden die bekannten Symbole verwendet:

 Spannungsquelle (Batterie)

 Glühlampe

 Widerstand

1. Gib bitte einen 7-stelligen Code ein:

Stelle 1: Der zweite Buchstabe deines Vornamens

Stelle 2: Der erste Buchstabe deines Nachnamens

Stelle 3: Der zweite Buchstabe im Vornamen deiner Mutter

Stellen 4 und 5: Dein Geburtsjahr (z. B. „05“ für 5. April)

Stellen 6 und 7: Bezirk deiner Schule (z. B. „03“ oder „16“)

2. Welche Note hast du in Physik im heutigen Semesterzeugnis? ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ n. b.

3. Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich

4. Wie alt bist du? ☐ ☐ 5. Ist DEUTSCH deine Muttersprache? ☐ Ja ☐ Nein

6. Ich bin bereit, später ein kurzes persönliches Interview zu führen
(Bringe in dem Fall die unterschriebene Einverständniserklärung mit!) ☐ Ja ☐ Nein

7. Kreuze die richtige(n) Antwort(en) an!
Falls dir keine der Antworten in (b) gefällt oder du etwas ergänzen willst, kannst du in die letzte Zeile eine Erklärung in eigenen Worten schreiben.

C1) In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. **Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.**

a) Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?

☐ Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$.

☐ Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher.

☐ Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom.

☐ Andere Erklärung: _____

1

C8) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.

Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und wenn R_1 verkleinert wird?

a)

☐ Die Lampe leuchtet heller.
☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.
☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Andere Erklärung: _____

C9) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.

Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und wenn R_2 vergrößert wird?

a)

☐ Die Lampe leuchtet heller.
☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.
☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand.

☐ Beim Zurückfließen des Stroms verändert der Widerstand die Stromstärke.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe vor dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst alle Lampen im Stromkreis.

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Andere Erklärung: _____

3

D1) Die Glühlampen im folgenden Stromkreis sind alle gleich. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A.

Wie groß sind die Stromstärken in den Verzweigungen?

Ergänze die fehlenden Werte für I_1 , I_2 und I_3 !

Stromstärke $I_1 =$	A
Stromstärke $I_2 =$	A
Stromstärke $I_3 =$	A

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Der Strom fließt dort, wo der geringste Widerstand ist.

☐ Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.

☐ Da alle Lampen gleich sind, fließt durch jede der gleiche Strom.

☐ Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt in gleiche Teile aufgeteilt.

☐ Der Strom nimmt den kürzesten Weg.

☐ Der Strom teilt sich bei der ersten Abzweigung verschieden auf, da auf der einen Seite zwei Lampen sind und auf der anderen Seite nur eine Lampe ist.

☐ Andere Erklärung: _____

D2) Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.

a) Wie verhalten sich dann die Ströme I_1 und I_2 ?

☐ I_1 ändert sich, I_2 bleibt gleich.
☐ I_1 bleibt gleich und I_2 ändert sich.
☐ I_1 und I_2 werden beide verändert.
☐ I_1 und I_2 bleiben unverändert.

Wie verhält sich der Strom I ?

☐ I wird kleiner ☐ I bleibt gleich ☐ I wird größer

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand.

☐ R_2 kann I_1 nicht beeinflussen.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.

☐ Andere Erklärung: _____

Danke für deine Mitarbeit!

4

G Interviewübersichten und -ausschnitte Phase 2

In diesem Teil des Anhangs sind die Übersichtstabellen zu allen Interviews der zweiten Phase aufgelistet. Diese Tabellen wurden ursprünglich als individuelle Interviewleitfäden benutzt, weshalb in der linken Spalte des oberen Teils die vor den Interviews formulierten Einstiegsfragen zu finden sind. Unterhalb sind die zur Orientierung dienenden (über Excel automatisch eingefügten) Antworten und Erklärungen des zuvor ausgefüllten Tests ebenfalls belassen worden.

Bei der Auswertung wurden einerseits Stichworte und Kommentare und sinngemäße Wiedergaben des Gesprochenen eingefügt (und dadurch auch die vor den Interviews formulierten Fragen zum Teil geändert), andererseits manche Dialoge nach den auch in Phase 1 verwendeten Transkriptionsregeln (siehe Tab. 4.3 auf Seite 32) transkribiert. Die so transkribierten Stellen sind durch eine fortlaufende Nummerierung der Absätze zu erkennen (001, 002, ...). Die Nummerierung der Interviews folgt der ID-Nummer der InterviewpartnerInnen:

Interview 20

20	Code	
Einstiegsfragen		Antworten
Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Naja, da wir die Widerstände noch nicht gelernt haben, hab ich mir eigentlich gedacht: 'oje, was könnte das sein' (Widerstände noch gar nicht durchgenommen) Bei manchen Sachen hab ich mir gedacht, "Widerstand", das heißt, es muss ja irgendwas dagegen sein, also eigentlich nicht so schwer. Wenn das stimmt, was ich mir gedacht hab.
Hast du alle SYMBOLE gekannt?		ja Widerstandsymbol, da hab ich mir gedacht, dass es eben das da sein muss
Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		grob überflogen
Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		Die Skizzen waren recht eindeutig ja.
Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		Solche Wellen. Also so ein Kabel und da fließen da solche Wellen. höhere Stromstärke? Dann sind sie kürzer, kurzweilig. Und umso schwächer, umso langweiliger.
WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		Kreis Richtung unklar Also wenn's geschlossen ist, ist es ein StromKREIS, also es fließt dann im Kreis. Ich denk mal, im Uhrzeigersinn (nicht so wirklich eine Idee, in welche Richtung)
Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		Hin und wieder war ich mir nicht sicher, ob ich jetzt die oder die nehmen soll, weil sie ähnlich waren, aber nicht ganz gleich.

Antw.	Erklärungen	Fragen
C1.a.1 (r)	kleiner	
C1.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	
C2.a.1 (r)	kleiner	
C2.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	
C4.a.4 (r)	beide schwächer	
C4.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst ALLE Lampen im	

Antw.	Erklärungen	Fragen
	Stromkreis.	
C8.a.1 (r)	heller	
C8.b.5 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	
C9.a.3 (r)	weniger hell	
C9.b.5 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	
D1.a.1 (r)	(0,4 - 0,4 - 0,4)	Ich hab mir halt gedacht, dass es sich auf alle drei aufteilt, aber jetzt bin ich mir selber nicht mehr ganz sicher.
D1.b.4	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt IN GLEICHE TEILE AUFGETEILT.	Was hast du hier gemeint, was heißt für die "GLEICHE TEILE"? Ja, weil es sind drei Abzweigungen, da hab ich einfach das durch drei geteilt, das Eins Komma Zwei, und dann kommt da 0,4 raus.
D2.a.2 (r)	I2 verändert	Verzweigungspunkt? Ein Punkt, wo sich zum Beispiel eine Gerade in zwei Teile teilt. also sowas? Ja.
D2.a.5 (r)	I kleiner	Hier war ich mir auch nicht sicher, ob du bei I "kleiner" oder "gleich" ankreuzen wolltest, weißt du das noch?
D2.b.3 (r)	R2 kann I1 NICHT BEEINFLUSSEN.	Ich glaub, da hab ich das hier gemeint (zeigt auf "kleiner")

Interview 24

24	Code		
Einstiegsfragen			Antworten
Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			Ja, es ging um den Strom..KREIS, irgendwas. (...) Zum Beispiel, einige Aufgaben waren, die Stromstärke zu messen, die Veränderung der Stromstärke. Ja, es war etwas schwieriger, aber ich glaub, ich konnte es ganz gut, ich war (einstunden?), ja. Ja, in der zweiten Klasse, ich konnte mich noch etwas erinnern.
Hast du alle SYMBOLE gekannt?			Ja, das ist die Glühbirne und das sind solche Widerstände.
Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			Ja, hab ich. (...) War halbwegs verständlich, ja.
Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			Mhm, ja.
Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			Ja, schon. (...) Also ich stell mir Strom so vor, dass es wie eine Energie ist, und dass ohne Strom halt die Menschheit nicht so weit wäre wie jetzt. Und das Bild von Strom stell ich mir vor, wie etwas leuchtendes, das umherdüst. (im Draht drinnen?) Mhm, genau. (mehr Stromstärke?) Also ich stell es mir vor, dass es entweder noch heller ist, oder halt MEHR, mehr von diesem Leuchten, also sowas wie Licht halt mehr.
WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			(Hat das eine Richtung, fließt da etwas?) Er fließt vom positiven zum negativen Pol. (fließt er da einmal hinüber, oder im Kreis die ganze Zeit, oder?) Also im Kreis, im geschlossenen Stromkreis fließt er die ganze Zeit.
Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			Ja

Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
C1.a.1	kleiner		

Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
(r)			
C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.		Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung? Mit hinter meint man das da oder? (...) Also ich hab mir das so vorgestellt, dass wenn jetzt der Strom so fließt, wird der hier vom Widerstand weniger und deswegen wird die Glühbirne auch nicht so hell, aber wenn's da auftritt und es in diese Richtung fließt wird ja die gb nicht beeinflusst. (Mit "hinter" hast du verstanden, der Strom fließt und ist entweder schon vorbei oder nicht, wenn das verändert wird?) Ja.
C2.a.2	gleich	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	(wie oben beschrieben, verändert erst dahinter etwas)
C2.b.7	Andere Erklärung: „Der Widerstand mit 20 Ω ist erst nach der Glühbirne“	Hast du hier keine Erklärung gefunden? Hat dir die Erklärung mit "hinter dem Widerstand" nicht gefallen?	Nein. (hier (C1) noch angekreuzt, hier nicht?) Hm, also den Grund ist mir nicht selber auch nicht bewusst, eher Intuition. (Von Widerstand vorher schon was gehört?) Ja, also in der zweiten hab ich schon was davon gehört.
C4.a.1	L2 schwächer		
C4.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe VOR dem Widerstand.	Warum beeinflusst der Widerstand hier die Lampe DAVOR und bei C1 die Stromstärke dahinter?	Ich hab's mir so vorgestellt, wenn der Strom wieder vom positiven zum negativen fließt, und jetzt mit einer Stromstärke von, also einer bestimmten Stromstärke fließt, sagen wir 0,4 A - Ist das richtig, wenn ich 0,4 A nehme? (Ja klar, was auch immer, ja) Dann leuchtet die Lampe I1 mit 0,4 A, hier ist der Widerstand, und dann wird's halt weniger wegen dem Widerstand, deswegen leuchtet die Lampe nicht so hell wie die andere. (vor...?) Nein, ich glaub ich hab da die andere Stromrichtung genommen, dass es vom Minus nach Plus fließt. (Also das hast du eh auch wieder so verstanden, dass es dahinter-) Ja, mhm.
C8.a.2	gleich		Wenn die Lampe gleich hell leuchtet, glaub ich halt, dass es die gleiche Batterie ist, daher leuchtet die Lampe gleich hell, aber ich glaub, damit hat das nichts zu tun. Aber wenn ich jetzt die Lampe leuchtet gleich hell, hab ich keine Antwort gefunden, die auch, also die eine Begründung, die die Antwort wiedergibt. (So wie du argumentiert hast, könnte man sagen, es beeinflusst nur die Lampe hinter dem Widerstand, es steht nur nicht dabei, dass sie gleich hell leuchtet) (Hättest du vielleicht das Einser eher genommen, sagst du, das C8.b.1?) Ja.
C9.a.1	heller	Was ist der Unterschied zwischen C9 und C8?	(hättest du da jetzt eine Antwort?) (die zweier.
C9.b.1	Es ist DIESELBE Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.	Wann /wo ändert sich die Stromstärke, wenn die Batterie gleich bleibt?	... ich hab da das falsche nur angekreuzt, da hab ich mich vertan
D1.a.3	(1,2 - 1,2 - 1,2)		
D1.b.4	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt IN GLEICHE TEILE AUFGETEILT.	E	(... was du unter GLEICHE TEILE verstehst?) Ich glaube ich hab zuerst eine andere Antwort da hingeschrieben und dann das hier angekreuzt und nicht mehr geändert. (...) Ich glaub, das Strom, wenn er jetzt verzweigt wird, dass er sich nicht teilt, sondern wenns 1,2a sind, dass es nicht 0,6 wird, sondern dass es überall gleich bleibt, also wieder 1,2 Ampere sind.
D2.a.2 (r)	I2 verändert	Wie hat sich I1 verändert?	Also 1,2 Ampere nicht, wenn da der Widerstand, dann müsste es ja weniger.
D2.a.6	I gleich	E	

Interview 25

25	Code		
Einstiegsfragen			Antworten
Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			Ich glaub, ich hab eine ausgelassen. Unabsichtlich. Für mich, ich kann mich nicht mehr so gut an die zweite Klasse, den Widerstand erinnern. An die Zeichnungen schon noch.
Hast du alle SYMBOLE gekannt?			Ja
Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			Ja, ich habs durchgelesen, aber ich kann mich nicht mehr so gut erinnern, was da stand.
Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			Also von der Zeichnung her schon halt. Aber wir haben glaub ich den Widerstand nicht gemacht und deswegen geb ich zu, ich hab teilweise irgendwas angekreuzt.
Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			In Form eines Atoms oder so vielleicht, irgendwie Blitzl, Blitzl. (Stromstärke größer?) Irgendwas mit Watt oder so? (..) Also zum Beispiel eine Glühbirne, wenn nicht so stark ist leuchtet's weniger, und wenn's stärker ist, dann mehr. Ja, irgendso eine Linie oder sowas (mehr Stromstärke?) Pff, gut Frage. Also ob dann die Linien anders ausschauen? Vielleicht dass sie dann schneller fließen, oder GEHEN, wie auch immer. LEITEN.
WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			Weg von der Stromquelle. So und so (Also von Plus weg und von Minus weg?) Nein, ist ja ein Strom KREIS, kreisförmig. Das heißt, ich glaub, es war immer vom Plus weg, aber ich bin mir nicht so ganz sicher. (Beim Test, was hast du da gedacht?) Es ist ja auf beiden Seiten gleich viel Widerstand, deshalb hab ich eben gedacht, es ist gleich viel wie vorher.
Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			Ja schon meistens (?)

Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
C1.a.2	gleich		(Hast du das gelesen, dass der Widerstand von 10 auf Zwanzig geändert wird?) Achso, also dass das da jetzt Zwanzig. (gelesen?) glaub nicht, also ich bin mir jetzt nicht ganz sicher. (Du hast gesagt, ... selbe Batterie...) Eigentlich hätte ich jetzt gesagt, es wird kleiner, weil es ein größerer Widerstand ist, also es blockiert, so wie beim Wasser, wenn man etwas schließt oder so, dann kommt weniger durch. (Da wirst du also was anderes gedacht haben?) Hab ich wohl nicht gelesen.
C1.b.6	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher liefert sie denselben Strom.	Wann /wo ändert sich die Stromstärke, wenn die Batterie gleich bleibt?	(Angabe undeutlich?) Ich glaub ich habs einfach von mir aus - vielleicht, dass man hier (...) die Werte hervorhebt.
C2.a.3	größer	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	Ich glaub, da hab ich irgendwas angekreuzt, weil ich glaub, das hab ich nicht verstanden
C2.b.5	Der Strom fließt dort, wo der GERINGSTE WIDERSTAND ist.	Was verstehst du unter dem "geringsten Widerstand"? (leichtester Weg / will er beim kleineren Widerstand vorbeig?)	(gut angehört?) JA schon, weil wenn da Zwanzig ist dann würd's ja hier so fließen - nein, dann wärs ja eigentlich genauso gleich sein wie vorher. Dann wäre die Stromstärke genau gleich wie vorher. (Also jetzt würdest du eher sagen, sie wäre genauso groß wie vorher?) Ja, also wenn ich DIESE Entscheidung nehmen würde. (Frage nach geringstem Widerstand) (...) oder der leichteste Weg oder sowas in der Richtung. Ja eh sowas. Irgendwie bei einem DAMM, Wasser, wenn, eine Schleuse ist weiter offen und eine ist weiter zu und dadurch ist dort wo es weiter offen ist halt ein geringerer Widerstand, dadurch kommt mehr Wasser

Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
			durch. So würd ich das .. definieren.
-	-	Bei C4 steht in der Angabe "beide Lampen leuchten mit gleicher Helligkeit". Hast du das gelesen? Hat es dich verwirrt?	"Was passiert WENN, oder (...) hätte ich geschrieben." (unklare Antwort?)
C4.b.6	Beide Lampen haben eine DIREKTE VERBINDUNG zu der Batterie.		001 I: Wenn der Widerstand vergrößert wird. 002 IP25: Ja, da bleib ich eigentlich dabei [leuchten gleich hell], weil beide haben ja eine direkte Verbindung zur äh Lampe. Und es geht ja nicht darum, dass - er ist ja da und die Lampen sind ja außerhalb, also 003 I: Ok. 004 IP25: Und da ich (...) der Strom kommt ja zuerst zu den Lampen und dadurch beleuchtet's gleich hell. 005 I: Ok, das heißt, da kann der Strom vom Plus zur Lampe und von der Seite auch- 006 IP25: Minus, ja. 007 I: Ok. Das widerspricht aber jetzt ein bisschen dem, was du vorher gesagt hast- 008 IP25: Ja wegen dem Stromkreis, weil's 009 I: Genau, ja. Also wie du angekreuzt hast, hast du jedenfalls so argumentiert- 010 IP25: Ja, wahrscheinlich, da hab ich ... da hab ich das vergessen mit dem Stromkreis, das das. 011 I: Also wenn's im Kreis gehen würd, wärs also anders? 012 IP25: Ja dann würde je nachdem, wenn's vom Minuspol weggehn würde, dann würde L1 schwächer leuchten und L2 bleibt gleich hell und sonst halt genau umgekehrt. 013 I: (...) Was passiert mit dem Strom im Widerstand, wird der schwächer oder langsamer, oder? 014 IP25: Glaub, langsamer, ich bin mir nicht sicher. 015 (...)Der könnt weg sein oder einfach nur verändert sein, oder- 016 IP25: Weg, glaub ich nicht. Weil Glühbirne erhitzt ja den Draht, wird in Wärme umgewandelt. Der eine wird zu Wärme verwandelt und der andere fließt weiter. I: Weißt du noch, wieso du C8 und C9 nicht gemacht hast? IP25: Das hab ich glaub ich übersehen.
D1.a.3	(1,2 - 1,2 - 1,2)		
D1.b.5	Der Strom nimmt den KÜRZESTEN WEG.		Im Nachhinein ausgebessert, deshalb hab ich die Entscheidung nicht ausgebessert, glaub ich "fließt durch jede der selbe Strom" hätte ich dann gesagt.
D2.a.2 (r)	I2 verändert		(Macht das einen Unterschied, ob das I hier oder hier steht?) Ja, weil sonst hätte ich gesagt, es bleibt gleich, weil es geht ja sozusagen von hier aus. Aber wenn's nur für das zählt ist wieder die Frage, von plus oder von minus aus. Weil würd's von Plus weggehn, würd ich sagen, es bleibt gleich, weil's ja noch nicht beim Widerstand war und wenn's von hier geht dann wird's kleiner.
D2.a.5 (r)	I kleiner		
D2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.		

Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
		C8,C9:	
		Hat dir die Zeit gefehlt?	
		Hast du die Aufgabe übersehen?	Ja, hab ich übersehen.
		Gehen wir sie kurz zusammen durch	(C8,) C9: Abhängig von Stromrichtung : Wenn's vom Minus geht, leuchtet's gleich hell, wenn's vom plus geht dann leuchtet's weniger (Antwortmöglichkeit C9:) Ja, " HINTER dem Widerstand..."

Interview 46

In dieser Arbeit zitierte Ausschnitte:

(04:40)

001 **I:** Ich möchte auch wissen, was du denkst, wenn du so eine Antwort liest, ob das verständlich war, oder blöd formuliert oder so.

002 **IP46:** Die Fragen waren ein bisschen komisch, bei den meisten hab ich mich eh nicht ausgekannt, also.

003 **I:** Von der Angabe her oder von den Erklärungen-

004 **IP46:** Von den Antworten dann. „Wie erklärst du deine Entscheidung - „Die Veränderung des Widerstand verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand“ ... das ist ein bisschen unlogisch.

005 **I:** Mhm. Da weißt du nicht wirklich, was mit davor und dahinter gemeint ist?

006 **IP46:** Naja da ist davor und da ist hinten. [deutet auf Stellen vor und hinter dem Widerstand, bezogen auf die Stromrichtung]

(05:15)

(06:30)

007 **I:** Du hast nämlich bei beiden gesagt, es wird kleiner-

008 **IP46:** Ja.

009 **I:** Da wollte ich eben wissen, ob du dann eher die Antwort für beide gedacht hast oder die andere. Ob das für dich einen Unterschied macht oder nicht.

010 **IP46:** Ja, (für?) ein bissi logischer ist die erste [E1, „hinter“].

(06:42)

Übersicht:

46	Code		
Einstiegsfragen			Antworten
Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			(Unterricht) Ja da haben wir auch solche Dings gehabt, da konnten wir auch so Glühbirnen reinstekken und so. Bin aber nicht mehr fertig geworden. Nur bis zur zweiten Frage gekommen. (falsch erinnert) Hab mehr Glück angekreuzt irgendwie. Müsste halt wissen wie Widerstand funktioniert. (gelernt?) Ja, schon mal gehört aber. Widerstand bremst halt irgendwie oder?
Hast du alle SYMBOLE gekannt?			
Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			(durchgelesen?) Wenn dann überflogen.
Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			War mir eh klar. Aber es fließt von Plus zu Minuspol oder?
Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			(...) Der Widerstand stellt's runter, dann geht's weiterKomisch. (Was vorstellen?) Nein, ich weiß halt nur, dass es fließt.

WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			Ich stell mir fast so vor, wie Wasser, wie so eine Schleuse. Halt, es fließt ganz normal im Fluß, der Widerstand setzt's runter, dann fließt es weiter, und bei der Lampe hat's dann eine gewisse Wasserhöhe und dann runter und. (beim Test selber, was gedacht?) Ja, so wie jetzt. (Hast gezeigt, von Minus weg da hinüber?) Ja keine Ahnung, ich schätz mal, es fließt von Plus nach Minus, aber bei dem ist es eh egal, glaub ich.
Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			(Antworten eher überflogen nur)
Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten
C1.a.1 (r)	kleiner		
C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	Hab ich mir gedacht, dahinter ist das Wasser noch tiefer. (...überall verändert) Ja, außer da. (das heißt, nach dem Pluspol sollts noch gleich sein?) Ja. (Vorn und hinten auf Strom bezogen)
C1.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.		(eher b1?) Ja
C2.a.1 (r)	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	Hab geglaubt, dass es das gleiche ist erst mal. Für mich logischer ist die erste (HINTER). (Und bei beiden, Hinter dem Widerstand wird verändert) Keine Auswirkung auf den
C2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.		
C2.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.		(dann müsstest du sagen gleich groß?) Ja. Stromstärke ist irgendwas mit Volt oder so. Die Batterie hat halt nicht so ne starke Energie wie ne Hochspannungsleitung.
C4.a.1	L2 schwächer		
C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst nur die Lampe HINTER dem Widerstand.		011 Die Lampe [L2] kriegt weniger Strom als die hier
D1.a.2	(0,3 - 0,3 - 0,6)		
D1.b.4	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt IN GLEICHE TEILE AUFGETEILT.		Hab das so verstanden, dass es sich immer in die Hälfte teilt.
D2.a.2 (r)	I2 verändert	E	Bei D2 war es nicht mehr logisch, also (...) nicht mehr ausgekannt hab. (!?) Also insgesamt wird schon kleiner. (...) Nimmt also insgesamt mehr Schaden. (nicht so sicher?) Ja.
		C8, C9	
		Hat dir die Zeit gefehlt?	Is wurscht oder (also gleich, wegen dem dahinter?) Ja.

		Hast du die Aufgabe übersehen?	
		Gehen wir sie kurz zusammen durch	

Interview 47

	47	Code		Antworten	
		Einstiegsfragen		Antworten	
1		Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Naja, es ging so. Irgendwie hab ich das schon lang nicht mehr gemacht (2. Klasse?) Ja. (Erinnert an den U?) Ja ein bisserl halt, an das Symbol .	
2		Hast du alle SYMBOLE gekannt?		Was der Widerstand macht, hab ich nicht gewusst eigentlich. Was der wirklich bewirkt.	(Aber schon gedacht, dass die Stromstärke kleiner wird durch den Widerstand?) Ja, das schon, ja.
3		Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		überflogen?	
4		Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		Sind gegangen.	
5		Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		x	Von Plus nach Minus gedacht.
6		WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			
7		Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		(Zeit gefehlt?) Ja, war schon zu kurz.	Da hab ich mich dann um entschieden und so
	Antw.	Erklärungen	Fragen	Antworten	
8	C1.a.1 (r)	kleiner		001 Weiter hinten hab ich mich dann anders entschieden, kann das sein? 002 Bei den ersten zwei hast du jedenfalls gedacht, es wird kleiner oder? 003 Ja, das hab ich mir schon gedacht.	
9	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	Ist ja eigentlich ein StromKREIS, also eigentlich sollte es alles verhindern, das hab ich mir nachher dann gedacht, aber. () Wenn der Strom dann da fließt, dass er dann da geringer wird und ... ja .. eigentlich sollte er überall geändert werden, wenn ich mir das so denk. .	
10	C1.b.5	Der Strom fließt dort, wo der GERINGSTE WIDERSTAND ist.	Was verstehst du unter dem "geringsten Widerstand"? (leichtester Weg / will er beim kleineren Widerstand vorbei?)	004 Dass er dort besser fließt, wo jetzt ein Widerstand ist oder ein kleiner Widerstand ist.	(Unklare Antworten)

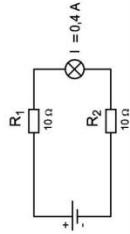
11	C2.a.1 (r)	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	Ich weiß, aber die Frage ist anders, glaub ich. Hab gedacht, das macht keinen Unterschied jetzt.	(Hinter?) Hab auch nicht gewusst, von wo der Strom fließt.
12	C2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.		I.: Also hier hast du gedacht, es ist egal?) I.: Ist Definitionssache. Kann ich dir nachher noch sage. War di R klar - von der Fragestellung her - wo man den Strom fließt? I.: Denkst du das jetzt auch? Wenn sie sagen es ist Definiotnssache (...) Wenn er da jetzt von Plus nach Minus fließt und da von Minus nach Plus, dann ist es gleich denk ich mir.	
13	C2.b.5	Der Strom fließt dort, wo der GERINGSTE WIDERSTAND ist.		Fragen eher überflogen, auf das Bild geschaut und ja.	
14	C4.a.4 (r)	beide schwächer		Hier auf die Idee gekommen, dass das Ganze ein Stromkreis ist, und immer so fließt und wenn einfach ein Widerstand da ist, dann ist der ganze Stromkreis schwächer, die ganze Energie und es wirkt sich auf beide Lampen aus.	(also ab hier "vor" und "hinter" verworfen?) Ja, also einfach wenn ein Widerstand da ist im Stromkreis, dass es einfach insgesamt weniger wird.
15	C4.b.4 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	Bei C4 steht in der Angabe "beide Lampen leuchten mit gleicher Helligkeit". Hast du das gelesen? Hat es dich verwirrt?	Ja, hab das eher überflogen, also weiß nicht mehr so genau.	
16	C8.a.3	weniger hell	Widerstand?	das übersehen, sollte heller werden, wenn Widerstand kleiner	
17	C8.b.5 (r)	Eine Veränderung des Widerstandes beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.			
18	C9.a.2	gleich	Hier wieder ein Unterschied zwischen C8 und C9	Ja. Also wenn ich's mir jetzt so anschau, wenn's von Plus nach Minus fließt, sollts weniger werden.	Was ich mir damals gedacht hab war, das Strom alles kleiner wird. Ja, bleibt gleich hell stimmt dann nicht. (also mit mehr Nachdenken wäre es "weniger hell" geworden?) Ja.
19	C9.b.1	Es ist DIESELBE Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.	Warum nicht "alle Lampen?"	Ja, weil ich da oben "gleich hell" angekreuzt hab.	
20	D2.a.4	beide gleich	E	Beide gleich bleiben, das war nur irgendwas, schnell schnell halt.	glaub eher, dass der L2 weniger wird. I1 auch weniger, aber nicht so viel weniger als der hier [i2] Bei der Batterie bleibt's gleich.

21			D1 Auf drei verteilen vielleicht?	Naja, da teilt es sich auf, also 0,6 und dann nochmal, also beide 0,3. (also in verzw. Halb halb?) Ja. (Weiß der Strom, was dahinter ist?) Naja, dadurch dass er so schnell fließt, eher nicht. Also wenn er langsamer fließen würde... Also ich denk eigentlich nicht.	(Also "in gleiche Teile" würde passen?) Ja.
22			Hat dir die Zeit gefehlt?	Ja.	
23			Hast du die Aufgabe übersehen?		
24			Gehen wir sie kurz zusammen durch		

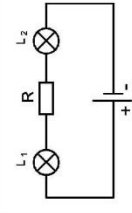
H Schriftlicher Test Phase 3

Seite 2

C2)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_2 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.
a)	Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?
	☐ Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$. ☐ Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher. ☐ Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?
	☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand R_2 . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand R_2 . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis. ☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Andere Erklärung: _____
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?
	☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



C4)	Im Stromkreis rechts unten leuchten beide Lampen L_1 und L_2 mit gleicher Helligkeit.
a)	Wie verändert sich die Helligkeit der beiden Lampen L_1 und L_2 , wenn der Widerstand R vergrößert wird?
	☐ L_1 bleibt gleich hell, L_2 leuchtet schwächer. ☐ L_1 leuchtet schwächer, L_2 bleibt gleich hell. ☐ L_1 und L_2 leuchten nun beide stärker. ☐ L_1 und L_2 leuchten nun beide schwächer. ☐ L_1 und L_2 leuchten gleich hell wie vorher.
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?
	☐ Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe hinter dem Widerstand R . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe vor dem Widerstand R . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst alle Lampen im Stromkreis. ☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. ☐ Beide Lampen haben eine direkte Verbindung zu der Batterie, daher hat der Widerstand R keinen Einfluss auf die Lampen. Andere Erklärung: _____
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?
	☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



Weiter auf Seite 3!

Seite 1

Test zur Erfassung der Schülervorstellungen zur E-Lehre

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Bei diesem Test handelt es sich ausschließlich um ideale Batterien (sie besitzen keinen Innenwiderstand). Ebenso sind verbindende Leitungen widerstandslos.

Die Lampen in diesem Test besitzen nicht wie die meisten tatsächlichen Lampen einen vom Strom abhängigen Widerstand.

Falls nicht anders angegeben, sind alle Lampen, alle Batterien und alle Widerstände in einem Beispiel gleich.

Es werden die bekannten Symbole verwendet:



1. Gib bitte einen 7-stelligen Code ein:

Stelle 1: Der zweite Buchstabe deines Vornamens	Stelle 2: Der erste Buchstabe deines Nachnamens	Stelle 3: Der zweite Buchstabe im Vornamen deiner Mutter	Stellen 4 und 5: Dein Geburtsjahr (z.B. '05 für 5. April)	Stellen 6 und 7: Bezirk deiner Schule (z.B. '03' oder '18')

Dein Code:

2. Welche Note hast du in Physik im heurigen Semesterzeugnis? ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ n.b.

3. Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich

4. Wie alt bist du? ☐ ☐ 5. Ist DEUTSCH deine Muttersprache? ☐ Ja ☐ Nein

6. Ich bin bereit, später ein kurzes persönliches Interview zu führen

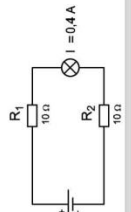
(Bringe in dem Fall die unterschriebene Einverständniserklärung mit!) ☐ Ja ☐ Nein

7. Kreuze die richtige(n) Antwort(en) an!

Falls dir keine der Antworten in (b) gefällt oder du etwas ergänzen willst, kannst du in die letzte Zeile eine andere Erklärung in eigenen Worten schreiben.

Bitte kreuze immer eine Antwort und eine Erklärung an, auch wenn du dir unsicher bist!

C1)	In einem Stromkreis mit einer Glühlampe und den Widerständen $R_1 = 10\Omega$ und $R_2 = 10\Omega$ beträgt die Stromstärke $I = 0,4\text{ A}$. Widerstand R_1 wird nun durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt.
a)	Welchen Einfluss hat das auf die Stromstärke durch die Glühlampe?
	☐ Die Stromstärke ist nun kleiner als $0,4\text{ A}$. ☐ Die Stromstärke ist genau so groß wie vorher. ☐ Die Stromstärke ist jetzt größer als $0,4\text{ A}$.
b)	Wie erklärst du deine Entscheidung?
	☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke hinter dem Widerstand R_1 . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke vor dem Widerstand R_1 . ☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis. ☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Andere Erklärung: _____
c)	Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?
	☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



Weiter auf Seite 2!

Seite 3

c8) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.
a) Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_2 gleich bleibt und wenn R_1 verkleinert wird?

☐ Die Lampe leuchtet heller.

☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.

☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie hinter dem Widerstand R_1 liegt.

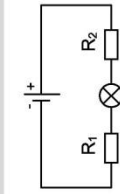
☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie vor dem Widerstand R_1 liegt.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, unabhängig von ihrer Lage im Stromkreis.

☐ Andere Erklärung: _____

c) Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?

☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



c9) Im Stromkreis rechts unten sind zwei Widerstände und eine Glühlampe an eine Batterie angeschlossen.
a) Wie ändert sich die Helligkeit der Lampe, wenn R_1 gleich bleibt und wenn R_2 vergrößert wird?

☐ Die Lampe leuchtet heller.

☐ Die Lampe leuchtet gleich hell.

☐ Die Lampe leuchtet weniger hell.

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher leuchtet die Lampe gleich hell.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie hinter dem Widerstand R_2 liegt.

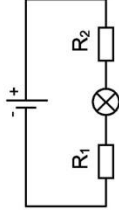
☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie vor dem Widerstand R_2 liegt.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, unabhängig von ihrer Lage im Stromkreis.

☐ Andere Erklärung: _____

c) Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?

☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



Weiter auf Seite 4!

Seite 4

D1) Die Glühlampen im folgenden Stromkreis sind alle gleich. Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 A.
a) Ergänze die fehlenden Werte für I_1 , I_2 und I_3 :

Stromstärke $I_1 =$ ____ A

Stromstärke $I_2 =$ ____ A

Stromstärke $I_3 =$ ____ A

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Die Stromstärke nimmt mit der Entfernung zur Batterie ab.

☐ Alle Lampen sind gleich. Daher fließt durch jede Lampe der gleiche Strom.

☐ Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer halbiert.

☐ Andere Erklärung: _____

c) Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?

☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher

D2) Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.

a) Wie verhalten sich dann die Stromstärken?

Die Stromstärke I_1 ... ☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner

Die Stromstärke I_2 ... ☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner

Die Stromstärke I ... ☐ wird größer ☐ bleibt gleich ☐ wird kleiner

b) Wie erklärst du deine Entscheidung?

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_2 verändert nur die Stromstärke I_2 hinter dem Widerstand R_2 .

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert nur die Stromstärke I_1 vor dem Widerstand R_1 .

☐ Der Widerstand R_2 kann die Stromstärke I_1 nicht beeinflussen.

☐ Eine Veränderung des Widerstandes R_1 verändert die Stromstärke überall im Stromkreis.

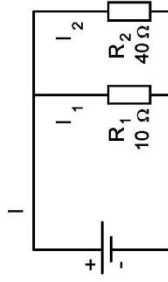
☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dieser wird auf I_1 und I_2 neu aufgeteilt.

☐ Es ist dieselbe Batterie, daher liefert sie denselben Strom. Dadurch bleiben I_1 und I_2 gleich.

☐ Andere Erklärung: _____

c) Wie sicher warst du dir bei der Beantwortung dieser Aufgabe?

☐ sehr sicher ☐ ziemlich sicher ☐ nicht so sicher ☐ sehr unsicher



Danke für deine Mitarbeit!

I Interviewübersichten und -ausschnitte Phase 3

In diesem Teil des Anhangs sind die Übersichtstabellen zu allen Interviews der dritten Phase aufgelistet. Diese Tabellen wurden ursprünglich als individuelle Interviewleitfäden benutzt, weshalb in der linken Spalte des oberen Teils die vor den Interviews formulierten Einstiegsfragen zu finden sind. Unterhalb sind die zur Orientierung dienenden (über Excel automatisch eingefügten) Antworten, Erklärungen und angegebenen Sicherheiten des zuvor ausgefüllten Tests ebenfalls belassen worden.

Bei der Auswertung wurden einerseits Stichworte und Kommentare und sinngemäße Wiedergaben des Gesprochenen eingefügt (und dadurch auch die vor den Interviews formulierten Fragen zum Teil geändert), andererseits manche Dialoge nach den auch in Phase 1 verwendeten Transkriptionsregeln (siehe Tab. 4.3 auf Seite 32) transkribiert. Die so transkribierten Stellen sind durch eine fortlaufende Nummerierung der Absätze zu erkennen (001, 002, ...). Die Nummerierung der Interviews folgt der ID-Nummer der InterviewpartnerInnen:

Interview 66

66	21		
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Hmm, ich war nicht so sicher
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		Ja, R ist Widerstand, I ist Stromstärke, das ist die GB und das die Batt
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		Nein
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		Nein, das hab ich nicht kapiert, das war mir klar, aber das nicht
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		Oja schon eigentlich, oja Sag einmal, wenn du Strom zeichnen müsstest, oder so? (lacht) keine Ahnung
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		fließt der Strom irgendwo hin? Ja, schon oder? Hat der da eine Richtung? Ja, von beiden Seiten halt
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript
	C1.a.2	gleich	Wie ist das, wenn die selbe Batterie ist, kann die SS dann irgendwann anders werden? Nein, das bleibt ja gleich, oder, wenns die selbe Batterie ist hast du schonmal von Widerständen gehört? Ja. Was macht ein Widerstand so? Ach, keine Ahnung
	C1.b.4	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher liefert sie denselben Strom.	Hast du
	C1s2	nicht so sicher	
	C2.a.3	größer	
	C2.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	Wieso verändert hier die Widerstand etwas? Ja keine Ahnung, wenn der da was verändern würde, dann wärs ja größer oder (?) als 0,4. Und wenn du das vergleichst mit C1? Ist dasselbe aber, keine Ahnung. Hast du dir was gedacht dabei, wie du verschieden erklärt hast? Ja schon eigentlich, weil wenn man irgendeinen Widerstand verändert, dann wärs ja größer, die SS wird ja größer Vorher hast aber noch gesagt, es bleibt gleich, oder? Ja, gleich bleiben. unentschieden?

			JA, da war ich mir nicht so sicher zuerst, aber da dann schon
	C2s3	ziemlich sicher	
	C4.a.3	beide stärker	
	C4.b.5	Beide Lampen haben eine DIREKTE VERBINDUNG zu der Batterie, daher hat der Widerstand R keinen Einfluss auf die Lampen.	... Ahja (Pause) das hab ich falsch gemacht. Was wäre denn da, wenn du jetzt überlegst? Eine Veränderung, das da oder (?) ... nur VOR dem ... Was verstehst du unter vor? Vor, also vor dem da rechts oder links? alle beide oder (?) also zwischen Batterie und Widerstand ist
	C4s3	ziemlich sicher	
	C8.a.2	gleich	Ja, da war ich mir nicht sicher. Jetzt ist es verkehrt (meint Vergleichen mit C12)
	C8.b.1	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher leuchtet die Lampe gleich hell.	Ich hab mir zuerst gedacht, die L leuchtet heller, aber wenns von beiden Seiten kommt, dann wirds ja kleiner oder, wenn der Widerstand kleiner wird
	C8s2	nicht so sicher	jetzt: weniger hell war nicht klar, dachte zuerst heller, weil das mit den Widerständen nicht klar war
	C9.a.3	weniger hell	ja aber, r2 wird ja stärker und es wird ja weniger heller, wenn der Widerstand größer wird.
	C9.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.	
	C9s3	ziemlich sicher	
	0	0,2 0l,4 0,6	
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.	001 I: Wie ist es dir hier gegangen? 002 IP66: Hier war ich mir sehr sicher, also, je weiter der Weg, desto weniger Ampere. Z.B. da ist er viel weiter, da hab ich 0,2. 003 I: Und mit Weg meinst du wie lang das Kabel ist oder weit das von der Batterie- 004 IP66: Wie weit das von der Batterie entfernt ist. 005 I: Ok. Das heißt, wenn man da sozusagen so ganz lange Kabeln hätten und das genauso legen würd, würd's gleich leuchten? 006 IP66: Ja. 007 I: Und wenn man das wegziehen würd, also wenn man das von der batt wegschiebt, dann wirds dunkler? 008 IP66: Mhm. (zustimmend) 009 I: Und warum passiert das? Du warst dir ja sehr sicher, vielleicht hast du ja eine Erklärung. 010 IP66: Also auf dem Weg, zum Beispiel, fließt ja nicht mehr so, zum Beispiel es unterscheidet sich, einer geht rechts und einer geht links, und dann wird's ja weniger Strom. Aber da geht's gleich nur auf (einem Weg zur?) Batterie 011 I: Mhm. 012 IP66: Stimmt das oder stimmt das nicht, das würd ich auch gern wissen (lächelt) 013 I: Das kann ich dir nachher noch sagen. Hier geht's wirklich darum, dass du zuerst sagst, was du denkst, und was du warum ankreuzt. 014 IP66: Ja, das ist das Einzige, wo ich mir sehr sicher war. 015 I: Hast du das schon einmal so gehört, oder? 016 IP66: Jaja, hab ich schon. Hatten wir auch schon mal gemacht in Physik. ...
	D1s4	Sehr sicher	
	D2a3	l1 gleich	da hab ich geraten

	D2b2	I2 kleiner	hat so wild ausgesehen
	D2d1	I größer	(irgendwas angekreuzt)
	D2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 HINTER dem Widerstand R2.	
	D2.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)	
	D2s1	sehr unsicher	

Interview 67

67	22		
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Gewusst oder geraten? Ja ich glaub schon, einmal hab ich geraten, aber Aber du hast schonmal davon gehört? ja letzte mal durchgenommen? vor 3, 4 wochen
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		ja
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		ja
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		von plus zu minus, (...) wenns gleichstrom ist, dann von plus nach minus, sonst hin und her
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript
	C1.a.1	kleiner	warum bist du dir nicht sicher? ich hab fast immer"nicht sicher"
	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.	
	C1s2	nicht so sicher	
	C2.a.2	gleich	
	C2.b.5	Andere Erklärung: „R2 muss vor der Lampe sein“	doch aber ich war mir nicht sicher, ob mit vor hier oder hier gemeint ist vor/hinter unklar
	C2s4	Sehr sicher	was passiert durch den widerstand, wird der verbraucht, oder weniger schnell oder? du hast ja gesagt, die L leuchtet nicht so hell, wenn der größer wird? der lässt nicht so viel durch... und von was? hmm
	C4.a.1	L2 schwächer	hier nichts gefunden, was passen würde? doch, aber ich war mir nicht sicher, ob vor dem widerstand hier gemeint ist oder da
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.	halt damit hab ich gemeint hier. aber da (c2) hast du nicht angekreuzt? Ja ich war mir nicht sicher, das hab ich später gemacht, am ende aber es wäre sozusagen das gleiche gemeint mit hinter? ja
	C4s2	nicht so sicher	Bevor man den verändert, leuchten die gleich hell oder nicht? (...) Ja I1 leuchtet dann normal und L2 ... leuchtet schwächer.

			jetzt steht da (...) mit gleicher Helligkeit, hast du das gelesen? Nein. Hast du nur das fettgedruckte hier angeschaut? ja. Grundsätzlich, hast du dir immer nur das fettgedruckte durchgelesen? Ja.
	C8.a.2	gleich	
	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.	
	C8s2	nicht so sicher	
	C9.a.3	weniger hell	(C9E übersehen) Was würdest den ankreuzen? Ja das (Pause), ja das würde ich ankreuzen, hinter dem. also das gleiche wie bei C8? ja
	C9s2	nicht so sicher	(wollte Entfernung und halbiert ankreuzen, war sich unsicher)
	D1.a.2	(0,3 - 0,3 - 0,6)	001 I: Und bei den letzten zweien, was hast du dir dabei gedacht? 002 IP67: Ja, ich hab mir gedacht, je weiter die Lampe weg ist, desto mehr verliert die Stromstärke. 003 I: Ok, so was wie da "mit der Entfernung"? 004 IP67: Ja ich war mir unsicher, weil eigentlich wollt ich beide ankreuzen. 005 I: Hast du zuerst die Zahlen ausgefüllt oder die Erklärung? 006 IP67: Zuerst die Zahlen. 007 I: Ok. Wenn du sagst, "weiter weg", wie würden dann die Zahlen aussehen, wäre- 008 IP67: Wie meinen Sie jetzt? 009 I: Wäre da mehr und da weniger Stromstärke, also bei I3 mehr und da [I1] weniger? 010 IP67: Ja, weil hier wirds halbiert und hier dann noch einmal 011 I: Ok. Deshalb 03, 03, 06? 012 IP67: Ja.
	D1.b.3	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer HALBIERT.	
	D1s3	ziemlich sicher	
	D2a3	I1 gleich	
	D2b3	I2 gleich	
	D2d2	I kleiner	Wie ist das passiert, das die gleich bleiben und der I kleiner? Ja, das wird hier kleiner, ist das nicht aja, ok, da unten wirds kleiner und oben? wirds gleich bleiben und i1, wird das dann vor dem verzweigungspunkt auch kleiner, oder? halt gleich, aber .. es wird schon kleiner weil ein widerstand halt. Aber jetzt von der Frage her würde es gleich sein, wenn man das hier vergleicht. das i1 würd gleich bleiben und das i2 kleiner werden? ja, man verändert ja nur das. Ok, weil du hättest bei i auch "bleibt gleich" schreiben müssen, oder? Ja aber ich wusste ja nicht, dass das oben hier gemeint ist. Ok, also bei i1 und i2 war klar, dass das da drinnen, davor ist und bei i war das nicht so klar (?) (nickt) aber ich wusste ja nicht, dass das da oben gemeint ist Ok, also da wird auch dahinter was gemacht und davor nicht? (nickt)

	D2.b.7	Andere Erklärung	(AE: R1 und R2 müssten vor I1 und I2 sein.)
	D2s2	nicht so sicher	Symbole alle klar? ja.

Interview 68

68	23		schon letztes Jahr!!!
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Hast du dich noch erinnern können an letztes Mal? Hallbwegs.
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		Das am Anfang durchgelesen? JA. Also schon durchgeschaut? Ja. Hat dir das geholfen? Na, die Symbole hab ich eh schon alle gekannt. Würdest du sagen, das war ein leichter oder ein schwerer? Dazwischen, also er war nicht zu schwer, aber auch nicht zu leicht.
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		Ja.
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		Schaltsskizzen hast du dich ausgekannt? Ja,
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		Stromrichtung, gibts da irgendwas, fließt der in irgendeine Richtung, oder überall, oder ist der einfach da? -Von Plus nach Minus.
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript
	C1.a.1	kleiner	
	C1.b.5	Andere Erklärung: „Ich weiß es von Physik“	Hat da nichts gepasst? Na ich habs nur überflogen-na ich habs mir gemerkt, was wir jetzt in Physik gemacht haben, wenn der Widerstand größer wird, wird die Stromstärke kleiner und umgekehrt.
	C1s4	Sehr sicher	
	C2.a.1	kleiner	Beim zweiten hast du gesagt, dass es kleiner wird. Hast du da einen Widerstand gesehen zwischen den zweien? ... Aber von der Angabe war schon ein Unterschied, oder? JA, da war der Widerstand, der R1 Aber das macht keinen Unterschied? Nein. Vor einem Jahr weiß ich noch, da hast du anders geantwortet ... in die Richtung argumentiert, dass es dahinter kleiner wird, davor nicht, kannst du dich da noch erinnern? Ja. Aber jetzt glaubst du, es ist alles gleich? Ja.
	C2.b.5	Andere Erklärung: „Genau wie bei C1“	
	C2s4	Sehr sicher	
	C4.a.4	beide schwächer	Und bei C4 warst du dir auch ziemlich sicher. Da hast du es gefunden, beeinflusst alle Lampen im Stromkreis. wäre beispielsweise bei C2 die dritte Antwort passend für dich? Oja. Oja, ja, würde passen, ja. Ok, aber du warst dir da nicht so sicher und hast dann- (Unterbrechung)
	C4.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	
	C4s3	ziemlich sicher	
	C8.a.1	heller	erklär da vielleicht einmal, du hast gesagt, bei beiden wirds heller

			(Pause) Aso! Da müsste eigentlich weniger hell sein ... hab gedacht, es ist das gleiche wie oben, hab ich übersehen
	C8.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.	
	C8s3	ziemlich sicher	
	C9.a.1	heller	
	C9.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.	
	C9s3	ziemlich sicher	
	D1.a.3	(1,2 - 1,2 - 1,2)	
	D1.b.2	Alle Lampen sind GLEICH. Daher fließt DURCH JEDE Lampe der gleiche Strom.	001 I: Wie kommst du da jetzt auf 1,2 Ampere? 002 IP68: Die Gesamtstromstärke beträgt 1,2 Ampere, also wirds da auch weitergehen mit 1,2 (Widerstand?) 003 I: Ok, und was passiert in dem Punkt da?... 004 IP68: Da geht der Strom nach links und nach rechts. 005 I: Also da 1,2 Ampere und da 1,2 Ampere. 006 IP68: Ja. 007 I: Ok. Was heißt Ampere eigentlich? 008 IP68: Das ist die Stromstärke. 009 I: Ok. Also wenn da ein Strom daherkommt, dann geht er- 010 IP68: (Auf?) beide gleich. 011 I: Ok. Dann geht er überall hin, wo er so. 012 IP68: Ja, überall hin. 013 I: Wie wir damals diskutiert haben, da hast du gesagt, entweder er teilt sich auf auf 0,4 dreimal, wird also gedrittelt, oder es könnte auch sein, dass er sich halbiert, dann gehen da 0,5 hin und da 0,6 hin, also schlussendlich 0,3 0,3 0,6. Da warst du dir aber sehr unsicher, würde das jetzt nicht mehr in Frage kommen? 014 IP68: Mm. (verneint) (überall gleich?, flüstert)
	D1s2	nicht so sicher	
	D2a3	I1 gleich	Und mein letzten?...
	D2b2	I2 kleiner	...
	D2d2	I kleiner	
	D2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 VOR dem Widerstand R2.	Dann hast du aber zwei Erklärungen angekreuzt, warum haben da beide gepasst? Ja, weil R2 kann I1 nicht beeinflussen. Und das andere ging um den ganzen Stromkreis. Also eins ging um die zwei, und eins um den ganzen und I1. Nocheinmal Also die zweite Antwort ging um I1 eigentlich, zwischen R2 und I1. Gut, dh, dass der R2 das I1 nicht beeinflussen kann. Ja. Und eine Veränderung (wh Antwort) Ja. Was meinst du mit VOR, wo ist vor dem Widerstand? hier. Hier, ok. Was ist dann nach dem Widerstand, also unterhalb? Was ist denn dort? Wird dort auch was verändert oder nicht? Da fließt dann weniger weiter. Weil da der Widerstand mehr aufhält und nur mehr weniger durchkommt. Ist dann da gleich viel wie da oben, sozusagen davor und dahinter, oder verschieden groß? Ich glaub... ah nein, beim Widerstand kommts nur langsamer durch, aber es ist gleich groß, würd ich sagen. Also das das vorn und hinten gleich groß ist, nur dass es so langsamer fließt, durch den Widerstand. Dh, oben fließts schneller und da langsamer? Nein, nur im Widerstand, und dann wirds wieder schneller.

	D2.b.3	Der Widerstand R2 kann die Stromstärke I1 NICHT BEEINFLUSSEN.	
	D2s3	ziemlich sicher	Also nach R2 wirds schneller, im Widerstand selbst langsamer und daovr ists auch schneller? Ja.
			Wenn du begründest, das es nur vor dem Widerstand, würde ICH es so verstehen, dass das hier gemeint ist, dass es hier weniger wird, also dort, wo I2 steht und da unten nicht, oder anders. Es geht ja auch darum, ob die Fragen verständlich sind. Hast du das irgendwie anders verstanden als ich es gerade gesagt hab? Ich hab's anscheinend nicht genau gelesen. (dass da "vor" steht?) Also davor würde eigentlich nicht passen? Ja, (?)

Interview 69

69	24			
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript	Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		normal gut.	
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		ja. war alles klar? ja.	
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?		hast du dich da zurecht gefunden? ja.	
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		ja .. strom sieht nicht aus für mich, strom ist strom den gibts einfach? ja.	
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		Ja er fließt seiner Leitbahn, also in den kabeIn von den stromerzeugern Da oben steht Spannungsquelle, ist das was andere als Stromerzeuger? naja, stromerzeuger, spannungswuelle... Spannungsquelle ist ..spannungswuelle ist einfach isthalt die quelle, also kann erzeugen und ... von plus nach minus.	
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			alle E durchgelesen
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript	Kommentar
	C1.a.1	kleiner		
	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.		(hinter nach stromfluss)
	C1s3	ziemlich sicher		davor noch gleich
	C2.a.1	kleiner		kein Unterschied, welcher Wid

	-	-	ab dem R1 ists kleiner aus der Spannungswuelle kommen 0,4 Ampere raus, hab ich geglaubt weniger? durhc die glühbirne	(nicht gesehen, dass es aus der spannungswuelle rauskommt - KEINE KLARE ANTWORT...)
	-	-	bevor man den verändert, leuchten die da gleich oder nicht gleich? also wenn kein wid ist dann leuchten sie auch nicht gleich, weil ja das kabel auch widerstand hat und wenn irgendwein wid drinnen ist, dann eluchtet die I2, also die hintere, nicht so stark? ja, es leuchtet so oder so weniger stark, weil halt, also alles hat ein bisschen widerstand?	vorher auch schon unterschiedlich, aber nur ein bisschen
	C4.a.1	L2 schwächer	001 IP69: (...)das hab ich nicht gelesen (...) ich hab nur auf das Fettgedruckte geschaut verwirrt das? 002 ja [sie leuchten vorher auch schon] ein bisschen [unterschiedlich], aber nur dass man es nicht erkennen kann, (...) also wenn man (grob?) messen würde, würde man's nicht sehen, aber wenn man ein paar Kommastellen anschauen würde, würd man vielleicht einen kleinen unterschied merken 003 004 ich hab überhaupt verstanden, dass man sagen soll, wie das mim widerstand ist?	(grundsätzlich immer nur das fettgedruckte gelesen!)
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.		
	C4s4	Sehr sicher		
	C8.a.3	weniger hell		Unterschied: bei einem Vergrößert, aber es ist trotzdem dasselbe.
	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.		C8 wie C9, aber nicht so stark
	C8s4	Sehr sicher		verwundert, warum der R1 heißt und der R2 (passt nicht nur stromrichtung)
	C9.a.3	weniger hell		R1 verkleinert: Übersehen
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.		C8: korrigiert auf bleibt gleich hell
	C9s4	Sehr sicher		
	0	0	0,3 0,6 1,2	teilt sich aud,
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.		übersehen, hätte gesagt 0,6 0,6 1,2
	D1s3	ziemlich sicher		nochmal probiert -> 03 03 06

	D2a2	I1 kleiner		Erklärung jetzt: die letzte
	D2b2	I2 kleiner		grundsätzlich zu schnell gelesen alles
	D2d3	I gleich		unterhalb der widerstände gemeint mit i1 und i2
	D2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 HINTER dem Widerstand R2.		bei i an die ss oben gedacht
	D2s2	nicht so sicher		teilt sich auch vorher bei verzweigung auf, dadurch auch schon kleiner Erklärungen waren zu kompliziert, so dass sie oft irgendetwas angekreuzt hat.

Interview 70

70	25			
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript	Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		relativ gemütlich	alles irgendwie sehr schnell durchgegangen, nicht so viel nachgedacht, keine gute Erinnerung, was er sich gedacht hat
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		ja Hab ich alle schon gekannt, ja.	2 mal Stromspannung ist Volt, Stromstärke ist Ampere gesagt, weiß aber nicht wirklich, was der Unterschied ist
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		ja	Stromstärke wird größer, Stromspannung wird kleiner bei vergrößertem Widerstand!
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		Wie Strom ausschauen könnte, wie man sich das so vorstellt im Draht drinnen? Ja., das kann man auch mit einer speziellen Kamera sehen, das hab ich in Galileo gesehen (lächelt). Da sieht man ganz kleine Blitze rum..streuen. Und wenn man eine größere Stromstärke hat, verändern sie sich dann? Ja, sie werden dicker und ... (lächelt) und ja, mehr.	
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			pluspol bis zum minuspol
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript	Kommentar
	C1.a.3	größer	001 I: Was passiert denn da? Warum ist dann die Stromstärke größer? 002 IP70: Wenn man den Widerstand verstärkt, wird dadurch auch die Stromstärke also größer, aber die Stromspannung wird kleiner, also die Volt	stromstärke wird größer, stromspannung wird kleiner

			werden kleiner und die Ampere werden größer. 003 I: Die Volt werden kleiner und die Ampere werden größer, ok. Und, was ist da der Unterschied zwischen der Stromspannung und der Stromstärke? 004 IP70: Oh nein, das wüsst ich nicht. 005 I: Gut, das heißt, wenn da mehr Widerstand ist, dann hat man einfach mehr Stromstärke. Wird die dann überall mehr, oder? 006 IP70: Ja .. es wird überall mehr, und nur da wird's dann noch mehr größer .. 007 I: Also nach- 008 IP70: Nach dem zweiten Widerstand. 009 I: Nach dem R2 wird's dann noch einmal- 010 IP70: Ja. 011 (...)	
	C1.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	012 I: (...) Also du hast gesagt, das verändert „überall“ den Stromkreis, wenn man den R1 verändert. Meinst du mit „überall“ auch da vorher, nach dem Pluspol? 013 IP70: Ähh, nein, eigentlich nicht. 014 I: Hast du dir die Fragen da genau durchgelesen und die Erklärungen- 015 IP70: Nein. (lacht) 016 I: Nein, ok. Ja passt eh, ist eh gut zu wissen. Hast du die selber auch durchgelesen, oder einfach irgendwas angekreuzt? 017 IP70: Also, die hab ich (oft?) durchgelesen, weil ich dachte im Moment „überall nach dem R1“. 018 I: Also mit „überall“ hast du gedacht, nach dem R1 ist da gemeint? I: Gut, das heißt, wenn da mehr Widerstand ist, dann hat man einfach mehr Stromstärke. Wird die dann überall mehr, oder? 019 IP70: Ja.	unterschied aber nicht bekannt
	C1s3	ziemlich sicher		überall mehr, aber nach widerstand auch noch einmal mehr
	C2.a.1	kleiner	Was hast du denn dabei gedacht, kannst du das noch- Nein, ich weiß es eigentlich nicht. Was ist denn der Unterschied zwischen C2 und C2, hast du das gelesen? Ja, weil der Widerstand 2, wenn der verstärkt wird, dann ändert das nichts bei den Ampere bei der Lampe. Wo hast du gedacht, is	mit überall vor pluspol nicht gemeint
	C2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand R1.	vor = links vom r2 wirds kleiner(nach dem R2 beim Minuspol)	Erklärungen nicht sehr genau durchgelesen
	C2s3	ziemlich sicher	Also das nicht fettgedruckte hast du gelesen und die Frage nicht. Ja.	mit überall gemeint: überall NACH R1
	C4.a.4	beide schwächer		Vor bei c2 nicht erklärt, weiß nicht mehr, was er sich gedacht hat
	C4.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	warum alle? weiß ich jetzt auch nicht, müsste eigentlich	nach dem r2, vorm minuspol würde er es betrachten
	C4s3	ziemlich sicher		nur das nicht fettgedruckte gelesen

	C8.a.2	gleich		davor: links davon (ich sehe es von der Seite)
	C8.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie VOR dem Widerstand R1 liegt.	links vom r1 gemeint	Fragestellung erkannt
	C8s2	nicht so sicher		C8: kein Unterschied, weils danach ist
	C9.a.3	weniger hell		
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.	mich hinter ist rechts gemeint	
	C9s4	Sehr sicher		
	D1.a.3	(1,2 - 1,2 - 1,2)	weil kein widerstand	alles gleich weil kein widerstand hat einleitung gelesen, da steht: kein Widerstand in lampen, daher alle gleich.
	D1.b.2	Alle Lampen sind GLEICH. Daher fließt DURCH JEDE Lampe der gleiche Strom.		Ja das ist eine Parallelschaltung, daher überall gleich viel Strom.
	D1s4	Sehr sicher		
	D2a3	I1 gleich		
	D2b2	I2 kleiner		
	D2d3	I gleich		
	D2.b.3	Der Widerstand R2 kann die Stromstärke I1 NICHT BEEINFLUSSEN.		müsste eigentlich alles gleich bleiben.
	D2s3	ziemlich sicher		weil gemessen wird, wo buchstaben stehen! nur die ersten 3 erklärungen durchgelesen, b3 hat dann gut gepasst

Interview 71

71	26			
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript	Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			letzte seite schwierig, davor ok
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			ja
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			ja
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			

	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)		
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?	(Ende C2), Ja. Warum, ist's falsch? Ich wollte nur wissen, ob du wirklich alle gelesen hast, oder ob du gar keine gefunden hast. Ich hab nicht verstanden "eine andere Erklärung", MUSS ich da bei jeder Frage eine schreiben, oder? (steht am Anfang: nur als Alternative)	
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript
	C1.a.1	kleiner	wie ist es dir bei c1 und c2 gegangen? relativ sicher.
	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.	gibts einen Unterschied zwischen den zweien? hmm. Wichtig ist auch zu wissen, ob du das genau durchgelesen hast, oder ob du das nur überflogen hast. Na, was war denn da anders? (liest sich alle noch einmal durch= Ja, dass da R2 und da R3 widerstand steht.
	C1s3	ziemlich sicher	(Erklärt Aufgabenstellung noch einmal) ... und da wird der widerstand r2 größer gemacht. Macht das einen Unterschied für die BEantwortunge der Frage, glaubst? Nein, weil es fließt ja vom Plus den Stromkreis oder ist das falsch? ... Weil ich glaub, es kommt dso, d... von plus nach minus
	C2.a.1	kleiner	Gibts unterschiedliche Stromstärken an unterschiedlichen Stellen? Also nach dem ist es glaub, ich die Stromstärke am schwächsten. Also hinter dem R2 wird das schwächer sein (IP nickt), ok.
	C2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand.	Und bei der Frage, wo hast du dir gedacht, an welcher Stelle soll man sich das überlegen? ich glaub an der Stelle, also zum Lämpchen von R. Beim Lämpchen, ok. Und weißt du noch, hast du dir da eine Überlegung gemacht, ob das einen Unterschied macht? Nein, ich hab das nur von der Skizze gelesen, hab mnicht voll durchgelesen und dann geschaut, was die Antworten sind. Würdest du jetzt was anderes antworten? Wenn du da zweimal misst, und einmal machst du den R1 und einmal den R2 größer, ob das einen Unterschied macht. Ich glaub, der R2 ist unwichtig für die Lampe, weil es fließt ja vom Plus zum Minus. Weils danach ist? Ja. Ok.
	C2s3	ziemlich sicher	
	C4.a.1	L2 schwächer	
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.	auch wieder so gedacht wie vorher? ja also der Lampe ist's wurscht, was davor passiert? Ja. dahinter verändert, davor nicht.
	C4s2	nicht so sicher	
	C8.a.1	heller	Hast du da einen Unterschied gesehen? Ja (...)
	C8.b.1	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher leuchtet die Lampe gleich hell.	Warum „heller“ angekreuzt, obwohl? Ich wollte eigentlich ja „gleich hell“ Ich hab jetzt (da?)
	C8s2	nicht so sicher	

	C9.a.1	heller		
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.		
	C9s3	ziemlich sicher		
	0	0,3 0,6 1,2	Na, das hab ich überhaupt nicht verstanden	
	D1.b.3	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer HALBIERT.	weil ich hab geglaubt, fließt der Strom und wird immer geteilt durch zwei, also wird bei m L3 am stärksten sein, beim L2 durch zwei dividiert und dann noch einmal, so war meine Überlegung	
	D1.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)	...	(nochmal genaues Nachfragen wegen der Werte)
	D1s1	sehr unsicher	wenn's da geteilt wird, dann fließt hier 0,6 und dann wird's nochmal geteilt auf 0,3 für beide.	(jetzt Halbierung richtig gerechnet)
	D2a3	I1 gleich		
	D2b2	I2 kleiner		
	D2d3	I gleich		
	D2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 HINTER dem Widerstand R2.	War das klar in der Angabe? Ja, weil (..) L1 stört ja jetzt noch keinen, also hab ich gedacht, es bleibt gleich, es verändert sich nicht. Bei I2 hast gesagt, sie wird kleiner, wo hast du das gemeint? Ich hab gedacht, es wird noch einmal halbiert. (...) Ist das falsch?	halbiert-> kleiner angekreuzt
	D2.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)	Und das I1 wird dann nicht kleiner? Stimmt... Wollt nur wissen, warum du was angekreuzt hast. Na hab nur dumm überlegt. (Pause) Wenn meine Überlegung stimmen würde, würde ja auch das halbiert werden, also kleiner werden. Hast du das so verstanden, dass hier gemessen wird? Nicht richtig, nein Überlegt, ob oben oder unten gemeint?= Nein. ... Restlichen Antworten auch noch durchgeschaut? Nein, keine Zeit mehr	
	D2s1	sehr unsicher		

Interview 72

72	27			
Hyp	Einstiegsfragen		grobes Transkript	Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		Ja, nicht so wirklich gut. Schonmal gehört alles? Ja schon, vor drei Tagen oder so.	
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?		Ja.	
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		Ja, war alles klar	
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			

	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?	Der ist überall gleich, oder (?) Das heißt, der ist überall? Ja.	
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript
	C1.a.1	kleiner	
	C1.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	Was würdest du (bei C2) sagen? Da ist die Stromstärke genau so groß durch die Lampe Also wenn man den auf 20 verändert, passiert nichts, warum? Weils halt vorm Widerstand ist die Lampe. Was verstehst du mit DAVOR? So wie fder Strom fließt, oder rechts/links, oder? Ja so wie vom Pluspol, denk ich. Dh, der Strom fließt schon vom Pluspol Richtung Minuspol? Ja.
	C1s2	nicht so sicher	Was für eine Erklärung würdest du geben (liest Erklärungen vor)? Ich glaub eher, dass es der selbe Strom ist, weil. Der selbe Strom, ok. Aber da oben, da wäre (...)Dass heißt du würdest sagen, "der selbe Strom" weil sich da jetzt nichts verändert. Was würdest du da ankreuzen? "nicht os sicher".
	C4.a.1	L2 schwächer	Hast du dir da was gedacht, dabei, oder hast dus einfach mal gut gefunden? Ja, ich habs einfach mal am besten gefunden. Ok, und oben sagst du "beide schwächer leuchten"? Nein, das ist durchgestrichen. Aso das ist durchgestrichen, dh, nur L1 gleich, L2 schwächer. (...) Ok, dann ist eh klar, was du da gemeint hast.
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.	
	C4s3	ziemlich sicher	
	C8.a.1	heller	Unterschied zwischen beiden? Ja, da wird der Widerstand verkleinert und da wird er vergrößert.
	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.	Und welcher wird vergrößert, welcher verkleinert? Ja, der R1. Bei C8 und bei C9 R1 verändert? Ja Das ist vielleicht unklar geschrieben? Da steht, wenn der R2 vergrößert wird. Aja. Macht das einen Unterschied, wenn da der R2 vergrößert wird? Mm (verneinend) Das heißt, in jedem Fall leuchtet die Lampe gleich hell und da weniger hell? Mhm(nickt)
	C8s2	nicht so sicher	Wenn du das so argumentierst, würde ich mit denken, dass das hier...
	C9.a.3	weniger hell	Wie ist es dir insgesamt gegangen, schnell durchgelesen? Es geht.
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.	
	C9s3	ziemlich sicher	

	D1.a.2	(0,3 - 0,3 - 0,6)	Bei jeder Abzweigung der Strom halt halbiert wird.	(nichtnäher behandelt)
	D1.b.3	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer HALBIERT.		
	D1.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	D1s1	sehr unsicher		
	D2a3	I1 gleich		
	D2b2	I2 kleiner		
	D2d2	I kleiner	Warum? Weil das ein eigener Stromkreis ist. Wo misst du I1 und I2 und I ? Drüber. Weil du gemeint hast, hinter ist unten, hast du das da auch so verstanden? Ja.	
	D2d3	I gleich	I gleich gemeint.	Oberhalb noch gleich, unterhalb kleiner
	D2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 VOR dem Widerstand R2.		
	D2.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	D2s1	sehr unsicher		

Interview 73

73	28		Schon einmal Interview geführt in Phase 1!!	
ZN	Einstiegsfragen		grobes Transkript	Kommentar
1	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)		001 I: Hast du dich Erinnern können an das letzte Mal? 002 IP73: Ja. Und war es ok? Ja, es war schon ok, ja.	
2	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			
3	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)		oben nicht mehr durchgelesen im Prinzip hab ich eh noch alles gewusst	
4	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
5	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			
6	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			
7	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		(nach C9) Jaja. Die logischste für mich ausgesucht halt	
ZN	Antw.	Erklärungen	grobes Transkript	Kommentar
8	C1.a.1	kleiner		
9	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.	003 Was meinst du mit „dahinter“? 004 IP73: Ja also wenns halt da anfängt, und wenn da der R1 verändert wird, dass dann da der Strom, der mit 0,4 Ampere durchläuft, dann hier verändert wird (deutet "hinter" den Widerstand, zwischen R1 und L)	hinter ist hinter Stromfluss

10	C1s2	nicht so sicher	005 Was macht so ein Widerstand mim Strom 006 IP73: Ja, Strom...stärke halt verringern	weniger SS --> L weniger hell
11	C2.a.2	gleich	007 Da hast du gesagt, das ist das gleiche praktisch, nur dass der andere verändert wird, du hast gesagt "gleich groß". 008 Ja. 009 Hast du da kurz überlegt, ob der vielleicht doch kleiner wird? - 010 Ja.	
12	C2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.	011 I: Als wir da das Interview gemacht haben, hab ich gesehen, da hast du AUCH zuerst gesagt, das gleich groß sein müsste. Und dann hast du dich um entschieden und hast gesagt, er müsste eigentlich kleiner werden, weil wenn er da zurück muss, muss er ja auch durch R2 durch. Kannst du dich noch erinnern? 012 IP73: Ja. 013 I: Da hast du irgendwie so argumentiert: Zuerst geht er da durch und wird nur da hinten beeinflusst und geht dann wieder zurück. Weißt du das noch? 014 IP73: Jaja. 015 I: Denkst du das immer noch? Vor allem würde mich interessieren, wie du dir das überlegst genau. 016 IP73: Ja... weil eigentlich, wenn sich jetzt- Also eigentlich, wenn man jetzt sagt, es würde halt, also wenn der- Es wäre egal, ob da jetzt ein Widerstand wäre oder nicht, dann würde es ja theoretisch egal sein, ob das jetzt ein Stromkreis IST, oder nicht. Bzw halt, es würde- Also es müsste eigentlich schon was verändern. 017 I: Aja, ok. Heute hast du auf jeden Fall gesagt, das bleibt gleich groß. 018 IP73: Ja. 019 I: Hast du das, denkst du das jetzt anders oder? 020 IP73: Ja, das ist... ich hab ja eh hingeschrieben, "nicht so sicher", keine Ahnung.ja. 021 I: Das heißt, du würdest eigentlich sagen, von dem, was du denkst, müsst er gleich groß bleiben, aber sonst wärs irgendwie unsinnig? 022 IP73: Ja. 023 I: Ok.	Strom fließt zurück, weil IP dachte, es ist Wechselstrom.
13	C2s2	nicht so sicher	024 I: Du hast gesagt, der Strom fließt von Plus nach Minus, erstmal. 025 IP73: Ja. 026 I: Und fließt der dann wieder zurück, oder fließt der im Kreis oder? 027 IP73: Ja, kommt darauf an, obs Wechselstrom ist, glaub ich. 028 I: Ja, was glaubst, wird denn da sein? 029 IP73: Äh.. Wechselstrom. 030 I: Also bei Wechselstrom fließt er wieder zurück, und bei Gleichstrom würd der nur in die Richtung fließen- 031 IP73: In eine Richtung, ja. 032 I: Ok, gut. Das ist so ein Zeichen für eine Batterie,	Gleichstrom: nur eine Richtung Wechselstrom: Zurückfließen

			das heißt Gleichstrom eigentlich. 033 IP73: Ah ok, ja.(lächelt) 034 I: Also damit ist Gleichstrom gemeint. Es steht nicht wirklich hier dabei, Außer, dass es eine Batterie ist und eine Batterie macht keinen Wechselstrom. Aber das muss man ja nicht wissen. Aber gut, jetzt versteh ich wie du das gemeint hast mit dem "hin und zurück".	
14	C4.a.4	beide schwächer		
15	C4.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	035 Da hast du das gleiche gesagt, da hast du gesagt, sozusagen, wenn der da verändert wird, beeinflusst das beide Lampen. 036 Ja. 037 Das heißt aber auch, dass jetzt kein davor/dahinter mehr einen Unterschied macht (..) Was ist da der Unterschied zwischen den beiden? 038 Ja, weiß nicht, irgendwie... 039 Schaut das anders aus, oder? 040 Ja, es ist im Prinzip eh das gleiche, nur halt, da sind zwei Lämpchen und da nur eines und da sind zwei Widerstände und da nur einer. 041 Was du ja vorher gesagt hast, war, dass der vom Plus kommt, der Strom und dann hinter dem Widerstand wird was verändert, und davor nicht. Das heißt, wenn man's sich so überlegt, müsste da weniger Strom sein bei L2 als bei L1 - muss natürlich nicht stimmen klarerweise. 042 Ja aber, weil er halt wieder zurückkommt, schließt sich das Ganze. Dadurch wird das halt dann auch beeinflusst. 043 Das heißt, insgesamt wird das dann auch wieder weniger. 044 Ja.	
16	C4.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
17	C4s1	sehr unsicher		
18	C8.a.2	gleich	...Beim Interview hast du gesagt, es gibt keinen Unterschied zwischen C8 und C9 ... Jetzt: gleich und weniger hell.	(Int. erzählt, was er im Vorjahr gemeint hat)
19	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.	Weil's davor ist? Ja.	
20	C8s3	ziemlich sicher		
21	C9.a.3	weniger hell		
22	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.	Hier wieder ein Unterschied zwischen davor und dahinter? Ja, das war meine Überlegung, aber eigentlich ist es wieder wie davor, müsste also wieder heller leuchten....	
23	C9s2	nicht so sicher		
24	D1.a.2	(0,3 - 0,3 - 0,6)	Warum?	

			Ja (...) teilt sich auf (...) teilt sich wieder auf. Letztes Mal hast du gesagt, dreigeteilt. ...	
25	D1.b.3	Der Strom wird in einem Verzweigungspunkt immer HALBIERT.	Zuerst die Zahlen ausgefüllt. (dann erst Erklärung dazu)	
26	D1s3	ziemlich sicher		
27	D2a3	I1 gleich		
28	D2b2	I2 kleiner		
29	D2d3	I gleich		
30	D2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 VOR dem Widerstand R2.	Was gedacht dabei? Ja... ja jetzt würd ich auch das erste halt sagen. Hier durchgelesen? Ja, überflogen Zufall, dass du das genommen hast? Ja ... mangelnde Konzentration. ... An welchen Punkten hast du dir das überlegt? überall gleich bleiben sag ich Oben oder unten oder? Überall und bei I (..) durch nichts beeinflusst I ist also vom Pluspol bis zur Verzweigung gemeint? Ja.	(Frage, ob I mit I1 und I2 zusammenhängt → kann er nicht wirklich sagen)
31	D2s2	nicht so sicher		

Interview 79

79	2	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			Ich glaub eh gut Der Anfang war schwieriger, hinten dann leichter.
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			Ja
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			Hab ich übersprungen
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			So blaue Lichter, wie Blitze
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			Blitze negativ geladen und sich abstoßen und dadurch zum Positiven kommt Das heißt im Kreis von Minus nach Plus Ja, oder von Plus nach Minus, weiß nicht. ... Lampe leuchtet, weil sie eine Plus und eine Minus-Ladung bekommt, neutral ist sie
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar

	C1.a.3	größer		
	C1.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	Wie beeinflusst ein Widerstand die Stromstärke, wird sie größer oder kleiner? Wie macht ein Widerstand das?	Er blockiert das so in der Art Warum wird sie größer? Hmm... weil... ähm. Der Widerstand geht ja weg, oder ? .. (Erklärung) Damit sich's ergänzt. Macht ein Widerstand immer die Stromstärke größer? (...) Ja schon. Ja wenn er weggeht, dann geht ja mehr Strom durch. Und wenn man nachher einen größeren hineingibt? Ja dann, wird noch mehr geblockt, Stromstärke weniger
	C1s3	ziemlich sicher		
	C2.a.2	gleich	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2? Wann /wo ändert sich die Stromstärke, wenn die Batterie gleich bleibt? Kann das passieren?	Abstand zu R2 viel kleiner, deshalb könnte es ja hier gleich bleiben Da war ich mir nicht so sicher
	C2.b.4	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher liefert sie denselben Strom.	hier schwächer, oben größer? Zusammenhang Helligkeit / Stromstärke	C2 mit C1 verglichen? am Ende. (lächelt)
	C2s2	nicht so sicher		
	C4.a.4	beide schwächer		
	C4.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.		
	C4s4	Sehr sicher		
	C8.a.2	gleich	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	
	C8.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	dann wird's heller. Hab ich mich vertan. (hätte „heller“ genommen)
	C8s4	Sehr sicher		
	C9.a.1	heller		
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.		keine Ahnung... (jetzt: leuchtet weniger hell) Bedeutung von hinter? Ich glaub ich wollte da was anderes als oben ankreuzen. Nicht gewusst, was gemeint ist, wenn ein Widerstand hinter etwas liegt oder davor.
	C9s3	ziemlich sicher		

	D1.a.1	(0,4 - 0,4 - 0,4)		Wenn's drei gleiche sind, müssen alle gleich leuchten also $3 \times 0,4 = 1,2$
	D1.b.2	Alle Lampen sind GLEICH. Daher fließt DURCH JEDE Lampe der gleiche Strom.		
	D1s4	Sehr sicher		
	D2.a.2	I1 gleich		
	D2.a.4	I2 größer		weil R2 größer wird
	D2.a.7	I größer		wegen I1 und I2 wird dann auch I größer.
	D2.b.3	Der Widerstand R2 kann die Stromstärke I1 NICHT BEEINFLUSSEN.		Widerstand schon mal durchgenommen? Ich glaub nicht, wir haben (was?) berechnet, das weiß ich noch.
	D2s4	Sehr sicher		nochmal nachgefragt: größerer Widerstand heißt größere Stromstärke? na, wenn's weniger wird. → könnte Angaben nicht verstanden haben?

Interview 80

80	3	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			(wollte unbedingt die Auflösung erfahren, war sehr interessiert) geht so. war nicht SO schwer, aber.
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			hmm... ja. Glühlampe, (...)
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			... hab ich auch noch durchgelesen
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			001 IP80: Als ich die Symbole gesehen hab, also Widerstand, Glühlampe und Spannungsquelle also die Batterie, da ist es mir schon klar geworden, wie ich es machen muss und (...) das haben wir schon durchgenommen in Physik.
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			Strom erzeugt Licht, damit man was sehen kann in der Dunkelheit Im Draht drinnen? Ich würd nicht sagen, dass es genauso aussieht wie hier, schon anders, mit den Stromkabeln und so weiter
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar
	C1.a.3	größer		Wenn das 0,4 Ampere hat und der R3 dann auch größer ist, dann muss das ja größer als 0,4

				Ampere werden. Also kleiner kanns nicht werden? Nein.
	C1.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	Wie beeinflusst ein Widerstand die Stromstärke, wird sie größer oder kleiner? Wie macht ein Widerstand das?	002 Und so ein Widerstand macht grundsätzlich immer die Stromstärke größer? 003 Ja. 004 Gut, und das ist dann überall? 005 Ja. schon mal durchgenommen? an Schaltkreisen gerechnet
	C1s3	ziemlich sicher		
	C2.a.1	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	Ich glaub, da gab es keinen Unterschied, ist dasselbe oder? a doch, da war ein Unterschied (...)
	C2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand R1.	hier schwächer, oben größer? Zusammenhang Helligkeit / Stromstärke	beim Pluspol wird alles größer und beim Minuspol wird's kleiner wieder also unten kleiner und oben größer? ((Unterbrechung wegen Klassenfoto))
	C2s3	ziemlich sicher		
	C4.a.3	beide stärker		
	C4.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst ALLE Lampen im Stromkreis.	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	
	C4s4	Sehr sicher		
	C8.a.1	heller	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	Hier Unterschied? Ich glaub ich habs überlesen, weil sonst hätt ich's nicht so angekreuzt. jetzt: leuchtet weniger
	C8.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.		(liest nochmal) das stimmt nicht. Würdest du was anderes finden? Würde das ankreuzen. [vor]
	C8s3	ziemlich sicher		Was verstehst du unter „vor“ Ja das hab ich mich auch gefragt, wieso hinter und vor. Weil, wieso „hinter“ eigentlich? Da steht (...) und dann steht da hinter und vor, wofür war das eigentlich? (hinter und vor jedenfalls nicht klar)
	C9.a.1	heller		jetzt: leuchtet heller.
	C9.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie VOR dem Widerstand R2 liegt.	Warum hier plötzlich "vor"?	jetzt: hier ist hinter dem Widerstand meinst du mit „hinter“ vielleicht rechts oder links? Vielleicht (Pause) Ich glaub, wenn da steht „hinter dem Widerstand“, dass vielleicht bedeutet, dass R1 kleiner wird und dann dadurch hinter dem Widerstand liegt und

				da steht „R2 größer wird“, also vor dem Widerstand. .. Aber jetzt hab ich's verstanden mit dem hinter und vor.
	C9s3	ziemlich sicher		
	D1.a.4	(anders)		
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.	Was meinst du mit Entfernung? Kabel oder räumlicher Abstand?	Also ich habs mit einem Intervall gemacht, 0,6, dann ist das 0,4 und das 0,2 (lacht) Entfernung räumlich/Kabellänge? Ja, also es kommt schon auf das Kabel an (...) muss da und da noch hin → weiter Weg durch die Kabel
	D1s4	Sehr sicher		
	D2.a.1	I1 größer		Also I ist ja 10. Und das R2 ist 50. Das ist das Schaltzeichen oder? Das ist das Zeichen für einen Widerstand. Ja ... R2 weiter weg als R1. R2 muss ja durch durch I1 Der strom muss ja von R2 da durchlaufen durch R1, oder(?)
	D2.a.5	I2 gleich		
	D2.a.9	I kleiner		Da war ich mir nicht so ganz sicher, also dass es kleiner ist
	D2.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.		
	D2s2	nicht so sicher		

Interview 81

81	4	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			eher schwierig, unsicher bei den Fragen
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			gelernt haben wir's schon in Physik an Zeichen, Symbole erinnert, aber nicht bei den Fragen
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			Satz mit „ideal“ nicht gelesen
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			Blitze, die ganz schnell (durcheinander) im Kreis gehen Gibt's da eine Richtung? (Deutet mit dem Finger im Kreis von Minus nach Plus)

81	4	Code		
		WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?		
		Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?		
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar
	C1.a.3	größer		
	C1.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung? Wie beeinflusst ein Widerstand die Stromstärke, wird sie größer oder kleiner? Wie macht ein Widerstand das?	Angabe verstanden aber nicht gewusst, wie es sich verändert eher Ampere und sowas durchgenommen, Widerstand weniger Was gemeint ist mir dahinter und davor hab ich nicht verstanden am ehesten gedacht: hinter heißt größer und vor heißt kleiner
	C1s2	nicht so sicher		
	C2.a.1	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2? Was passiert hier mit dem Strom – wo ist die Stromstärke wie groß? Wird der Strom verbraucht, oder wird er schwächer/langsamer?	Ja. Wenn R1 größer ist, dann wird's kleiner sein, hab ich gedacht. R2 liegt auf der Plusseite, R1 auf der Minusseite → Unterschied, bei welchem Pol es liegt
	C2.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke HINTER dem Widerstand R1.		
	C2s2	nicht so sicher		Macht es für die Lampe einen Unterschied, ob an beiden Seiten eine direkte Verbindung zur Batterie ist? Leuchtet eine Lampe, wenn sie mit EINEM Kabel an der Batterie angeschlossen ist?
	C4.a.5	beide gleich		
	C4.b.5	Beide Lampen haben eine DIREKTE VERBINDUNG zu der Batterie, daher hat der Widerstand R keinen Einfluss auf die Lampen.	Warum ist deine Erklärung hier anders?	001 IP81: Ja, das würd jetzt nicht mit dem passen, weil das ist ja auf der Plusseite und das auf der Minusseite, aber ich hab gedacht, es ist der selbe Abstand und wenn der Widerstand vergrößert wird gilt das ja für beide Seiten und deshalb hab ich gedacht, müssen die beiden gleich sein. 002 I: Und wenn beide da drüben wären? 003 IP81: Wenn beide auf der Seite wären, glaub ich, würde es auch gleich bleiben. Vielleicht ein bisschen schwächer noch, aber beide leuchten gleich.
	C4s2	nicht so sicher		

81	4	Code		
	C8.a.3	weniger hell	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	
	C8.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.		Einmal nicht hinter angekreuzt, warum? Ich hab immer vom Test zu Test überlegt, nicht über vorher nachgedacht, war am logischsten für mich. Warum? Weiß du noch, was du dir dabei gedacht hast? ... (längere Beschreibung zu Lage bei Polen der Batterie, aber etwas unklar) Schwer zu sagen, was ich da gedacht hab
	C8s2	nicht so sicher		
	C9.a.1	heller		bei Plus ist's heller und bei Minus eben weniger hell.
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.		
	C9s2	nicht so sicher		
	D1.a.4	0,5 0,4 0,3		beides, aber wichtiger wäre, wenn man auf die Kabellänge schaut
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.		
	D1s4	Sehr sicher		
	D2.a.3	I1 kleiner		nicht verstanden, unsicher angekreuzt.
	D2.a.4	I2 größer		mehr widerstand? schon kleiner hängt von der Lage ab, eher bei Plus ist glaub ich eher egal, und näher bei Minus wird schwächer
	D2.a.8	I gleich		
	D2.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.		
	D2.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	D2s1	sehr unsicher		

Interview 83

83	6	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			Ja, es ging eh eigentlich.
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			

	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			Nein, den Anfang hab ich nicht durchgelesen
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			Na eh nur so halt. Und wenn man reinschauen könnte? (auf nachfrage: JA, so Blitze)
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			plus nach minus
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			ähm, ich hab mir eh alle durchgelesen.
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar
	C1.a.2	gleich		
	C1.b.4	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher liefert sie denselben Strom.	Wann /wo ändert sich die Stromstärke, wenn die Batterie gleich bleibt? Kann das passieren?	
	C1s2	nicht so sicher		
	C2.a.1	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2? Was passiert hier mit dem Strom – wo ist die Stromstärke wie groß? Wird der Strom verbraucht, oder wird er schwächer/langsamer?	Ja scho. (keine genauere Erklärung)
	-	-		
	C2s2	nicht so sicher		ja dachte, es passt am besten. Aber die Stromstärke ändert sich ja nicht, die Helligkeit der Lampe ändert sich. Wenn Widerstand vor Lampe größer wird, dann wird die Lampe heller. Und auch wenn der dahinter größer ist, was ist dann? Dann bleibt's gleich Warum? Weil's davor ist.
	C4.a.1	L2 schwächer		
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter"dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	L1 hinter Widerstand, L2 vor Widerstand. Mit Stromfluss zu tun, oder rechts links? Ja ich mein rechts/links. Erklärung zu Antwort bei C4? ... Ja, ich hab mir beim Test gedacht, das die Stromstärke größer wird wenn der Widerstand größer wird, obwohl das ja eigentlich nicht so ist. Wie ist es denn (umgekehrt)

				Wenn die Stromstärke kleiner wird, was passiert dann mit dem Lämpchen weniger hell. (widersprüchlich)
	C4s3	ziemlich sicher	Bei C4 steht in der Angabe "beide Lampen leuchten mit gleicher Helligkeit". Hast du das gelesen? Hat es dich verwirrt?	
	C8.a.2	gleich	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	weil der vorher liegt, also links
	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.		
	C8s3	ziemlich sicher		
	C9.a.1	heller		
	C9.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie VOR dem Widerstand R2 liegt.		wenn's vergrößert wird, dann ... wird's auch gleich groß, also gleich hell (?)
	C9s3	ziemlich sicher		nochmal auf Widerspruch angesprochen War beim Test nicht so konzentriert, weil jetzt, wenn ich's überleg, dann leuchtest ja irgendwie gleich hell, weil's danach ist.
	D1.a.4	(anders)		
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.	Was meinst du mit Entfernung? Kabel oder räumlicher Abstand?	wegen Kabel, mehr Strom wird verbraucht auf längerem Weg
	D1s3	ziemlich sicher		
	D2.a.2	I1 gleich		War schwer, also ein bisschen kompliziert
	D2.a.6	I2 kleiner		ja, kleiner, weil der Widerstand größer ist.
	D2.a.9	I kleiner		
	D2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 verändert nur die Stromstärke I2 VOR dem Widerstand R2.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	Warum diese Erklärung? (Pause) (...) weil (...) davor ist unten und dahinter ist oben? (nickt)
	D2s2	nicht so sicher		unten bleibt's gleich und oben ändert sich.

Interview 85

85	8	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			Die erste Frage etwas leichter, zum Schluss dann schwieriger, unsicher wegen Widerstand
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			

	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			Teilchenbewegung weniger Strom = Energie wird abgenommen, langsamere Teilchen
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			von Plus nach Minus im Kreis
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			schon alle durchgelesen, das genommen, was für mich am plausibelsten war
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar
	C1.a.3	größer	Wie beeinflusst ein Widerstand die Stromstärke, wird sie größer oder kleiner? Wie macht ein Widerstand das?	war mir nicht sicher, ob ein größerer Widerstand die Stromstärke größer macht
	C1.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand R1.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	Stromfluss, ein Widerstand verändert immer nur danach was hier wohl übersehen
	C1s2	nicht so sicher		
	C2.a.3	größer	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	müsste „gleich“ sein beim Test gedacht, dass es dieselbe Frage ist
	C2.b.3	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert die Stromstärke ÜBERALL im Stromkreis.	hier schwächer, oben größer? Zusammenhang Helligkeit / Stromstärke	auf Nachfragen: „hinter“ würd besser passen
	C2s2	nicht so sicher		
	C4.a.1	L2 schwächer	001 I: Bei C4 steht in der Angabe "beide Lampen leuchten mit gleicher Helligkeit". Hast du das gelesen? Hat es dich verwirrt? Da hast du wieder mit dem „dahinter“ erklärt 002 IP85: mhm 003 Hast du das genau gelesen, da den ersten Satz? 004 .. Mhm 005 Da steht nämlich, sie leuchten- 006 Gleich hell- 007 mit gleicher Helligkeit. Wenn da vorher schon ein Widerstand drinnen ist, müssten sie ja - so wie du sagst - ja eigentlich unterschiedlich vorher leuchten oder? 008 Mhm	Gelesen. Dachte sie leuchten vorher gleich und erst dann wird das(?) dazu genommen

			009 Oder denkst du, dass sie vorher gleich oder unterschiedlich leuchten? 010 Ich hätt mir glaub ich gedacht, dass sie gleich bleiben, aber mit dem, ja, dass... 011 Was ich mich frage ist halt, ob das verwirrend ist, wenn das jetzt da steht. Ganz egal, ob das jetzt richtig oder falsch ist. 012 Also ich hab geglaubt, dass beide gleich stark passt eigentlich nicht mit (dazu genommen?) die leuchten beide gleich und erst danach hab ich das dazu genommen 013 Also so ungefähr, man hat vorher keinen und jetzt- 014 Genau so, ja.	
	C4.b.1	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe HINTER dem Widerstand R.		Durch Widerstand nimmt Bewegung und Wärme ab
	C4s3	ziemlich sicher		
	C8.a.2	gleich		
	C8.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R1 liegt.		
	C8s4	Sehr sicher		
	C9.a.3	weniger hell	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	hier genauso wie zuvor, weil's dahinter ist.
	C9.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe nur, wenn sie HINTER dem Widerstand R2 liegt.		
	C9s4	Sehr sicher		
	D1.a.4	(anders)		
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.	Was meinst du mit Entfernung? Kabel oder räumlicher Abstand?	Kabel längeres Kabel, dann braucht er mehr Zeit, um anzukommen und mehr Wärme geht verloren Und wenn das Kabel keinen Widerstand hat? Würde sich trotzdem noch auswirken
	D1s2	nicht so sicher		
	D2.a.2	l1 gleich		

	D2.a.4	I2 größer		weniger
	D2.a.7	I größer		weniger insgesamt für I hab ich genommen, dass beide Wege mit einbezogen werden
	D2.b.3	Der Widerstand R2 kann die Stromstärke I1 NICHT BEEINFLUSSEN.		
	D2s2	nicht so sicher		

Interview 87

87	10	Code		
Hyp	Einstiegsfragen			Kommentar
	Wie ist es dir bei diesem Test ergangen, war er LEICHT oder SCHWIERIG? (Konntest du dich noch an den Unterricht ERINNERN, oder hast du dich eher auf dein Gefühl verlassen?)			nicht gut gegangen mit dem Test
	Hast du alle SYMBOLE gekannt?			Ja, aber hab damit nicht soviel anfangen können, ist schon länger her
	Hast du dir die ERKLÄRUNG auf der 1. Seite durchgelesen? (Hat sie dir geholfen?)			kurz durchgelesen verständlich? Ja, es war eh ok.
	Waren die SCHALTSKIZZEN übersichtlich genug oder war etwas verwirrend?			
	Hast du ein Bild im Kopf, wie STROM AUSSIEHT, was sich im Kabel tut, WENN STROM FLIEßT? (und wenn die STROMSTÄRKE GRÖßER ist, was ändert sich dann?)			so ganz kleine „Fuzzis“ Gehen ganz schnell herum mehr Stromstärke → wird dann immer heller
	WIE FLIEßT der Strom – im Kreis, von beiden Polen der Batterie kommend, den leichten Weg nehmend, hin und her pendelnd, anders?			unsicher, beim Test von Plus nach Minus
	Hast du dir alle Erklärungen durchgelesen? Und hast du immer eine deutlich gefunden?			
Hyp	Antw.	Erklärungen	Fragen	Kommentar
	C1.a.2	gleich		
	C1.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand R1.		nur geraten eigentlich
	C1.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	C1s1	sehr unsicher		
	C2.a.1	kleiner	Gibt es einen Unterschied zwischen C1 und C2?	nicht drauf geschaut
	C2.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R1 verändert nur die Stromstärke VOR dem Widerstand R1.		wenn R2 erhöht, dann verlierts davor am Strom, geraten
	C2s2	nicht so sicher		größerer Widerstand macht Lampe heller grundsätzlich

	C4.a.1	L2 schwächer	Macht es für die Lampe einen Unterschied, ob an beiden Seiten eine direkte Verbindung zur Batterie ist? Leuchtet eine Lampe, wenn sie mit EINEM Kabel an der Batterie angeschlossen ist?	ich denk mir grad das Gegenteil (lächelt)
	C4.b.2	Eine Veränderung des Widerstandes R beeinflusst nur die Helligkeit der Lampe VOR dem Widerstand R.	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	
	C4s2	nicht so sicher		
	C8.a.2	gleich		
	C8.b.1	Es ist DIESELBE BATTERIE, daher leuchtet die Lampe gleich hell.		Wenn man genau die gleiche Batterie hat und gleiche Lampen dann sollten sie gleich leuchten
	C8.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	C8s1	sehr unsicher		
	C9.a.1	heller	gibt es einen Unterschied zwischen C8 und C9?	weiß ich nicht mehr
	C9.b.4	Eine Veränderung des Widerstandes R2 beeinflusst die Helligkeit der Lampe immer, UNABHÄNGIG VON IHRER LAGE im Stromkreis.		
	C9.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	C9s1	sehr unsicher		
	D1.a.4	(anders)	Was meinst du mit "vor" bzw. "hinter" dem Widerstand - die Lage im Stromkreis oder bezogen auf die Stromrichtung?	auch spontan
	D1.b.1	Die Stromstärke nimmt mit der ENTFERNUNG zur Batterie ab.		
	D1.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	D1s1	sehr unsicher		das einzige wo ich Mir wirklich was gedacht hab.
	D2.a.2	I1 gleich		I1 betrifft das nicht, weil er ja was eigenes hat
	D2.a.4	I2 größer		I2 wird beeinträchtigt
	D2.a.7	I größer		und der natürlich immer größer, weil's da immer weitergeht. 40 und 10 ist 50 und ...
	D2.b.3	Der Widerstand R2 kann die Stromstärke I1 NICHT BEEINFLUSSEN.		
	D2.c	Sicherheit (4.. Sehr - 3... ziemlich - 2...nicht so - 1... sehr unsicher)		
	D2s1	sehr unsicher		

J Lebenslauf**Curriculum vitae - Georg Hanisch**

PERSÖNLICHE ANGABEN

Wohnhaft: 1170 Wien
Geboren am: 4. Februar 1981, Mödling

STUDIUM

Seit 03/2008 Universität Wien
Lehramt für Physik und Mathematik
Geplanter Abschluss: 7/2011

03/2002 - 02/2008 u.
10/1999 - 01/2001 Universität Wien
Physik Diplom
(Ohne Abschluss)

ZIVILDIENTST

01/2001 - 01/2002 Balance - Verein für chancengleiche Ausbildung und Integration
Körperbehinderter, Wien

SCHULE UND AUSBILDUNG

09/1991 - 06/1999 Hernalser Gymnasium Geblergasse, Wien

BESONDERE KENNTNISSE

Umfassende Computerkenntnisse,
Englisch in Wort und Schrift

BERUFLICHE TÄTIGKEITEN

2002 - 2011 diverse Nebentätigkeiten zur Studienfinanzierung

SONSTIGE AUS- u. WEITERBILDUNGEN

2008 Absolvierung des Grundkurses als Gele-Begleiter, Salzburg
„gemeinsam leben - gemeinsam lernen“ -
Projektwochen für OberstufenschülerInnen
WS 2005 Absolvierung von Lehrveranstaltungen zu Spracherwerb Niederländisch
Universität Wien, Institut für Nederlandistik

Wien, 28. März 2011