



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**Weiterentwicklung zweistufiger Fragebögen
als Test- und Kontrollinstrument
zur Evaluierung von Schülervorstellungen
zum elektrischen Widerstand**

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser:

Roman Binder

Matrikel-Nummer:

A0205968

Studienrichtung (lt. Studienblatt):

A 190 412 456

Betreuerin / Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Wien am _____

Kurzzusammenfassung

Der Schulstoff der Elektrizitätslehre stellt aufgrund seiner vielen alltäglichen Anwendungen einen der zentralen Lehrinhalte des Physikunterrichts dar. Bereits in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde bei scheinbar einfachen Aufgabestellungen zu diesem Themengebiet erkannt, dass die Lösung dieser Aufgaben erhebliche Probleme hervorruft. Besonders interessant war, dass die Schülerinnen und Schüler nicht nur die richtigen, im Unterricht gelernten Konzepte und Lösungsstrategien anwendeten, sondern selbst welche entwarfen die ihren eigenen Gesetzmäßigkeiten folgten. Diese, oft auf fehlerhafte Alltagsvorstellungen basierende Konzepte, stellen für das Verständnis des Stoffgebietes und besonders für darauf Aufbauendes, ein Hindernis dar. Ziel dieser Arbeit ist es ein bereits vorhandenes Messinstrument zur Identifikation dieser Konzepte dahingehend weiter zu entwickeln, dass die Ergebnisse deutlicher die verwendeten alternativen Konzepte abbilden. Dazu wurde für bestimmte Multiple-Choice Test-Items, mit Hilfe von Fragebögen und darauf folgender Interviews, eine zweite Fragestufe entwickelt in der es die Antworten der erste Stufe zu begründen gilt. Dies führte neben einer verbesserten Identifikation der unterschiedlichen Schülervorstellungen zu mehr Benutzerfreundlichkeit, da sich aufgrund der zweiten Item-Stufe in Zukunft jede Interviewbefragung erübrigt. Nebenbei stieß die Untersuchung auf ein bis dahin noch nicht in der Literatur bekanntes alternatives Konzept („*Staukonzept*“) und sammelte umfangreiche Informationen über Einflüsse, die auf diese Konzepte einwirken.

Abstract

Electricity is because of its regular daily use one of the central contents in teaching physics. Severe problems in solving quite easy tasks were already detected in the 1960s. It was interesting to find out that pupils not only use the concepts and strategies taught in school for solving the problems but create their own concepts, which follow their own rules. Those concepts which are often built on the pupil's own daily life beliefs make it difficult to understand the main and the upcoming aspects of electricity. The main aim of this work is to adopt an already existing measuring instrument, for indicating those misconceptions, in that way, that its outcome detects the concepts more clearly. Therefore special multiple-choice test items were used in form of a questionnaire and ensuing interviews, to develop a second stage of questions to justify the answers of the first stage. Beside a better identification of the misconception, this extra step causes a higher usability because interviews are not needed any longer. In addition the analysis led to a so far unknown misconception (“*congestion concept*“) and collected various information about influences that affect those concepts.

Danksagung

Die hier vorliegende Arbeit wäre ohne die Unterstützung vieler Menschen nicht zustande gekommen.

In erster Linie möchte ich mich bei meinen Eltern für deren langjährigen Rückhalt bedanken, ohne den mein Studium bestimmt nicht möglich gewesen wäre. Sie waren es die mir in der nicht immer leichten Zeit, in der diese Arbeit Form annahm, gut zusprachen und so meine Arbeit vorantrieben. Ein weiterer großer Dank gilt meiner Großmutter, die mir für einige Zeit einen Rückzugsort bot an dem ich mich voll und ganz auf die Arbeit konzentrieren konnte.

Ein großer Dank geht auch an Herrn Prof. Dr. Martin Hopf und Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron die diese Arbeit fachlich in einer Art und Weise betreuten die man sich nur wünschen kann. Ihre motivierenden Zusprüche, die positive Gelassenheit und nicht zuletzt ihre fachliche Kompetenz wirkten sich äußerst positiv auf meinen Arbeitsfortschritt aus.

Mein Dank gilt auch all jenen die es mir ermöglichten die Datenerhebungen in den Schulen durchzuführen. Den Direktoren, Klassenlehrern und deren Kolleginnen und Kollegen und natürlich den Schülerinnen und Schülern. Sie alle haben durch ihre Unterstützung und ihre Bereitschaft mitzuwirken maßgeblich diese Arbeit beeinflusst.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretischer Hintergrund	2
2.1	Schülervorstellungen.....	2
2.1.1	Schülervorstellungen in der fachdidaktischen Forschung	2
2.1.2	Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre.....	6
2.2	Vorstellung und Vergleich der vorliegenden Testinstrumente zur Ermittlung von Schülervorstellungen.....	13
2.2.1	Rhöneck-Test.....	14
2.2.2	DIRECT-Test.....	16
2.2.3	AECCP-Test	20
3	Forschungsfrage	24
4	Methodik.....	25
4.1	Theoretischer Hintergrund	25
4.2	Design der empirischen Untersuchung	26
4.2.1	Inhaltliche Schwerpunktsetzung	26
4.2.2	Stichprobe	26
4.2.3	Verwendete Testinstrumente	28
4.2.4	Vorstellung der Test-Items	31
5	Datenerhebung	36
5.1	Organisatorische Gestaltung.....	36
5.2	Durchführung der Datenerhebung	38
6	Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.....	39
6.1	Auswertung und Interpretation der physikalischen Fragebögen und der Interviews.....	39
6.1.1	Test-Item 1 und 1_u.....	39
6.1.2	Test-Item 2 und 2_u.....	47
6.1.3	Test-Item 3 und 3_u.....	49
6.1.4	Test-Item 4 und 4_u.....	51
6.1.5	Test-Item 5 und 5_u.....	56
6.1.6	Verknüpfung der Ergebnisse mehrerer Test-Items	69
6.2	Auswertung und Interpretation des Motivationsfragebogens	78
7	Zusammenfassung der Ergebnisse für die fachdidaktische Forschung.....	91
7.1	Beantwortung der Forschungsfragen.....	91
7.2	Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse	113
8	Folgerungen für die Schulpraxis	115
9	Bedeutung der Untersuchung für die eigene Berufspraxis	116

10	Literaturverzeichnis	118
11	Onlinequellen	121
12	Abbildungsverzeichnis	123
13	Tabellenverzeichnis.....	125
14	Interview Transkriptverzeichnis	126
15	Anhang.....	127
	A - Motivationsfragebogen	
	B - Physikalischer Fragebogen / Kognitiver Fragebogen	
	C - Ausgearbeitete zweistufige Test-Items	
	D - Lebenslauf	

1 Einleitung

Bereits kurz vor Weihnachten 2009 trat Frau Hildegard Urban-Woldron, eine Mitarbeiterin des *AECCP* (Austrian Educational Competence Center Physics), an unsere Studentengruppe heran und berichtete uns von der Möglichkeit am *AECCP* eine Diplomarbeit zum „Thema Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre“ zu verfassen. Genau zu dieser Zeit begann ich mir Gedanken über meine eigene Diplomarbeit zu machen, zeigte deshalb Interesse und trat kurz darauf in Kontakt mit dem *AECCP*.

Zunächst war ich selbst über diesen Schritt überrascht, da ich mir eigentlich immer vorgenommen hatte, meine Diplomarbeit in meinem Zweitfach Geographie zu schreiben. Einige Punkte festigten jedoch dann meinen Entschluss, mich doch mit einem physikalischen Thema genauer auseinander zu setzen:

Zum einen hatte ich als Lehramtsstudent schon immer ein gewisses Naheverhältnis zur fachdidaktischen Forschung, die meiner Meinung nach den Unterricht nur aufwerten kann. Das *AECCP* hat sich auf diesem Gebiet bereits mit unzähligen Forschungsbeiträgen etabliert und meine Ansprechperson am Institut, Frau Urban-Woldron, die selbst einer Lehrtätigkeit nachgeht, hatte sich bereits seit Jahren mit dem Thema Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre beschäftigt. Diese Ausgangssituation weckte zunächst einmal das Vertrauen in mir, hier eine gute Unterstützung für meine Arbeit vorzufinden.

Bei den ersten Treffen am Institut steckten wir gemeinsam die Eckpfeiler meines Forschungsinteresses ab. Der Fokus meiner Arbeit wurde auf die Untersuchung der Schülervorstellungen zum elektrischen Widerstand gelegt und dahingehend bei der Weiterentwicklung eines Testinstruments, welches es ermöglicht die Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre zu ermitteln, mitzuhelfen. Das *AECCP* erarbeitete bereits in den Jahren zuvor einen Fragenkatalog zur Erhebung von Schülervorstellungen, der auch einige Fragen zum elektrischen Widerstand enthält. Diese Fragen und zusätzliche Schülerinterviews sollten mir verwertbare Ergebnisse zu meinem Thema liefern und darüber hinaus konnte ich mir bereits ein gutes Bild über die verwendeten Methoden und den möglichen Ablauf meiner Forschungsarbeit machen. Die Verwendung von Fragebögen und Interviews und der damit verbundene direkte Kontakt mit SchülerInnen unterschiedlicher Schulen waren für mich sehr reizvoll. Da ich der Meinung bin, dass man als LehramtsstudentIn ohnehin zu selten die Möglichkeit hat sein Wirken im zukünftigen Betätigungsfeld zu trainieren, nahm ich diese Möglichkeit dankend an. Doch nicht nur der direkte Kontakt mit der Institution Schule und ihren Beteiligten interessierte mich dabei, sondern vor allem auch die tiefen Einblicke in die Denkprozesse der SchülerInnen, die mir der Fragebogen und noch mehr die Interviews ermöglichten.

Die ersten Datenerhebungen führte ich schließlich am Ende des Sommersemesters 2010 durch. Diese Daten mussten allerdings aufgrund einiger Änderungen bei der Item-Zusammenstellung verworfen werden.

Zu diesem Zeitpunkt hatte ich noch jede Menge Lehrveranstaltungen und Prüfungen zu absolvieren und mir fehlte die Zeit mich in die Arbeit zu vertiefen. Im Jänner 2011 begann ich schließlich mit dem zweiten Anlauf der äußerst zeitintensiven, jedoch sehr lehrreichen Datenerhebung. Im Anschluss darauf begann ich mit der Datenauswertung. Die Daten der Fragebögen und der Interviews, die allesamt transkribiert wurden, sammelte ich in einer Excel-Tabelle die mir als Grundlage für alle weiteren Auswertungen diente.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Schülervorstellungen

2.1.1 Schülervorstellungen in der fachdidaktischen Forschung

Egal ob man nun von Fehlvorstellungen, Schülervorstellungen, Alltagstheorien oder Präkonzepten spricht, gemeint ist immer das gleiche. SchülerInnen kommen nicht als ein „unbeschriebenes Blatt“ in den Unterricht. Sie haben in der Regel bereits durch unterschiedlichste Erfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu Begriffen, Phänomenen und Prinzipien entwickelt. Diese Vorprägung hat Auswirkungen auf die Lernprozesse von SchülerInnen, weshalb dieses Thema von großer Bedeutung in der Fachdidaktik und darüber hinaus in der Pädagogik ist¹. Im folgenden Kapitel möchte ich die wichtigsten Aspekte der vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und deren Folgen aufzeigen.

Intensive Forschungen in den unterschiedlichen Fachdidaktiken (z.B. Physik und Chemie) führten in den letzten 50 Jahren zu umfangreichen Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei den zahlreichen Fachgesellschaften (z.B. der GDCP oder ESERA) und Fachzeitschriften (z.B. ZfDN oder IJSE) zu, die durch ihre Arbeiten immer wieder neue Impulse setzen und dadurch die Forschung maßgeblich voran treiben. Die fachdidaktische Forschung wurde dabei vor allem von drei Kernbereichen geprägt²:

- Ausubel stellte das Vorwissen von SchülerInnen in den Mittelpunkt seiner Forschungsarbeit: *"The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach [...] accordingly"*³.
- Für Lehr- und Lernvorgänge wurde eine konstruktivistische Sichtweise entwickelt, in der der Eigenaktivität von SchülerInnen eine zentrale Bedeutung zukommt, die es zu fördern gilt.

¹ Duit, R. (2002a), S. 3

² von Aufschnaiter, C. & S. (2005), S.136

³ Ausubel, D.P. (1968), S. V

- Es wird davon ausgegangen, dass neue Curricula mit anspruchsvollen und (multi-)medial gut inszenierten Unterrichtsangeboten das konzeptuelle Verständnis der SchülerInnen quasi automatisch verbessern würden, sofern sie durch die „richtigen“ Erklärungen unterstützt werden.

Sowohl Ausubels Aussage über die Bedeutung des Vorwissens, als auch die zentrale Bedeutung der konstruktivistischen Sichtweise von Lehr- und Lernvorstellungen führten zu einem verstärkten Interesse der FachdidaktikerInnen für das Vorwissen und die Vorstellungen, die SchülerInnen bereits in den Unterricht „mitbringen“. So wurden Schülervorstellungen zum Mittelpunkt vieler Forschungsarbeiten⁴. Man begann diese Vorstellungen vor dem Unterricht zu erfassen und ihre Entwicklung hin zu fachlich richtigen Vorstellungen zu dokumentieren⁵.

Die Schülervorstellungen haben zwei zentrale Bedeutungen im Zusammenhang mit den Lernprozessen: Vorwissen ist wichtig um neues Wissen zu generieren. Neues Wissen wird an Altem angeknüpft und in Beziehung gesetzt. Wer viel weiß, lernt auch viel – so könnte man diesen Sachverhalt vielleicht auf den Punkt bringen. Zum anderen, und dies ist schon aus dem ersten Punkt ersichtlich, steht altes und neues Wissen miteinander in Verbindung. Wenn nun aber das Vorwissen mit dem neuen Wissen nicht widerspruchsfrei koexistieren kann, kommt es entweder zu Verständnisschwierigkeiten bei der Aneignung des neuen Wissens oder das neue Wissen wird so abgeändert, dass sich die Widersprüche auflösen. Präkonzepte sind also einerseits notwendige Ausgangspunkte des Lernens, um neues Wissen daran anzuknüpfen, erweisen sich aber andererseits als Lernhemmnis, da sie die Lernprozesse in unerwünschte Richtungen leiten⁶.

Diese zwei Gesichter des Lernprozesses bezeichnete Piaget mit den Begriffen Assimilation und Akkommodation. Bei der Assimilation gleicht der oder die Lernende die neuen Erfahrungen den bereits vorhandenen Schemata an. Das Neue wird dem Alten angefügt. Bei der Akkommodation funktioniert diese Verschmelzung nicht und es muss ein völlig neues Schema entwickelt werden⁷.

Bei der Entwicklung eines neuen Gedankenschemas kann man auch von einem Konzeptwechsel sprechen. Damit so ein Konzeptwechsel durchgeführt wird müssen folgende Bedingungen erfüllt sein⁸:

- Die Lernenden müssen mit dem bis dahin existierenden Konzept unzufrieden sein.
- Das neue Konzept muss klar verständlich sein.
- Es muss plausibel sein.
- Das neue Konzept soll fruchtbar erscheinen, d.h. es soll auch auf neue Situationen angewandt werden können.

⁴ Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M., (Hrsg.) (2004)

⁵ von Aufschnaiter, C. & S. (2005), S.136

⁶ Duit, R. (2002b), S. 128f

⁷ Duit, R. (2002a), S. 8

⁸ Posner, G.J., Strike, K.A, (ua.) (1982), S.214

Die Alltagsvorstellungen der SchülerInnen bestimmen also, wie das im Unterricht Gesagte oder das im Lehrbuch Gelesene verstanden wird. Sie sind auch bis zu einem gewissen Grad dafür verantwortlich, welche Einzelheiten bei einem Experiment wahrgenommen werden oder was bei vorgelegten Bildern oder dgl. „gesehen“ wird. Lernende nehmen also alles so wahr wie es ihre Vorstellungen erlauben.

Um den Lehrer oder die Lehrerin oder auch das Lehrbuch „richtig“ verstehen zu können, ist noch ein weiterer Gesichtspunkt wichtig. Um den Stoff zu verstehen, müssen ihn die Kinder mit einer Sichtweise wahrnehmen, die sie oft erst lernen müssen. In der Physik ist meist eine logische, wissenschaftliche Sichtweise gefragt, in die die SchülerInnen erst einmal Vertrauen aufbauen müssen. Die bloße, auf Logik fußende Akzeptanz dieser Sichtweise ist hier zu wenig. Um die Inhalte wirklich zu verstehen und damit selbstständig arbeiten zu können, braucht es auch die Überzeugung, dass diese neue Sicht „wahr“ und fruchtbar ist. Somit ist die Vermittlung von Vertrauen in die Logik der neuen Sichtweise zu wenig und muss unterstützt werden von der Anstrengung, die Lernenden von der Wahrheit und Fruchtbarkeit der neuen Sichtweise zu überzeugen⁹.

Schulkinder unterhalten sich im und außerhalb des Unterrichts über das Gelernte. Sie beobachten und kommentieren Experimente, versuchen Aufgaben zu lösen oder wiederholen gedanklich den Stoff. All dies geschieht unter Verwendung von Begriffen und Vorstellungen, über die sie bereits verfügen. Leider decken sich diese in vielen Fällen nicht mit den zu lernenden und oft sehr exakt definierten physikalischen Vorstellungen und Begriffen. Die „Alltagstheorien“ stehen also oft im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Vorstellungen. Für das Unterrichtsgespräch stellt dies eine ernst zu nehmende Ursache für Missverständnisse und in weiterer Folge für Lern- und Verständnisschwierigkeiten dar.

Um diese Art von Verständnisschwierigkeiten überhaupt wahrnehmen und darauf reagieren zu können, muss die Lehrkraft die Schülervorstellungen genau kennen¹⁰. Die Planung des Unterrichts ist also ein wichtiger Faktor, da der Unterricht an den Schülervorstellungen anknüpfen und darüber hinaus ihre Eigenaktivität fördern und fordern soll¹¹.

⁹ Duit, R. (2002b), S. 128f

¹⁰ von Rhöneck, C. (2005), S. 195

¹¹ Duit, R. (2002a), S. 3

Schülervorstellungen verfügen des Weiteren über einige Charakteristika, an denen abzulesen ist, wie komplex eine genauere Untersuchung dieser werden kann¹²:

- *Erklärungsvielfalt*
SchülerInnen können unterschiedliche und auch widersprüchliche Vorstellungen zu einem Sachverhalt haben. Dies zeigt sich z.B. dann, wenn in physikalisch ähnlichen Situationen oder Fragestellungen unterschiedliche Vorstellungen genannt werden. Es kann dadurch zu unterschiedlichen Antworten kommen, die durch Zuhilfenahme der jeweils verwendeten Vorstellung begründet wird.
- *Schülervorstellungen können vernetzt werden*
Unterschiedliche Schülervorstellungen können von den Lernenden sinnstiftend vernetzt werden, wodurch es beim Lernen oft zu einer radikalen Änderung der Sichtweise (Rahmung) kommen kann¹³.
- *Schülervorstellungen sind resistent*
Wenn das oft kurzzeitig angelesene Sachwissen wieder vergessen wird, können sich die alten, vor-unterrichtlichen Fehlvorstellungen wieder durchsetzen.
- *Schülervorstellungen sind dynamisch*
Die Vorstellungen können sich bis zu einem bestimmten Grad ohne schulischen Einfluss weiterentwickeln.

Obwohl die große Bedeutung von Schülervorstellungen nicht mehr geleugnet werden kann, findet die Auseinandersetzung kaum oder nur oberflächlich statt. Als Grund dafür muss wohl der erhebliche Aufwand genannt werden, den es benötigt, um einerseits die existenten Vorstellungen zu erheben und andererseits die Schritte zu setzen, um die alten Vorstellungen abzubauen und durch neue zu ersetzen. Ein Hauptziel dieser Arbeit wird es sein, ein Instrument zu entwickeln, das es ermöglicht die Schülervorstellungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre zu eruieren, damit diese bei der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden können.

¹² von Rhöneck, C. (2005), S. 208

¹³ Jung, W. (1998), S. 38

2.1.2 Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre

Im vorherigen Kapitel habe ich die wichtigsten Eigenschaften von Schülervorstellungen erläutert. Nun möchte ich diese Thematik bei einem spezifischer abgesteckten Themenfeld behandeln. Die fachdidaktische Forschung hat zu den unterschiedlichsten Stoffgebieten der Physik Untersuchungen zur Ermittlung der Schülervorstellungen angestellt^{14, 15}. Da ich meine SchülerInnen mit dem Themenfeld der Elektrizitätslehre konfrontiert habe, möchte ich nun genauer auf die bereits bekannten Schülervorstellungen auf diesem Gebiet eingehen

Strom als Brennstoff / Strom wird verbraucht

Der dominierende Begriff in der Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I ist der Strombegriff. Er wird dem Spannungsbegriff vorgezogen und nicht ausreichend von diesem differenziert¹⁶. Obwohl, oder auch weil der Strombegriff an dieser Stelle von so zentraler Bedeutung ist, gehen von ihm weit verbreitete Fehlvorstellungen aus. Meist wird der Stromfluss mittels einer Verbindung zwischen Batterie und Lampe bewerkstelligt, wobei der Strom (oder auch die Elektrizität) in der Batterie gespeichert ist, in den Drähten ruhen kann und von der Lampe verbraucht wird¹⁷. Wie sich der „Stromverbrauch“ genau gestaltet wissen die meisten SchülerInnen nicht. Sie glauben entweder, dass der Strom quasi vernichtet, entwertet, gespeichert oder in eine andere Energieform (z.B. Wärme) umgewandelt wird. Strom wird also mit der Energie gleichgesetzt, kann aber, und das ist die weitläufige Meinung, wider der Energieerhaltung, vernichtet werden. Diese Vernichtung hat zur Folge, dass die Stromstärke vor einem Verbraucher größer ist als nach ihm. Dieses Konzept kann als Ableitung des Stromverbrauchskonzeptes interpretiert werden, ist aber in der fachdidaktischen Forschung als separate Vorstellung mit dem Namen *sequentielles Denken* (siehe weiter unten) bekannt. Die Ergebnisse der folgenden Aufgabe (siehe *Abb. 1*) untermauern die gerade vorgestellten Schüler-vorstellungen.

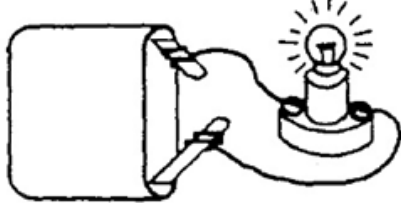
¹⁴ von Rhöneck, C. (2005), S. 196 ff.

¹⁵ Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2009), 619 ff.

¹⁶ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

¹⁷ von Rhöneck, C. (2005), S.196

Aufgabe 1:
Sie sehen hier ein Lämpchen an eine Batterie angeschlossen. Das Lämpchen leuchtet. Lesen Sie jeden der untenstehenden Sätze und kreuzen Sie an!

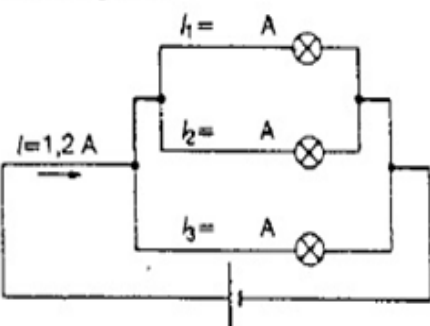


	stimmt	falsch	weiß nicht
1. Die Lampe verbraucht den elektrischen Strom vollständig.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Die Lampe verbraucht ein bißchen den elektrischen Strom.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 1: Aufgabe vom Rhöneck Test zum Stromverbrauch

Die richtigen Antworten in Aufgabe 1 (und in weiterer Folge in allen anderen Abbildungen dieses Kapitels) sind durch ein Kreuz im jeweiligen Kästchen gekennzeichnet. In der Untersuchung von Rhöneck (1986) halten nur 26% die korrekte Antwort 3 für richtig, während sie von mehr als doppelt so viel (57%) für falsch gehalten wird. Auf die falschen Antworten 1 und 2 fallen jeweils 27% bzw. 51%, womit insgesamt 78% der gefragten SchülerInnen nach dem Unterricht immer noch glauben, dass der elektrische Strom wie ein Brennstoff verbraucht wird¹⁸.

Aufgabe 6:
Die Lämpchen im folgenden Stromkreis sind alle gleich.



Ergänzen Sie die Stromstärken in den Verzweigungen.

Abb. 2: Aufgabe vom Rhöneck Test zur lokalen Argumentation

Lokales Denken

Die hinter der lokalen Argumentation verborgene Schülervorstellung legt nahe, dass der „Strom an einem bestimmten Punkt nicht wüsste was danach passiert“¹⁹. Dabei richten sie ihre Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Punkt im Stromkreis und ignorieren dabei den Stromkreis als System²⁰.

Abbildung 2 zeigt eine Schaltung in der 3 idente Lämpchen parallel geschaltet sind.

Die Auswertung der Ergebnisse dieser Aufgabe spricht wieder eine deutliche Sprache. Nur 19% der Befragten geben die richtige Antwort $I_1 = I_2 = I_3 = 0,4 \text{ A}$ an. Immerhin 10% halten $I_1 = I_2 = I_3 = 1,2 \text{ A}$ für richtig, was wie die korrekte Antwort nicht auf

ein Stromverbrauchskonzept hinweist, sondern in diesem Fall genau auf das Gegenteil. Während die Stromstärke vor dem ersten Knotenpunkt 1,2 A beträgt scheint sie sich durch die Aufteilung an den Knotenpunkten nicht zu verkleinern sondern zu vergrößern. So müsste laut dieser Vorstellung die Stromstärke nach dem letzten Knotenpunkt 3,6 A

¹⁸ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

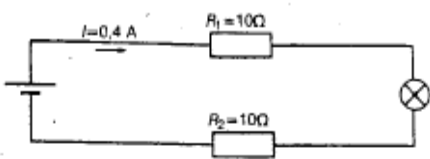
¹⁹ von Rhöneck, C. (1986), S. 11

²⁰ von Rhöneck, C. (2005), S.196

betragen, was in Anbetracht der 1,2 A vor dem ersten Knotenpunkt für eine Stromerzeugung spricht. Man muss bei dieser Betrachtung jedoch beifügen, dass aus dem Beispiel nicht ersichtlich ist ob nach der Stromstärke vor oder nach den Lämpchen gefragt wird. Würden die SchülerInnen von einer Messung vor den Lampen ausgehen, könnten die Antworten zu den Stromstärken nach den Lampen wieder für die Stromverbrauchsvorstellung sprechen.

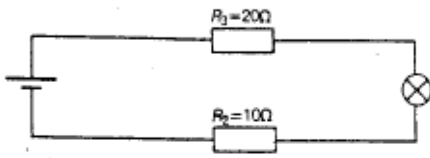
Der Großteil der Befragten von diesem Beispiel, nämlich 60%, sind der Meinung, dass $I_1 = 0,6$ A und $I_2 = I_3 = 0,3$ A beträgt. Ich persönlich kann mir diese Antwort nicht erklären, da es meiner Meinung nach noch logischer wäre wenn $I_1 = I_2 = 0,3$ A und $I_3 = 0,6$ A als Antwort gegeben würde, da sich I_1 und I_2 an einem gemeinsamen Knotenpunkt trennen liegt mir die Antwort $I_1 = I_2$ näher als $I_2 = I_3$. Rhöneck gibt leider keine näheren Informationen zu dieser Aufgabe an.

Aufgabe 7:
Die Stromstärke im folgenden Stromkreis beträgt 0,4 A.



Nun wird zunächst der Widerstand R_1 und anschließend der Widerstand R_2 geändert. Batterie und Lämpchen bleiben unverändert.

1. Änderung: Der Widerstand R_1 wird durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt:



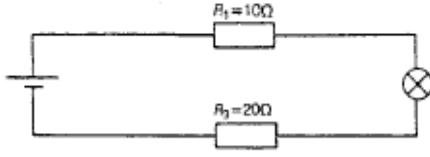
Vergleichen Sie mit der ersten Schaltung und kreuzen Sie an:

1. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun kleiner als 0,4 A.

2. Die Stromstärke im Lämpchen ist genauso groß wie vorher.

3. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun größer als 0,4 A.

2. Änderung: Der Widerstand R_1 wird wieder eingesetzt. Dann wird der Widerstand R_2 durch den Widerstand $R_3 = 20\Omega$ ersetzt:



Vergleichen Sie wieder mit der ersten Schaltung und kreuzen Sie an:

1. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun kleiner als 0,4 A.

2. Die Stromstärke im Lämpchen ist genauso groß wie vorher.

3. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun größer als 0,4 A.

Abb. 3: Aufgabe vom Rhöneck Test zum sequentiellen Denken

Sequentielles Denken

Das sequentielle Denken wurde bereits bei der Stromverbrauchsvorstellung erwähnt. Besonders beliebt ist dieses Konzept, wenn ein oder mehrere Widerstände im Stromkreis geändert werden. In diesem Fall werden Stromkreise oft mit Begriffen wie „vor“ und „nach“ dem Widerstand analysiert²¹.

Es wird dabei fälschlicher Weise angenommen, dass eine Änderung an einem bestimmten Punkt im Stromkreis nur Auswirkungen auf dahinter, aber nicht auf davor liegende Bereiche hat. Wenn der Strom einmal an einem Punkt „vorbei“ geflossen ist, kann er auf davor liegende Bereiche keinen Einfluss mehr ausüben.

Nur 33% der SchülerInnen beantworten die Fragen in Abbildung 3 richtig. Bei 30% kommt ein sequentielles Denken zum Vorschein und 12% der Befragten glauben, dass beide Änderungen keine Auswirkungen auf die Stromstärke in der Lampe haben²².

²¹ von Rhöneck, C. (2005), S.196

²² von Rhöneck, C. (1986), S. 11

Aufgabe 8:
Betrachten Sie die folgende Schaltung:

Wie groß ist in diesem Stromkreis die Spannung zwischen den Punkten:
1 und 2: 6 V, 2 und 3: 6 V
3 und 4: 6 V

Zwischen den Punkten 3 und 4 wird ein zweites Lämpchen der gleichen Sorte zugeschaltet:

Wie groß ist in dem Stromkreis mit 2 Lämpchen die Spannung zwischen den Punkten:
1 und 2: 6 V, 2 und 3: 3 V
3 und 4: 3 V

Abb. 4: Aufgabe vom Rhöneck Test zu Spannungen am geschlossenen Stromkreis

Spannungen am geschlossenen Stromkreis

Der Spannungsbegriff ist ebenfalls mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft wie die Ergebnisse von Aufgabe Nr. 8 aus dem Rhöneck Test zeigen (siehe Abb. 4). Es wird hier nach einer Aussage über die angelegten Spannungen zwischen verschiedenen Punkten gefragt. Während den ersten Teil der Frage noch 43% der Befragten richtig beantworten, sinkt die Erfolgsquote beim zweiten Teil auf lediglich 29%.

Der Anteil jener die $U = \text{konstant} = 6 \text{ V}$ angeben ist hoch und bleibt mit 45% im ersten Teil und 40% im zweiten Teil in etwa gleich groß. Laut Rhöneck kann dieses Ergebnis als Hinweis gedeutet werden, dass die Spannung als Eigenschaft der Stromstärke gesehen wird²³.

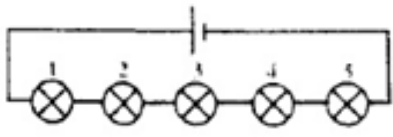
Die Bedingung $I = \text{konstant}$

Die Bedingung, dass die Stromstärke I in einem geschlossenen Stromkreis konstant ist stellt eine weitere Lernschwierigkeit für SchülerInnen dar. Abbildung 5 zeigt wieder eine Aufgabe aus dem Rhöneck Test (1986) durch die das Problem erkannt werden soll. Dabei sind fünf Lampen hintereinander in Serie geschaltet. Die Befragten sollen nun beantworten wie es um die Leuchtkraft der verschiedenen Lampen bestellt ist. Die Tatsache, dass sich die Stromstärke nach einem Verbraucher nicht ändert widerspricht der bereits erwähnten Vorstellung, dass Strom verbraucht wird (siehe Strom als Brennstoff)²⁴.

²³ von Rhöneck, C. (1986), S. 12

²⁴ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

Aufgabe 4:
Fünf gleiche Lampen werden in Reihe an eine Batterie angeschlossen:



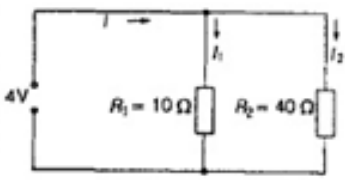
Kreuzen Sie an, was richtig ist:

1. Lampe 5 leuchtet heller als Lampe 1.
2. Lampe 5 leuchtet so hell wie Lampe 1
3. Lampe 5 leuchtet schwächer als Lampe 1.

Abb. 5: Aufgabe vom Rhöneck Test zur Vorstellung $I = \text{konstant}$

Dieses Beispiel wird von 79%, also vom Großteil der Befragten richtig beantwortet. Nichts desto trotz findet die Stromverbrauchs-Vorstellung, die sich durch die Wahl von Antwort 1 (4%) und 3 (16%) widerspiegelt, bei insgesamt 20% der SchülerInnen Anklang²⁵.

Aufgabe 9:
Betrachten Sie die folgende Schaltung:



Der Widerstand $R_2 = 40 \Omega$ wird durch einen 50Ω -Widerstand ersetzt. Kreuzen Sie die richtige Antwort an:

- a) Der Strom I_2 wird größer
 Der Strom I_2 bleibt gleich
 Der Strom I_2 wird kleiner
- b) Der Strom I_1 wird größer
 Der Strom I_1 bleibt gleich
 Der Strom I_1 wird kleiner
- c) Der Strom I wird größer
 Der Strom I bleibt gleich
 Der Strom I wird kleiner

Abb. 6: Aufgabe vom Rhöneck Test zum elektrischen Widerstand

Der elektrische Widerstand

Dem elektrischen Widerstand möchte ich in meiner Arbeit einen besonderen Stellenwert einräumen. Eine genauere Untersuchung der Schülervorstellungen zu ihm werde ich weiter hinten vornehmen. An dieser Stelle seien die grundsätzlichen Probleme mit diesem Konzept erwähnt. Abbildung 6 zeigt das schon etwas anspruchsvollere Beispiel, welches von Rhöneck gewählt wurde, um die Vorstellungen zum elektrischen Widerstand zu beleuchten.

14% der Befragten glauben, dass bei einer Widerstandserhöhung von R_2 , I_2 anwächst. Weitere 20% sind der Meinung, dass sich an der Stromstärke die die Batterie abgibt, bei einer Vergrößerung des Gesamtwiderstandes, nichts ändert und sich die Ströme I_1 und I_2 einfach neu aufteilen. In diesem Fall gehen die Befragten davon aus, dass I_1 steigt und I_2 sinkt. 9% glauben, dass sich bei einer Änderung von R_2 , an I_1 , I_2 und am Gesamtstrom I nichts ändert und immerhin 22% lösen die Aufgabe richtig.

Aus meinen Erfahrungen der von mir geführten Interviews und Tests, hat sich bei mir das Bild erhärtet, dass sich viele SchülerInnen nicht vorstellen können, was in einem elektrischen Widerstand vor sich geht bzw. wie er funktioniert. Das Fehlen eines Konzeptes auf diesem Gebiet verunsichert sie beim Beantworten dieser Frage und

²⁵ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

veranlasst oftmals zum Schätzen der richtigen Antwort, ohne auf andere, auch zu berücksichtigende Konzepte, einzugehen. Sie bemerken meist nicht, welche Auswirkungen ihre Antworten auf die Gesetze der Elektrizitätslehre haben. Konfrontiert man sie mit Fragen, die diese Diskrepanzen andeuten, bemerken sie meist von selbst, dass ihre Antworten nicht stimmen können. Es fehlt allerdings oft das Konzept, um die Frage neu zu überdenken, wodurch sie vor dem Beispiel resignieren.

Bildung eines Stromkreises / Wann leuchtet das Lämpchen?

Wodurch ist ein funktionierender Stromkreis definiert? Diese Frage erscheint für eine Person aus dem Fach als Klacks, wie sich aber schon bei den einfachsten Untersuchungen heraus stellt, kommt es selbst bei dieser Problemstellung zu umfangreichen Schwierigkeiten. Eines der beliebtesten Experimente in diesem Zusammenhang stellt sich wie folgt dar: SchülerInnen werden eine Lampe, eine Batterie und mehrere Kabeln gegeben. Ziel ist es, mit den ausgegebenen Utensilien, die Lampe zum Leuchten zu bringen. Beinahe die Hälfte der Kinder schaffen es nicht diese Aufgabe zu lösen²⁶.

Eine weitere Arbeit von Niederer und Goldberg untersucht die Lernprozesse und die damit verbundenen Vorstellungen, die bei der Auseinandersetzung mit dem Themenfeld elektrischer Stromkreis auftreten. Diese Studie wurde zwar nicht mit SchülerInnen, sondern mit College-StudentInnen durchgeführt, zeigt aber welche verschiedenen Vorstellungen beim Erlernen des Themas auftreten und wie die Konzeptwechsel von statten gehen. Am Anfang steht hier wieder das „Alltags-Strom-Konzept“, das bereits als „Strom als Brennstoff“-Konzept Erwähnung gefunden hat. Das „Alltags-Strom-Konzept“ wird vom „Konzept des positiven und negativen Stroms“ abgelöst, das als erste „Zwischenvorstellung“ bezeichnet wird. Dieses Konzept kommt zu Stande in dem zuvor das oben erwähnte Experiment mit Batterie, Lampe und Kabeln von den StudentInnen durchgeführt wird. Die erste funktionstüchtige Schaltung kommt dabei erst nach 30-minütigem Trial-and-Error-Verfahren zu Stande. Aus dem anfänglichen Brennstoff-Konzept wurde nun, durch Erwerb neuer Erfahrungen (Experiment) und durch bereits erworbenes Wissen (z.B. es gibt positive und negative Ladungen, man braucht verschiedenfarbige Kabel zum Laden einer leeren Autobatterie), ein erster Konzeptwechsel eingeleitet. Das nun vorliegende Konzept vom „positiven und negativen Strom“ ist vor allem durch die Vorstellung gekennzeichnet, dass positive und negative Ladungen von den jeweiligen Polen über unterschiedliche Verbindungen zur Lampe gelangen (Anschlüsse am Gewinde und am Fußpunkt), wo, durch ihr Zusammentreffen Licht in der Lampe entsteht.

Ein weiterer Konzeptwechsel bringt uns zur zweiten Zwischenvorstellung, der des „Elektronen-Stromes“. Diese Konzept wird wieder durch den, vom Lehrer gegebenen, Input geformt und endet in folgenden Vorstellungen: Die positiv geladenen Protonen können sich nicht bewegen. Nur die negativen Elektronen bewegen sich über den ersten Draht zum Lämpchen und über den zweiten Draht zurück zum anderen Pol der Batterie.

²⁶ Fredette, N. & Lochhead, J. (1980), S. 194

Das Licht der Glühlampe wird von der Wärme verursacht, die wiederum durch die Bewegung der Elektronen, welche eine Schwingung der Atome hervorruft, zu Stande kommt. Die Elektronenzahl-Erhaltung wird zwar von den StudentInnen verstanden und akzeptiert, jedoch wird diese Tatsache nicht in jedem Kontext berücksichtigt. Schlussendlich wird die letzte Vorstellung des Stromkreises von den StudentInnen übernommen, nämlich die vom „*Strom mit Elektronendruck*“. Im Mittelpunkt dieses Konzeptes stehen die Begriffe Druck und Druckdifferenz. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich Elektronen von Bereichen mit hohem Druck zu Bereichen mit niedrigerem Druck bewegen und dass der negative Pol der Batterie einen hohen und der positive Pol einen niedrigen Druck besitzt. Der Druck wird durch den Elektronenüberschuss am negativen Pol aufgebaut und kann entweichen²⁷.

Parallel- u. Serienschaltung

In unterschiedlichen Arbeiten wurde untersucht wie Lernende elektrische Stromkreise betrachten und welche Informationen sie daraus gewinnen²⁸. So stellen sich viele unter diesen schematischen Zeichnungen ein System von Rohren vor, in denen eine Flüssigkeit fließt. Diese Flüssigkeit wird einfach mit der Elektrizität gleich gesetzt. Die Schaltkreise werden auf unsystematische Weise analysiert und beim Lösen von Aufgaben wird aus unterschiedlichen Antwortschemata einfach die Passendste ausgewählt²⁹. Lernende lassen sich von der Darstellungsweise des Schaltschemas stark beeinflussen. Die Anordnung der Elemente eines Schaltbildes wird nicht als schemenhaft, sondern als tatsächliche Anordnung der Elemente des Stromkreises gesehen und spielt eine wichtige Rolle für die Einordnung des Schwierigkeitsgrades eines Beispiels und für den Umgang damit. Eine besonders häufig anzutreffende Fehlvorstellung ist die, dass in einem Parallelstromkreis die Verbraucher oder Widerstände im Schaltbild auch wirklich parallel zueinander gezeichnet werden müssen. Überlegungen hinsichtlich der Aufteilung der Ströme, Bedeutung von Knotenpunkten oder dergleichen, werden oft nicht durchgeführt. Der Begriff „Parallelschaltung“ schafft hier den Raum für ein häufig auftretendes Missverständnis.

²⁷ Niederer, H. & Goldberg, F. (1995), S. 77 ff.

²⁸ Johsua, S. (1984)

²⁹ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 98

2.2 Vorstellung und Vergleich der vorliegenden Testinstrumente zur Ermittlung von Schülervorstellungen

Mit dem Auftreten der oben angeführten Schüler- und Alltagsvorstellungen müssen Lehrkräfte bei ihren SchülerInnen, nach der Einführung in die Elektrizitätslehre rechnen. Für diese Einführung gibt es bereits einige, von Fachdidaktikern erarbeitete, Lehrkonzepte,³⁰ die alle ihr Für und Wider haben. So gut, oder vielleicht auch weniger gut diese Lernkonzepte auch sein mögen, es wird auch nicht dem besten Lehrer oder der besten Lehrerin gelingen, alle Fehlkonzepte aus den Köpfen der Kinder zu verbannen, was natürlich Auswirkungen auf den darauf aufbauenden Lernstoff haben wird. Um dies zu vermeiden, sollte nach der Einführung eine Evaluierung durchgeführt werden die die auftretenden, oft versteckten Fehlkonzepte aufdeckt und um eine Intervention von Seiten der Lehrkraft einleiten zu können, bevor möglicherweise neuer Stoff an die Fehlkonzepte angeknüpft wird.

Im folgenden Abschnitt werden unterschiedliche Evaluierungsmethoden vorgestellt, die zur Aufdeckung der Fehlkonzepte und Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre entwickelt wurden. Bevor diese Testinstrumente in dieser Form existierten, gab es schon einige andere, die allerdings entweder rein für Forschungszwecke oder zur Untersuchung des Unterrichts heran gezogen werden konnten. Die Instrumente die als reine Forschungsinstrumente konzipiert wurden, beschränken sich in ihren Untersuchungen oft nur auf einen bestimmten Teil der Elektrizitätslehre, wie z.B. den elektrischen Widerstand³¹ oder das Bilden eines funktionierenden Stromkreises³². Andere Untersuchungen, die mehrere Themenfelder abdecken, behandeln die Thematiken nur mit einem Beispiel, wodurch ein Vergleich der Beispiele oder zusätzliche statistische Evidenz in Bezug auf das Verständnis (War es die Frage oder das Konzept das nicht verstanden wurde?) nicht hergestellt werden kann. Eine Überprüfung betreffend der Reliabilität und der Validität wurde nicht dokumentiert. Dieser Missstand führte zum Wunsch ein Testinstrument zu entwickeln, das sowohl als Untersuchungsinstrument zur Bewertung von unterschiedlichen Unterrichtsmodellen und Materialien, als auch als Evaluierungshilfe zur Abbildung von Schülervorstellungen verwendet werden kann³³.

Folgende Testinstrumente werden nun vorgestellt:

- Rhöneck – Test
- DIRECT – Test
- AECCP – Test

³⁰ z.B. den von der LMU-München entwickelte Lehrgang zur *Einführung in die Elektrizitätslehre* (www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/index.html) oder das Konzept von Muckenfuß (Muckenfuß, H. & Walz, A. (1992)).

³¹ Viard, J. & Khantine-Langlois, F. (2001).

³² Fredette, N. & Lochhead, J. (1980).

³³ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 99

2.2.1 Rhöneck-Test

Der sogenannte *Rhöneck-Test* wurde vom deutschen Physikdidaktiker Christoph von Rhöneck in den 1980er Jahren entwickelt. Die mir vorliegende Version aus dem Jahr 1986³⁴ besteht aus 12 Beispielen, die verschiedenen Untersuchungen entnommen wurden. Davon sind sechs Multiple-Choice Fragen³⁵ (mit unterschiedlicher Anzahl an möglichen Antworten). Bei vier Fragen sind Messwerte ein zu setzen³⁶, eine Multiple-Choice Frage ist mit einer offenen Frage kombiniert und eine weitere ist eine rein offene Frage. Der Test wurde von insgesamt 414 Zehntklässlern (136 schwedische, 189 französische und 89 deutsche Gymnasiasten) nach den jeweiligen Unterrichtssequenzen, in denen sie sich den Stoff aneignen hätten sollen, durchgeführt.

Rhöneck geht bei seinen Untersuchungen von Schülervorstellungen vielfach von Analysen des Problemlöseverhaltens aus. Er versteht dabei die Detailinformationen zu Begriffen und Regeln, sowie die Funktionen von Batterie und Lämpchen als zusammenhängende Vorstellungen des Stromkreises. Dabei unterscheidet er zwischen folgenden Präkonzepten³⁷:

- Quelle-Verbraucher-Modell
- kausaler Zusammenhang zwischen Batterie und Lämpchen
- Ausguss-Modell mit Lämpchen als „Ausguss“
- Geben-Nehmer-Schema mit gebenden und nehmenden Elementen
- Betrachtung die den elektrischen Strom und den Energiefluss nicht ausreichend differenziert

Eine zentrale Rolle, so meint Rhöneck³⁸, spielt in der Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I der Strombegriff, der dem Spannungsbegriff vorgezogen wird und sich nicht genügend von diesem abhebt.

³⁴ von Rhöneck, C. (1986)

³⁵ Abb. 1,3,5,6

³⁶ Abb. 2 & 4

³⁷ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

³⁸ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

Testentwicklung:

Über die eigentliche Entwicklung des Tests, die ihr zu Grunde liegenden Gedanken oder Zielsetzungen finden sich in der mir vorliegenden Arbeit keine Informationen. Strukturiert wird die Arbeit insofern, dass zu den aus der Literatur bekannten und auch in dieser Arbeit bereits erwähnten Schülervorstellungen, passende Fragen konstruiert bzw. gesucht werden, deren Antworten dann Rückschlüsse auf die alternativen Konzepte der Probanden zulassen. Für folgende Präkonzepte werden Fragen entwickelt:

- Stromverbrauchsvorstellung
- Differenzierung von Spannung, Strom und Energie
- $I = \text{konstant}$
- lokale Argumentation / lokales Denken
- sequentielle Argumentation / sequentielles Denken
- Spannungswerte am Stromkreis
- Stromstärken im Stromkreis
- elektrischer Widerstand

Die Behandlung der Probleme, die bei den Reihen- und Parallelschaltungen auftreten, werden hingegen (aus Platzgründen) nicht diskutiert. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich die hierbei auftretenden Fehlvorstellungen in vielen Fällen auf geometrische Interpretationen zurück zu führen lassen³⁹.

Auswertung:

Statistische Auswertungsmethoden werden – zumindest hier nicht ersichtlich – bei dieser Arbeit keine angewandt. Es wird weder kontrolliert ob, wie im *DIRECT*-Test (siehe unten), die Ziele erreicht werden (es wurden auch keine formuliert) oder ob der Test zuverlässig bzw. valide ist. Auch etwaige Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder den Unterrichtsstilen werden nicht erhoben bzw. diskutiert.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt ausschließlich in der Weise, dass anhand der Antworten der Fragen auf das prozentuale Auftreten einzelner Fehlkonzepte geschlossen wird. Die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Konzepte wird ebenso wenig untersucht, wie der Einfluss verschiedener Unterrichtskonzepte auf die Schülervorstellungen.

³⁹ von Rhöneck, C. (1986), S. 10

Folgerungen:

Rhöneck gibt in seiner Arbeit abschließend eine kurze Empfehlung für den Unterricht ab. Dem zu Folge sei besonders in der Elektrizitätslehre eine genaue Kontrolle der Begriffsbildung und des Regellernens von zentraler Bedeutung. Dies kann durch wiederholtes Üben von Aufgaben erreicht werden, wobei dies nicht angekündigt werden sollte, da das oberflächlich angelernte Wissen die Probleme oft überdeckt⁴⁰.

2.2.2 DIRECT-Test

Der *DIRECT*-Test wurde am Physik Institut der *State University of North Carolina* um das Jahr 2002 herum entwickelt. Er wurde für die Einsatz an College- und Universitätsstudentinnen und Studenten designet und kam bereits bei mehreren hundert Probanden zum Einsatz. *DIRECT* steht für „*Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test*“ (aus dem Englischen übersetzt: Bestimmungs- und Interpretationstest für elektrische Widerstandsschaltungen). Sein Ziel ist, es unterschiedlichste Vorstellungen von Studentinnen und Studenten bezüglich elektrischer Gleichstrom Netzwerke zu evaluieren⁴¹.

Der Test widmet sich der Beantwortung folgenden Forschungsfragen⁴²:

- Kann ein Multiple-Choice Test entwickelt werden, der verlässlich und gültig ist in Bezug auf die Offenlegung der Fehlkonzepte von Studentinnen und Studenten?
- Bestehen signifikante Unterschiede zwischen unterschiedlichen Probandengruppen? Im Speziellen: Gibt es bemerkbare Unterschiede im Zusammenhang mit Kursstufe, High School versus Universität, Geschlecht oder Unterrichtsmethoden?
- Welche Fehlkonzepte kann der Test feststellen?

Testentwicklung:

Am Anfang der Arbeit stand eine umfangreiche Auswertung von High School und Universitäts-Lehrbüchern, Labor Anleitungen und zusätzliche Gespräche mit den Ausbildnern die diese Materialien verwenden. Darauf aufbauend wurde zuerst ein Zielkatalog formuliert der in weiterer Folge einer Gruppe von unabhängigen Experten und Expertinnen präsentiert wurde, um das Grundkonzept zu kontrollieren. Ein Einwand der von den Experten berücksichtigt wurde, war der, dass sie dem Einsatz von Messgeräten bei den Stromkreiszeichnungen ablehnend gegenüber standen⁴³. Begründet wurde dies damit, dass eine Untersuchung von Psillos, Koumaras und Valassiades ergeben hat, dass eine Gruppe von SchülerInnen der Vorstellung unterlag, dass Amperemeter elektrische

⁴⁰ von Rhöneck, C. (1986), S. 13 f.

⁴¹ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 98

⁴² Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 98

⁴³ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 99

Ladungen konsumieren würden und somit (so die Vorstellung der Probanden) mit Lampen gleich zu setzen wären⁴⁴. Dieses Fehlkonzept würde mögliche Schlussfolgerungen des Tests erschweren, da aus den Antworten nicht ersichtlich wäre, ob die Studentinnen und Studenten Probleme mit dem Stromkreiskonzept oder mit dem Multimeterkonzept hätten.

Der Test wurde zuerst mittels offener Fragen durchgeführt. Mit den erhaltenen Antworten wurden dann für den Folgetest Distraktoren für den Multiple-Choice Test entwickelt⁴⁵. Der nun entstandene *DIRECT*-Test (Version 1.0) umfasst 29 Multiple-Choice Fragen, deren Beantwortung in etwa 30 Minuten in Anspruch nimmt. Diese wurden von 1135 Studentinnen und Studenten (454 von High Schools und 681 von Universitäten) in ganz Amerika durchgeführt. Danach wurden die Ergebnisse einer gründlichen Prüfung unterzogen, mit dem Resultat, dass Version 1.0 ein wenig abgeändert werden musste, um einerseits seine Verlässlichkeit zu erhöhen und andererseits um Fragen zu überarbeiten, die zu Verwirrungen geführt haben. Zwei große Veränderungen mussten vorgenommen werden: Erstens wurden zu jeder Frage 5 Antwortmöglichkeiten entworfen (ein richtiger und 4 falsche Distraktoren)⁴⁶ und diese Antwortmöglichkeiten wurden zusätzlich quantifiziert. Das heißt z.B., dass die Antwortmöglichkeit „Lampe 2 wird heller“ umgeändert wurde in „Lampe 2 leuchtet 2 mal so hell wie vorher“⁴⁷. Zweitens wurden Stromkreiszeichnungen geändert, da es auch hier zu Unsicherheiten kam. Nun wurde der *DIRECT*-Test Version 1.1 von 692 Probanden von High Schools und Universitäten in Kanada, Deutschland und der USA durchgeführt und seine Ergebnisse erneut überprüft⁴⁸.

Auf Anfrage sandte mir der Mitentwickler des *DIRECT*-Tests, Prof. Robert J. Beichner⁴⁹ von der North Carolina State University, die aktuellste Testversion 1.2. Sie besteht ebenfalls aus 29 einstufigen Items mit je 5 Antwortmöglichkeiten (wie Version 1.1). Laut Auskunft der anderen Mitentwicklerin dieses Tests, Paula Engelhardt⁵⁰ von der Tennessee Tech University, wurden bei der Weiterentwicklung von Version 1.1 auf Version 1.2 nur geringfügige Änderungen durchgeführt. So wurden nach ihrer Aussage nur Grafiken leicht abgeändert wenn diese nach dem Druck nicht in der gewünschten Qualität vorlagen. Auch wurden einige Fragen ein wenig umformuliert um sie verständlicher zu machen.

⁴⁴ Psillos, D., Koumaras, P. & Valassiades, O. (1987), S. 193

⁴⁵ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 99

⁴⁶ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 100

⁴⁷ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 106

⁴⁸ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 101

⁴⁹ Kontakt: Robert J. Beichner, Ph.D, beichner@ncsu.edu

⁵⁰ Kontakt: Paula Engelhardt; Engelhar@tntech.edu

Auswertung:

- *Unterscheidungsvermögen der Items:* Mit Hilfe statistischer Methoden wurde zuerst das Unterscheidungsvermögen (bzw. der Diskriminierungsindex) der einzelnen Fragen erhoben. Das Unterscheidungsvermögen ist ein Maß für die Fähigkeit einer Frage zwischen Probanden zu unterscheiden, die insgesamt gut bei dem Test abgeschnitten haben und jenen, die schlecht abgeschnitten haben. Es wurde ein Diskriminierungsindex für jede Frage, jeweils für die Gruppe der High School, der Universität und der Gesamtgruppe berechnet.
- *Werden die Ziele erreicht:* Schon zu Beginn der Testentwicklung wurde ein Zielkatalog entwickelt. Den unterschiedlichen Zielen wurden in weiterer Folge jene Fragen zugeordnet, die durch richtige Beantwortung darauf hinweisen, dass das jeweilige Ziel erreicht wurde. Jede Frage konnte dabei nur mit einem Ziel verknüpft werden. Insgesamt wurden elf Ziele formuliert die in Themenclustern geordnet wurden. Ein Beispiel für ein Ziel des Clusters „*Physikalische Aspekte des elektrischen Gleichstrom Stromkreises*“ war z.B.: Identifiziere und erkläre einen einfachen Stromkreis⁵¹. Diesem Ziel wurden gleich drei Fragen zugeordnet. Nun wurde der Mittelwert der Erfolgswahrscheinlichkeiten dieser drei Fragen ermittelt und somit gibt es zu jedem Ziel eine Prozentzahl die ausdrückt wie viel Prozent der Probanden das Ziel erreichen. Im Fall des oben genannten Zieles waren es bei Version 1.0 und Version 1.1 jeweils 56%. Alle Ziele des Clusters werden mit einer Wahrscheinlichkeit von ebenfalls 56% (Version 1.0) und 52% (Version 1.1) erreicht.
- *Reliabilität oder Zuverlässigkeit:* „Die Reliabilität beschreibt die Genauigkeit, mit der ein Test eine Merkmalsdimension erfasst, und zwar unter der Vernachlässigung des Umstandes, ob es sich dabei auch um die Merkmalsdimension handelt, deren Erfassung intendiert ist“⁵². Um die Reliabilität zu messen wurde die Kuder-Richardson Formel 20⁵³ (KR-20) verwendet, die angibt inwiefern verschiedene Items das gleiche messen. Mit Werten von 0,71 (Version 1.0) und 0,7⁵⁴ (Version 1.1) liegen die Ergebnisse im gewünschten Bereich und der Test kann als zuverlässig angesehen werden⁵⁵.
- *Validität oder Gültigkeit:* „Unter Validität wird das Maß an Genauigkeit gemessen, mit dem der Test dasjenige Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, dass er messen soll oder zu erfassen vorgibt“⁵⁶. Die Validität des *DIRECT*-Tests kann nicht mit einer einzelnen Maßzahl wiedergegeben werden. In der Untersuchung wird zwischen der Inhaltsvalidität (Können mit Hilfe des Testmaterials die Aussagen überhaupt getroffen werden?) und der Konstruktvalidität (misst der Test

⁵¹ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), Table I, S. 100

⁵² Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006), S. 141

⁵³ Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006), S. 146

⁵⁴ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), Table II, S. 101

⁵⁵ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), Table I, S. 102

⁵⁶ Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006), S. 149

Stromkreis Konzepte wie Ladung oder Spannung?). Die Inhaltsvalidität wurde mit Hilfe der unabhängigen Experteninnen- und Expertengruppe überprüft, in dem man ihnen die formulierten Ziele und die dazugehörigen Fragen inklusive Antworten vorlegte. Waren Fragen und/oder Antworten nach Meinung der Expertinnen nicht auf das jeweilige Ziel abgestimmt, mussten sie umformuliert werden. Die Konstruktvalidität wurde mittels Faktoranalyse und den Interviews durchgeführt. Die Interviews sollten einerseits sicher stellen, dass die Fragen richtig verstanden wurden und die Antworten leichter nachvollziehbar sind und andererseits, um bezüglich der Validität des Testdesigns Sicherheit herzustellen, indem man die Resultate mit anderen Studien abglich. Zusammenfassend wird festgehalten, dass beide Testversionen valide sind hinsichtlich der Identifikation der alternativen Konzepte.

- *Unterschiede zwischen High School und UniversitätsabsolventInnen:* Weitere statistische Analysen zeigten, dass Universitätsstudentinnen und Studenten bei beiden DIRECT-Test-Versionen eindeutig besser abschnitten als ihre High School Kolleginnen und Kollegen. Keinen Unterschied konnte man zwischen jenen High School Probanden die reguläre Physik Kurse und jene die Physik Kurse für Fortgeschrittene besuchen feststellen. Auch die verwendeten Fehlkonzepte tauchten bei allen Gruppen circa gleich oft auf.
- *Unterschiede zwischen den Geschlechtern:* Bei der Test Version 1.0 wurde klar, dass männliche Probanden besser abschnitten als ihre weiblichen Kolleginnen, die auch mehr Fehlkonzepte (N = 11) als die männlichen Probanden (N = 6)⁵⁷ anwendeten. Nicht nur das männliche Testpersonen besser abschnitten und weniger Fehlkonzepte als die weiblichen Testpersonen benutzten, auch konnte bei den Burschen ein größeres Vertrauen in ihre Antworten nachgewiesen werden⁵⁸.
- *Unterschiede zwischen den Unterrichtsmethoden:* Um zu untersuchen ob der DIRECT-Test unterschiedliche Ergebnisse bei unterschiedlich ausgebildeten Probandengruppen identifiziert, wurden drei Untergruppen gebildet. Die erste Untergruppe hatte eher einen mathematischen Zugang zum Themenfeld der Elektrizitätslehre und wurde nach dem Chabay & Sherwood Lehrbuch⁵⁹ unterrichtet, in dem mikroskopische Aspekte von Stromkreisen auch zur Diskussion kommen. Diese Gruppe schnitt gegenüber der Gruppe der herkömmlich Unterrichteten und gegenüber der Gruppe der Universitätsstudentinnen und Studenten besser ab. Eine letzte Gruppe wurde nach dem Prinzip von „Physics by Inquiry“⁶⁰ (Physik durch Nachfragen) unterrichtet, welches einen Schwerpunkt auf praktische Erfahrungen und Handlungskompetenzen setzt. Diese Gruppe übertrifft sowohl die mathematisch als auch die am weniger mathematisch orientierte Gruppe. Insgesamt zeigt sich,

⁵⁷ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 105

⁵⁸ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 106

⁵⁹ Chabay, R. & Sherwood, B (1995)

⁶⁰ McDermott, L. C. et al. (1996)

dass beide Versionen des *DIRECT*-Tests Unterschiede zwischen unterschiedlichen Probandengruppen in Bezug auf ihre Vorbildung herstellen können⁶¹.

- *Festgestellte Fehlkonzepte*: Sowohl bei den Fragebögen als auch bei den Interviews konnten jede Menge Fehlkonzepte festgestellt werden. Beim Vergleich der Begriffsdefinitionen mit den auftretenden Fehlkonzepten zeigt sich, dass ein Hauptgrund für die Schwierigkeiten darin begründet liegt, dass die Probanden Probleme mit den Definitionen haben, vor allem mit dem Ladungsbegriff. Dabei werden die Eigenschaften der Energie der Ladung zugesprochen und in weiterer Folge der Spannung und dem Widerstand. Des Weiteren kommt der *DIRECT*-Test zu dem Schluss, dass die Probanden kein deutliches Verständnis über die Mechanismen eines elektrischen Stromkreises haben. Dies ist vor allem eine Folge aus der nur schwachen Verknüpfung der Inhalte aus der Elektrostatik und der Elektrodynamik. Ein Aspekt der den *DIRECT*-Test von anderen Untersuchungen unterscheidet, ist die Behandlung von Problemstellungen bei denen mehrere Batterien entweder parallel oder seriell zueinander geschaltet sind. Durch diesen Umstand ergeben sich neue Möglichkeiten zur Untersuchung des Spannungs- und Ladungskonzeptes⁶².

Folgerungen:

Folgerungen auf den Unterricht werden keine abgegeben. Es wird jedoch zum Abschluss betont, dass der *DIRECT*-Test bestimmt nicht alle Probleme in der Elektrizitätslehre lösen können, sondern vielmehr ein Datenerhebungsinstrument mehr ist, um die Lehrprozesse von Schülerinnen und Schüler evaluieren und besser verstehen zu können. Auch in Zukunft, so meinen die Autoren, werde es keine Studie geben die definitive Antworten liefern wird können⁶³.

2.2.3 AECCP-Test

Auch in Österreich ist die fachdidaktische Forschung der Fachrichtung Physik bemüht die Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre genauer zu untersuchen. So ist eines der aktuellen Forschungsgebiete, des relativ jungen österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Physik an der Universität Wien, die Entwicklung eines Multiple-Choice Testinstrumentes, welches es ermöglicht die Schülervorstellungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre zu identifizieren. Dieser Test wird laufend weiterentwickelt und wurde bis dato bereits an mehreren hundert SchülerInnen angewandt. Auch meine hier vorliegende Diplomarbeit ist Teil des Bestrebens den *AECCP*-Test zu verbessern und weiter zu

⁶¹ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 105 f.

⁶² Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 106

⁶³ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004), S. 107

entwickeln. In weiterer Folge arbeitet das Team, unter der Leitung von Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron, an der Entwicklung eines Lehrganges, der das Verständnis von Basiskonzepten unterstützt⁶⁴.

Testentwicklung

Die mir vorliegende Testversion des *AECCP*-Tests umfasst 30 Fragen zu den folgenden Vorstellungen bzw. Themen:

- Stromverbrauchsvorstellung
- $I = \text{konstant}$
- lokale Argumentation / lokales Denken
- sequentielle Argumentation / sequentielles Denken
- systemischer Charakter eines Stromkreises
- Widerstandsvorstellung
- Erfassen von Stromkreisen in Schaltskizzen / Reihen – und Parallelschaltung

Die Entwicklung, Formulierung und Auswahl der Fragen knüpfte am aktuellen Stand der Forschung zu Schülervorstellungen im Bereich der Elektrizitätslehre an. 11 der 30 verwendeten Test-Items waren zweistufig, d.h. dass neben der eigentlichen Frage in einem weiteren Schritt eine Erklärung für die Wahl der Antwort verlangt wird. Während wir von der Wahl der Antwort auf ein passendes Konzept schließen können, erlaubt die zweite Stufe eine Kontrolle dieser, unserer Folgerung. Wie sich bei der Auswertung heraus stellt, gibt es jede Menge Kinder die zwar die richtige Antwort ankreuzen aber nicht die richtige Begründung für die Wahl der Antwort parat haben. Die weist entweder auf eine falsche Schülervorstellung hin oder aber darauf, dass die Antwort geraten wurde⁶⁵.

Vor dem Einsatz der Test-Items wurde sie einer Expertenvalidierung unterzogen. Dabei überprüften 14 Lehrerinnen und Lehrer von mittleren und höheren Schulen die Fragen auf ihre Verständlichkeit und Widersprüchlichkeit. Alle ExpertInnen bewerteten die einzelnen Items als klar und verständlich und konnten sich selber vorstellen, den Fragebogen in ihren Klassen anzuwenden. Des Weiteren wurde der Fragebogen von 2 Klassen (beider 12. Schulstufen, insgesamt 43 SchülerInnen) durchgearbeitet und in weiterer Folge auf Klarheit der Formulierung und Verständlichkeit der Schaltskizzen überprüft und optimiert⁶⁶.

Nach vorläufiger Fertigstellung der Test-Items wurde der Fragebogen über einen E-Mail Verteiler an PhysiklehrerInnen im ganzen Land versandt. Sie wurden gebeten sich an der Untersuchung zu beteiligen, woraufhin insgesamt 613 Schülerinnen und Schüler aus vier Schulformen und fünf Schulstufen mitmachten. Alle Testpersonen hatten bereits zuvor die relevanten Inhalte im Unterricht durch genommen⁶⁷.

⁶⁴ <http://aeccp.univie.ac.at/forschung-und-projekte/> [Stand: 14.04.2011]

⁶⁵ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 3

⁶⁶ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 4

⁶⁷ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 4

Auswertung

Von den 613 Testpersonen wurden nur 422 (225 Schülerinnen, 197 Schüler) Fragebögen für die Auswertung herangezogen, da die anderen (1) nicht vollständig, oder (2) aufgrund von sehr kurzer Bearbeitungszeiten, davon ausgegangen werden musste, dass sich die Testpersonen nicht ausreichend mit der Fragestellung beschäftigt haben.

- Reliabilität oder Zuverlässigkeit:* Mit SPSS wurden Reliabilitäts-, Faktor- und Clusteranalysen durchgeführt. Der Artikel legt ein Hauptaugenmerk auf die mit AMOS durchgeführte konfirmatorische Faktoranalyse, die in einem Modelltest überprüft, ob die auf Basis fachdidaktischer Erkenntnisse spezifizierten Modelle den auftretenden Korrelationen und Kovarianzen in der Stichprobe entsprechen. Während der *DIRECT*-Test in seinem vollen Umfang auf Reliabilität geprüft wurde, wurde der *AECCP*-Test nur in einzelnen Teilen geprüft. Wie auch im *DIRECT*-Test wird im *AECCP*-Test jede Frage einem Themengebiet zugeteilt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich bei der Auswertung nur mit den Konzepten zur Stromverbrauchs- und zur Widerstandsvorstellung. Diesen Gruppen wurden jeweils mehrere Fragen zugeordnet und es wurde überprüft, ob diese es schaffen das Auftreten von Schülervorstellungen hinsichtlich der Stromverbrauchs- und der Widerstandsvorstellung abzubilden. Dies wurde durch die Berechnung des Cronbach α Wertes erreicht. Das Cronbach α ist ein in der Wirtschafts- und Sozialforschung oft verwendeter Reliabilitätskoeffizient⁶⁸, dessen Wert über 0,6 liegen muss, damit ein Test als reliabel bezeichnet werden kann⁶⁹. Die errechneten Cronbach α -Werte lagen alle zwischen 0,736 und 0,893, was deutlich für die Zuverlässigkeit des Testinstrumentes spricht.
- Pfadanalyse:* Die Verwendung von Pfadmodellen (siehe *Abb. 7*) ist ein wichtiger Bestandteil der verwendeten Analysemethoden des *AECCP*-Tests. Mit ihrer Hilfe können Wirkungszusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen abgebildet und erklärt werden, die wiederum Hypothesen stützen. Es wird also auf diese Weise überprüft ob die aufgestellten Hypothesen (z.B. Item X bildet Vorstellung XY ab) richtig sind oder nicht⁷⁰.

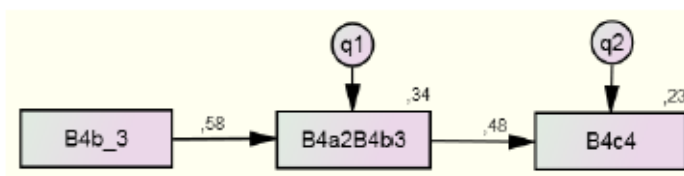


Abb. 7: Beispiel eines Pfadmodells

⁶⁸ Eckstein, P. (2008), S. 293

⁶⁹ Eckstein, P. (2008), S. 297

⁷⁰ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 12

- *Weitere Ergebnisse:* Da neben den Antworten auf die Fragen auch Daten über Schultyp-, Klassen-, Geschlechterzugehörigkeit gesammelt wurden, können natürlich auch im Bezug darauf Schlüsse gezogen werden. Es zeigt sich z.B., dass die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Geschlecht oder zu einem Schultyp keine signifikanten Unterschiede hervorbringt, jedoch oft zwischen einzelnen Klassen ein großer Leistungssprung festzustellen ist⁷¹. Dies deutet auf den großen Einfluss der Lehrperson und/oder der Unterrichtsmethode hin. In diesem Punkt widersprechen sich die Ergebnisse des *AECCP*- und des *DIRECT*-Tests, da sich beim ersteren keine Unterschiede aufgrund des Geschlechterattributes ergeben beim letzteren aber schon.

Tabelle 1: Überblick der Testinstrumente zur Evaluierung von Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre

	<i>RHÖNECK-Test</i> ⁷²	<i>DIRECT-Test</i> ⁷³	<i>AECCP-Test</i> ⁷⁴
Stichprobe	414	1135 (Version 1.0) 693 (Version 1.1) ? (Version 1.2)	422
Zielgruppe	10. Kl., Gymnasium	Universität, High School	Hauptschule, Kooperative Mittelschule, BHS, AHS (57,8 %), Polytechnische Schule
Methode	<ul style="list-style-type: none"> • Fragebögen a 12 Items (alle einstufig) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragebögen a 29 Items (alle einstufig) • Interviews als Evaluierungshilfe 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragebögen a 30 Items (inkl. 11 zweistufiger), • Interviews als Evaluierungshilfe • Fragebögen zur Schülermotivation
Empirie	<ul style="list-style-type: none"> • Erklärt nur Relationen (z.B. 25 % haben Aufgabe x falsch. Davon hält die Hälfte an der Vorstellung XY und die andere Hälfte der Vorstellung YY fest. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reliabilität mittels Kuder-Richardson Formel 20 • Validität mittels Expertenanalyse, Interviews und Faktoranalyse • Differenziert zw. Teilgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> • Reliabilität mittels Cronbach α • Validität mittels Expertenanalyse, Faktoranalyse und Pfadanalyse • Differenziert zw. Teilgruppen

⁷¹ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 7

⁷² von Rhöneck, C. (1986)

⁷³ Engelhardt, P. V. & Beichner, R.J. (2004)

⁷⁴ Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010)

3 Forschungsfrage

In diesem Kapitel werden die zentralen Forschungsfragen dieser Arbeit definiert.

Hauptziel meiner Untersuchung ist die Entwicklung mehrstufiger Frageitems und dazugehöriger Entscheidungsdistraktoren. Folgende Fragestellungen werden in der folgenden Arbeit untersucht und in weiterer Folge beantwortet:

- (1) Ist es möglich mit Fragebögen und anschließenden SchülerInneninterviews mehrstufige Frageitems zu entwickeln, mit denen Schülervorstellungen zum elektrischen Widerstand identifiziert werden können?
- (2) Können aus der Untersuchung neue, noch nicht in der Literatur beschriebene, Fehlkonzepte für den elektrischen Widerstand gefunden werden?
- (3) Haben Motivation und Selbstbild der Schülerinnen und Schülern Einfluss auf ihre alternativen Konzepte in der Elektrizitätslehre?
- (4) Hat die Klassenzugehörigkeit bzw. die Lehrperson Einfluss auf die alternativen Konzepte von Schülerinnen und Schülern?
- (5) Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Antwortrevisionen und Motivation und Selbstbild von Schülerinnen und Schülern?

4 Methodik

4.1 Theoretischer Hintergrund

Die von mir angestellten Untersuchungen zeichnen sich durch einen Methodenmix von qualitativen und quantitativen Messinstrumenten aus. Die beiden Fragebögen stellen dabei den quantitativen Teil und die Interviews den qualitativen Teil dar. Wie Heinze feststellte, ist eine qualitative Forschung zu empfehlen, wenn der Gegenstand der Forschung komplex, unübersichtlich und/oder teilweise oder ganz unbekannt ist.⁷⁵ Genau das liegt meiner Ansicht nach aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren bei diesem Problem vor, weshalb ich mich dazu entschloss ein qualitatives Messinstrument in meinem Untersuchungsdesign zu verwenden.

Die von mir gewählte Interviewform wird als offenes Leitfadeninterview bezeichnet werden. Der physikalische Fragebogen, den die Testpersonen ausfüllen müssen, dient als Leitfaden für die anschließenden Interviews. Der Leitfaden dient dem Interview als Strukturgeber, kann aber in seiner Reihenfolge jederzeit geändert werden. Etwaige Zwischenfragen, die gezielt auf spezielle Probleme oder Unklarheiten angesetzt werden, können durch die beim Fragebogen gegebenen Antworten abgeleitet werden. Offene Interviews zählen zu der Gruppe der qualitativen Interviews die sich von geschlossenen oder standardisierten Interviews durch folgende Charakteristika unterscheiden⁷⁶:

- Die Testperson ist nicht an Antwortvorgaben gebunden, sondern kann frei antworten.
- Sie kann das formulieren, was ihr in Bezug auf das Thema bedeutsam ist, also ihre ganz subjektiven Perspektiven und Deutungen offenlegen.
- Sie kann im Interview Zusammenhänge und größere kognitive Strukturen selbst entwickeln.
- Von beiden Seiten sind Präzisierungen, Erläuterungen und Randbemerkungen möglich.
- Unklarheiten und Missverständnisse können geklärt werden.
- Die befragte Person erhält die Möglichkeit und kann sich ihrer bewusst sein, nach Stimulation des Gedächtnisses, nach Phasen der Vertiefung und nach gewonnenem Vertrauen vorhergehende Äußerungen zu korrigieren.
- Die Bedingungen der Interviewsituation können thematisiert werden.

⁷⁵ Heinze, T. (2001), S. 27

⁷⁶ Reinhoffer, B. (2000), S. 210

Kohli fasst die Eigenheiten des offenen Interviews folgendermaßen zusammen: Das offene Interview ist gerichtet „auf eine höhere Aktivität des Befragten“ und lässt diesem „stärker die Steuerung des Gesprächs zufallen [...]. Es enthält einen höheren Anteil an offenen Fragen, nötigt also den Befragten zu eigenen Antwortformulierungen und fordert ihn zu längeren Antworten auf und überbindet ihm vermehrt die Verantwortung für die Wahl der Reihenfolge der Gesprächsthemen.“⁷⁷

4.2 Design der empirischen Untersuchung

Es ist davon auszugehen, dass die in Kapitel 3 vorgestellten Schülervorstellungen auch bei meiner Stichprobe auftreten. Um genauere Informationen über Quantität und Qualität der alternativen Konzepte der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre zu erhalten, musste nun ein Untersuchungsdesign entwickelt werden, welches es ermöglicht diese Konzepte abzubilden. Am AECCP wurde dazu bereits seit geraumer Zeit ein Testinstrument (siehe 2.2.3 AECCP-Test) entwickelt, welches einen Einblick in die Schülervorstellungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre ermöglicht. Dieser Test umfasst in seiner Gesamtheit 30, hauptsächlich einstufige Test-Items und deckt alle wichtigen Themenbereiche der Elektrizitätslehre ab, die der Lehrplan der 3. Klasse AHS (7. Schulstufe) vorsieht.⁷⁸

4.2.1 Inhaltliche Schwerpunktsetzung

Eine Abhandlung aller Themenbereiche, mit dem daran anknüpfenden Ziel, für alle Test-Items Entscheidungsdistraktoren zu entwickeln, würde den Umfang dieser Arbeit bei weitem sprengen, weshalb zuerst die Schwerpunktthemen ausgewählt werden.

Die Auswahl fiel auf eine genauere Betrachtung des **Widerstandskonzeptes** und auf die **Erfassung eines Stromkreises als System**.

4.2.2 Stichprobe

Am Ende meiner zahlreichen Schulbesuche hatte ich die Ergebnisse von insgesamt 45 Schülerinnen und Schüler, aus 2 Schulen und 7 Klassen gesammelt. Fünf Klassen, die von drei unterschiedlichen Lehrkräften unterrichtet wurden, befragte ich in einem Wiener BRG (drei 4. Klassen und zwei 7. Klassen) und zwei 4. Klassen in einer AHS in Niederösterreich. 25 Buben und 20 Mädchen unterschiedlicher Leistungsniveaus nahmen an der Untersuchung teil, wobei nicht von allen vollständiges Datenmaterial vorhanden ist.

⁷⁷ Kohli, M. (1978), S. 7

⁷⁸ <http://www.bmukk.gv.at/medienpool/791/ahs16.pdf> , S. 4 [Stand: 05.05.2011]

Von 41 Kindern konnten die Daten von beiden Fragebögen und die der Interviews gesammelt werden. Von vier Kindern (3 Buben, 1 Mädchen) fehlt entweder der physikalische Fragebogen oder das Interview. Diese Daten konnten entweder aus organisatorischen Gründen nicht mehr ermittelt werden oder die Kinder weigerten sich die Datenerhebung abzuschließen. Bei der späteren Auswertung der einzelnen Fragestellungen wurden immer nur vollständige Datensätze verwendet.

Ergebnisse der Fragebögen und der Interviews beinhalten einige fehlende Werte, da die Kinder bei einigen Fragen keine Antworten angegeben haben und ihnen auch bei den Interviews keine Antwort entlockt werden konnte. Von den 3258 Werten der beiden Fragebögen und der Interviews fehlen insgesamt 313 Werte. Davon Fehlen nur 8 der 1845 Werte des Motivationsfragebogens, 156 der 720 Werte des physikalischen Fragebogens und von den 720 Werten die sich aus den Interviews ergaben, fehlen weitere 149.

Die unten angefügte *Tabelle 2* gibt einen Überblick über die anfallende Stichprobe.

Tabelle 2: Stichprobe

Schule	Klasse	Lehrer	Geschlecht	Motivations- Fragebogen	Physikalischer Fragebogen	Interviews
BRG Wien	W 4a	A	m	3	3	3
			w	0	0	0
	W 4b	B	m	1	1	1
			w	1	1	1
	W 4c	B	m	8	8	7
			w	6	6	6
	W 7a	A	m	3	3	3
			w	3	3	3
	W 7b	A	m	5	4	3
			w	2	2	2
AHS NÖ	NÖ 4a	C	m	0	0	0
			w	8	8	7
	NÖ 4c	C	m	5	5	5
			w	0	0	0
Gesamt	3	m	25	24	22	
		w	20	20	19	
Gesamt				45	44	41

Oben stehende Tabelle zeigt die Zusammensetzung der anfallenden Stichprobe nach Klassen und gibt dabei an, wie viele Buben und Mädchen sich in den jeweiligen Klassen befinden, wie viele Fragebögen und Interviews dabei durchgeführt werden konnten und welche Lehrperson (abgekürzt durch A,B und C) für den Unterricht verantwortlich war.

4.2.3 Verwendete Testinstrumente

Motivationsfragebogen⁷⁹

Der Motivationsfragebogen diente im Zuge meiner Datenerhebung zur Feststellung allgemeiner Informationen über die Lernmotivation und das Interesse am Unterrichtsfach Physik und zur Schule allgemein. So wurde neben Fragen, welche die Einstellung der Kinder zum Physikunterricht, zum Themengebiet Physik im Allgemeinen, zum Lernen usw. erhoben, auch nach ihrer letzten Zeugnisnote in Physik, ihrem Geschlecht, ihrem Alter und nach ihrer Muttersprache gefragt. Die Fragen setzten sich aus einem noch umfangreicheren Fragebogen⁸⁰ zur Erhebung der Schülermotivation des AECCP zusammen, wurden selbst ausgesucht und den Kindern vor dem kognitiven Fragebogen zum ausfüllen gegeben. Die 41 Fragen des Fragebogens, die ab Frage Nr. 5 mit Hilfe einer 4-teiligen Skala (1 = stimmt überhaupt nicht, 2 = stimmt eher nicht, 3 = stimmt eher, 4 = stimmt ganz genau) zu beantworten waren, lassen sich in folgende Themencluster unterteilen (siehe *Tabelle 3*).

Tabelle 3: Themencluster des Motivationsfragebogens

Skalen-Abkürzung	Skalenbezeichnung	Fragen	Beispielitem
AF	Allgemeine Fragen	1 - 4	letzte Physiknote, Geschlecht, Alter, Muttersprache
SR	Selbstregulation	5 – 8	„Ich kann selbst gut erkennen, wie gut ich in Physik bin.“
SSK	schulisches Selbstkonzept	9 – 12	„In der Schule gehöre ich zu den guten SchülerInnen.“
PSK	physikalisches Selbstkonzept	13 – 16	„Obwohl ich mir Mühe gebe, fällt mir Physik schwerer als vielen anderen MitschülerInnen.“
SW	Selbstwirksamkeit	17 - 20	„Schwierigkeiten beim Lösen physikalischer Aufgaben sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen kann.“
EW	Ereigniserwartung	21 - 27	„Ich kann mich darauf verlassen, dass ich den Lernstoff gut verstehe, wenn ich arbeite.“
FZO	fachliche Zielorientierung	28 - 32	„In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig damit ich sehe was ich schaffen kann.“
KA	Konzentration und Ausdauer	33 – 36	„Ich habe Probleme mich für das Lernen von Physik zu motivieren.“
IM	intrinsische Motivation	37 – 41	„Ich arbeite und lerne im Fach Physik, weil ich es genieße, mich mit dem Fach Physik auseinanderzusetzen“.

Obenstehende Tabelle zeigt die Einteilung der Frageitems des Motivationsfragebogens in bestimmte Themencluster, gibt die Zugehörigkeit der einzelnen Fragen an und führt ein Beispielitem an.

⁷⁹ Anhang A

⁸⁰ Urban- Woldron, H. (2009), S. 10 ff.

Den einzelnen Antworten der jeweiligen Fragecluster werden dieselbe Wertigkeit zugeschrieben, wodurch Skalen abgebildet werden können. Die meisten Fragen waren so formuliert, dass die Antwort 4 eine positive Tendenz widerspiegelt. Die Antwortwerte der wenigen Fragen, die umgekehrt formuliert waren, dass also Antwort 1 eine positive Tendenz aufzeigt, wurden einfach auf den Kopf gestellt (d.h. aus 1 wurde 4, aus 2 wurde 3, usw.). Alle Ergebnisse dieser Befragung wurden in einer Excel-Tabelle gesammelt und ausgewertet.

Physikalischer bzw. Kognitiver Fragebogen⁸¹

Das eigentliche Wissen der ProbandInnen wurde vom Fragebogen, der sich aus fünf Test-Items zusammensetzt, erhoben. Diese sind meist Multiple Choice Fragen mit drei oder fünf Antwortmöglichkeiten. Eines dieser Items verfügte bereits über eine zweite Fragestufe. Während in der ersten die Testpersonen eine Antwort geben, werden sie in der zweiten Stufe aufgefordert, diese zu begründen. Die zweite Stufe ermöglicht es bereits Aussagen zu bestimmten Schülervorstellungen zu treffen. Zu diesem Punkt der Datenerhebung kann jedoch noch nicht evaluiert werden, ob die Frage auch richtig verstanden wurde und ob sich die Testperson überhaupt ausreichend mit der Fragestellung beschäftigt hat.

Mit Fokus auf die Schwerpunktthemen wurden aus den 30 Test-Items des *AECPP-TEST*'s fünf Items ausgewählt (siehe Kapitel 4.2.4), welche die Grundlage für meinen physikalischen Fragebogen bildeten.

Interviews

Das Herzstück der Datenerhebung waren die Interviews, die in Zweiergesprächen durchgeführt und aufgezeichnet wurden. Als Leitfaden dafür diente der physikalische Fragebogen, der zuvor von den Testpersonen ausgefüllt wurde. Als erstes wurde herausgefunden, ob die jeweilige Frage richtig verstanden wurde. Danach wurden die ProbandInnen angehalten, jede einzelne Antwort zu begründen. Hier kam es immer wieder zur Änderung der Antworten, die ebenfalls begründet werden sollten.

Die größte Schwierigkeit, die sich bei den Interviews ergab, war die richtige Formulierung der einzelnen Fragen. Dabei galt es zu beachten, dass die Kinder durch die Fragestellung in keinsten Weise bei ihrer Auswahl beeinflusst wurden.

Ein weiteres großes Problem stellte die oft nur wenig vorhandene Motivations- und Anstrengungsbereitschaft der Kinder dar. Sie waren zwar zumeist froh eine gewisse Abwechslung zum Schulalltag angeboten zu bekommen und gingen deswegen auch mit, um bei der Datenerhebung teilzunehmen. Jedoch bemerkten sie dann schnell, dass sie hier gefordert wurden und sich konzentrieren mussten. Dies führte bei einigen Kindern, trotz noch so sensiblen Umgang, zu Leistungsverweigerung. Man kann die

⁸¹ Anhang B

TestteilnehmerInnen nicht dazu zwingen, die erhofften Begründungen zu liefern und die damit verbundene Denkarbeit zu leisten. In diesen Fällen musste ich mich mit den Antworten ohne Begründungen begnügen. Ziel der Befragung war es, die Gedanken der Schülerinnen und Schüler während der Beantwortung der Fragen und die für ihre Entscheidungen ausschlaggebenden Beweggründe, sichtbar zu machen. Dies gelang in vielen Fällen sehr gut. In nicht wenigen Fällen war dieser Versuch aufgrund der beschriebenen Gründe nicht sehr erfolgreich.

Die bei den Interviews gegebenen Antworten wurden in derselben Excel -Tabelle wie schon die Ergebnisse der beiden Fragebögen - gesammelt. Für die spätere Entwicklung der Entscheidungsdistraktoren von zentraler Bedeutung, waren die Begründungen der Antworten, die nicht tabellarisch aufgearbeitet werden konnten. Die Interviews wurden alle samt transkribiert und besonders interessante Wortmeldungen markiert. Diese dienten als Bausteine zur Entwicklung der erwähnten Distraktoren.

Transkription der Interviews:

Die Interviews liefern die qualitativen Daten für diese Arbeit. Um einzelne Sachverhalte, wie z.B. die Zuordnung einzelner Antwortkombinationen zu einem bestimmten Konzept, darzustellen, werden Teile der Interviews möglichst unverfälscht wieder gegeben. Dabei ist es weniger ein Problem die passenden Interviews zu finden, da diese alle kodiert sind und die einzelnen Antworten dem zugehörigen Interview problemlos zugeordnet werden können. Vielmehr stellt das Auffinden von Interviews, die den qualitativen Ansprüchen dieser Forschungsarbeit genügen (siehe dazu Probleme bei der Interviewführung oben), eine Schwierigkeit dar. Konnte ein passendes Interview gefunden werden, wurden Teile daraus nach folgenden Richtlinien transkribiert:

- Der Sinn und/oder die Bedeutung der Wortmeldung darf nicht verändert werden.
- Die Wortwahl wurde wenn möglich beibehalten. Nur aus Gründen der Verständlichkeit wurden leichte Änderungen bei der Wortwahl oder beim Satzbau vorgenommen.
- Die Reihenfolge der Wortmeldungen wurde nicht verändert.
- Füllwörter wie *Ähm*, *Hmmmm*, *Ahhhh* usw. werden wiedergegeben um das Verhalten der Testperson, in Konfrontation mit der Frage und die Interviewsituation, besser zu veranschaulichen.
- Bei verbalen Verweisen (z.B. auf bestimmte Bauteile im besprochenen Schaltkreis) durch Wörter wie z.B. der da, hier, später usw., wurde zum Verständnis in eckigen Klammern hinzugefügt.

4.2.4 Vorstellung der Test-Items

Test-Item 1

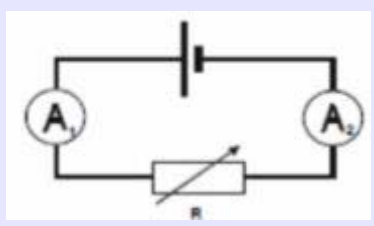
1	Der Stromkreis rechts besteht aus zwei Amperemetern und einem regelbaren Widerstand. Beide Amperemeter zeigen die Stromstärke an. Nun wird der Widerstand vergrößert.		
1a	Wie verändert sich dadurch die Anzeige von Amperemeter A₁?	1b	Wie verändert sich die Anzeige von Amperemeter A₂?
<input type="checkbox"/>	Sie wird größer.	<input type="checkbox"/>	Sie wird größer.
<input type="checkbox"/>	Sie bleibt gleich.	<input type="checkbox"/>	Sie bleibt gleich.
<input type="checkbox"/>	Sie wird kleiner.	<input type="checkbox"/>	Sie wird kleiner.
1c	Wie erklärst du deine Entscheidung?		
<input type="checkbox"/>	Ein größerer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleinerer Widerstand.		
<input type="checkbox"/>	Es ist dieselbe Batterie; daher liefert sie denselben Strom.		
<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke überall im Stromkreis.		
<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Sie beeinflusst daher den Strom vor dem Widerstand nicht.		
<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Daher wird der Strom vor dem Widerstand größer.		

Abb. 8: Test-Item 1

Abbildung 8 zeigt das Design des Items. Das Test-Item 1 wurde eins zu eins aus dem Fragekatalog des *AECCP-Tests* übernommen und ist das einzige zweistufige Item des physikalischen Fragebogens. Es konzentriert sich auf das **Widerstandskonzept** der Schülerinnen und Schüler und erlaubt durch die zweite Item-Stufe des Beispiels (Frage 1c) neben bloßen quantitativen Aussagen, die sich durch die Antworten der Fragen 1a und 1b ergeben, auch erste qualitative Aussagen.

In den Fragen 1a und 1b wird danach gefragt, welche Auswirkungen auf die Stromstärke bei der Änderung eines elektrischen Widerstandes zu erwarten sind. Es wird dabei nach dem Verhalten der Stromstärke vor (1a) und nach (1b) dem Widerstand gefragt. In der Frage 1c werden bereits vorgefertigte Erklärungsmöglichkeiten (Distraktoren) für die Antworten aus 1a und 1b angeboten. Die einzelnen Distraktoren in 1c lassen sich unterschiedlichen Konzepten zuordnen. Die Wahl des Distraktors stellt noch kein hinreichendes Indiz für eine bestimmte Vorstellung dar. Die gewählte Antwortkombination gibt aus den Fragen 1a, 1b und 1c einen schlüssigen Hinweis auf die von den Schülerinnen und Schülern angewandten Konzepte und Vorstellungen.

- Distraktor 1: „Ein größerer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleinerer Widerstand.“

Dieses Erklärungsmodell lässt unterschiedliche Konzepte zu. Die Kombination mit den Antworten 1 bei 1a und 1 bei 1b weist auf ein inverses Widerstandskonzept hin. Dabei wird angenommen, dass der elektrische Widerstand die Stromstärken vor und nach dem Widerstand erhöht. Die Kombination mit den Antworten 1 bei 1a

und 2 oder 3 bei 1b lässt den Schluss zu, dass das Staukonzept angewandt wurde. Hierbei wird vermutet, dass sich der Widerstand wie ein Trichter verhält, dessen Öffnung sich bei einer Vergrößerung verringert. Dadurch werden weniger Elektronen durch die Öffnung gelassen und die Elektronen stauen sich quasi vor dem Widerstand, was zu einem Anstieg der Stromstärke vor dem Widerstand führt.

- Distraktor 2: *„Es ist dieselbe Batterie; daher liefert sie den selben Strom.“*

Wurde dieses Erklärungsmodell gewählt, wird angenommen, dass eine Batterie immer die gleiche Stromstärke liefert. Um dieses Konzept widerspruchsfrei zu beantworten, bleiben entweder die Stromstärken in 1a und 1b gleich (Antwort 2) oder es nimmt eine Stromstärke ab und die andere zu. Die spätere Auswertung zeigt, dass dieser Distraktor auch gewählt wurde, wenn z.B. eine Stromstärke zu- oder abnimmt, während die andere unverändert bleibt. Diese Widersprüche treten generell sehr häufig auf und zeigen, dass die Probanden oft keine schlüssigen Konzepte anwenden oder sie nicht zu Ende denken.

- Distraktor 3: *„Eine Vergrößerung des Widerstandes führt zu einer Verringerung der Stromstärke überall im Stromkreis.“*

Dieser Distraktor liefert die richtige Erklärung für das Beispiel 1. Wird er mit den Fragen 1a und 1b abgeglichen, sollte bei den Fragen 1a und 1b eigentlich nur noch die Antwortmöglichkeit 3 (beide Stromstärken werden kleiner) ausgewählt werden. Es zeigt sich jedoch auch hier, dass die angewandten Konzepte nicht zu Ende gedacht werden, wodurch bei den Fragen 1a und 1b auch andere Antworten als Möglichkeit 3 ausgewählt werden.

- Distraktor 4: *„Eine Vergrößerung des Widerstandes führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Sie beeinflusst daher den Strom vor dem Widerstand nicht.“*

Distraktor 4 weist auf das besonders häufig angewandte Stromverbrauchskonzept hin. Es wird dabei angenommen, dass der Widerstand den Strom verbraucht, weshalb nach dem Widerstand die Stromstärke abnimmt. Gemeinsam mit den Antwortmöglichkeiten 2 bei 1a und 3 bei 1b ergibt sich die Antwortkombination, die einen konkreten Hinweis für die Stromverbrauchsvorstellung liefert. Auch die Antworten 1 bei 1a und 3 bei 1b können in Kombination mit diesem Distraktor dem Stromverbrauchskonzept zugeordnet werden, obwohl diese Kombination mit der Antwort 1 bei 1a dem Distraktor eindeutig widerspricht.

Distraktor 5: *„Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Daher wird der Strom vor dem Widerstand größer.“*

Diese letzte Erklärungsmöglichkeit weist abermals auf das Staukonzept hin. Die Antworten 1 bei 1a kombiniert mit 2 und 3 lassen sich widerspruchsfrei auf das Staukonzept zurück führen.

Test-Item 2

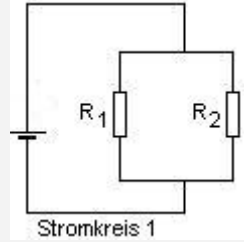
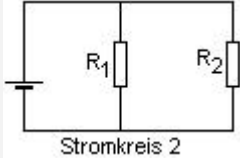
2	In welcher Schaltung oder in welchen Schaltungen (siehe Abbildungen rechts) sind die Widerstände R_1 und R_2 parallel zur Batterie geschaltet?	 Stromkreis 1
<input type="checkbox"/>	Stromkreise 1, 2 und 3	 Stromkreis 2
<input type="checkbox"/>	Stromkreis 2	
<input type="checkbox"/>	Stromkreis 1	
<input type="checkbox"/>	Stromkreise 1 und 2	
<input type="checkbox"/>	Stromkreise 2 und 3	

Abb. 9: Test-Item 2

Abbildungen 9 zeigt das Design des zweiten Test-Items. Hierbei handelt es sich um eine einstufige Frage, bei der unterschiedliche Schaltbilder abgebildet sind und jene erkannt werden sollen, die eine Parallelschaltung zeigen. Es ist aus älteren Studien bekannt, dass die Geometrie solcher Schaltbilder einen großen Einfluss auf die Entscheidung hinsichtlich Parallel- und Serienschaltung hat.⁸² Da es sich hier um eine einstufige Frage handelt, haben die darauf folgenden Interviews einen besonderen Stellenwert, da dabei nach einer Begründung für die einzelnen Antworten nachgefragt wird. Diese Begründungen können kategorisiert werden und bilden die Grundlage für die spätere Distraktorenentwicklung. Durch die genaue Analyse der Interviews wird in dieser Arbeit noch versucht werden, Gemeinsamkeiten für die Wahl der Antworten heraus zu arbeiten und daraus Distraktoren zu entwickeln.

⁸² von Rhöneck, C. (1986), S. 10

Test-Item 3

3 Betrachte die Schaltkreise und beantworte folgende Frage:

Wie sind die Widerstände geschaltet?

Stromkreis 1:

Stromkreis 2:

Stromkreis 3:

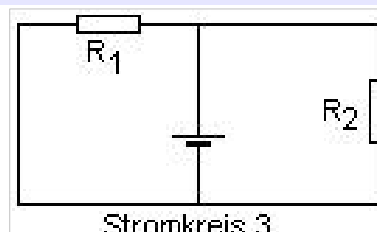
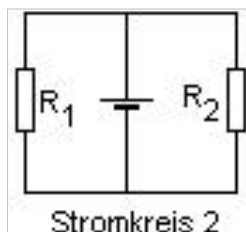
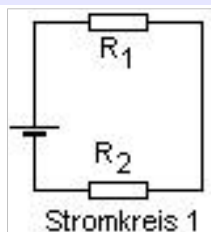


Abb. 10: Test-Item 3

Abbildung 10 zeigt das Design des dritten Test-Items. Dieses ist dem zweiten sehr ähnlich und beschäftigt sich wieder mit dem Erfassen eines Stromkreises als System. Es werden hier jedoch keine Antwortmöglichkeiten geboten, sondern es gilt für jedes der drei abgebildeten Schaltbilder anzugeben, um welchen Schaltungstyp es sich handelt. Hierfür müssen zum einen die Begriffe Serien- und Parallelschaltung bekannt sein und zum anderen müssen die zwei Typen den Schaltbildern zugeordnet werden. Bei diesem Item kommt im Gegensatz zu Item Nr. 2 auch eine Serienschaltung vor. Da es sich wieder um ein einstufiges Beispiel handelt, wird den anschließenden Interviews und deren Auswertung eine große Rolle zur Entwicklung von Distraktoren zugeschrieben.

Test-Item 4

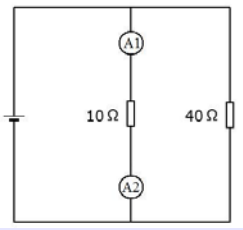
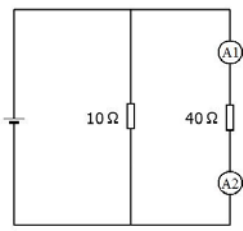
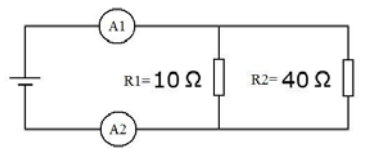
4a	Betrachte die Schaltkreise unten. Zeichne die Stromrichtung(en) in alle Schaltkreise ein.
4b	In den verschiedenen Schaltkreisen sind vor und nach einem Widerstand Amperemeter (A1 & A2) eingebaut die die dazugehörigen Stromstärken (I1 & I2) messen. Was wird eine Messung der Stromstärke vor und nach den Widerständen ergeben?
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 1</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 1</p> <input type="checkbox"/> I1 ist größer als I2 <input type="checkbox"/> I1 ist kleiner als I2 <input type="checkbox"/> I1 und I2 sind gleich groß
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 2</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 2</p> <input type="checkbox"/> I1 ist größer als I2 <input type="checkbox"/> I1 ist kleiner als I2 <input type="checkbox"/> I1 und I2 sind gleich groß
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 3</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 3</p> <input type="checkbox"/> I1 ist größer als I2 <input type="checkbox"/> I1 ist kleiner als I2 <input type="checkbox"/> I1 und I2 sind gleich groß

Abb. 11: Test-Item 4

Abbildung 11 zeigt das Design der Frage Nr. 4. Dieses Item wurde insofern leicht verändert, dass in die Schaltbilder die Amperemeter eingezeichnet wurden. In der ursprünglichen Aufgabe des *AECCP-Tests* waren diese nicht vorhanden. Dieses einstufige Beispiel versucht, wie bereits das Item Nr. 1, das Widerstandskonzept zu untersuchen und gilt darüber hinaus als Aufbaubeispiel für das folgende Test-Item Nr. 5. Im Prinzip wird hier das Gleiche abgefragt wie in Beispiel 1 (nämlich wie sich die Stromstärken nach und vor dem Widerstand verhalten), mit dem Unterschied, dass die Widerstände konstant bleiben und dass es sich um eine Parallelschaltung handelt. Um die Aufgabe richtig zu lösen, müssen die Befragten erkennen, dass alle drei Schaltkreise die Gleichen sind, dass nur die Amperemeter an unterschiedlichen Stellen die Stromstärke messen und in weiterer Folge, wie der Widerstand die Stromstärken vor und nach ihm beeinflusst.

Test-Item 5

5	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_{ges} ?		
	Die Stromstärke I_1 ...	Die Stromstärke I_2 ...	Die Stromstärke I_{ges} ...
<input type="checkbox"/>	wird größer	<input type="checkbox"/>	wird größer
<input type="checkbox"/>	wird kleiner	<input type="checkbox"/>	wird kleiner
<input type="checkbox"/>	bleibt gleich	<input type="checkbox"/>	bleibt gleich

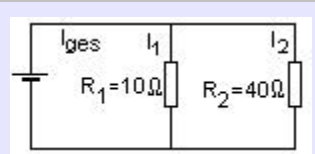


Abb. 12: Test-Item 5

In Abbildung 12 wird das Item Design vom fünften und somit letzten Beispiel des physikalischen Fragebogens gezeigt. Dieses Item ist das komplexeste des Fragebogens, wurde ebenfalls aus dem Fragekatalog des *AECCP-Tests* übernommen und ist wiederum einstufig. Um das Beispiel zu lösen, müssen die Probanden vielerlei Fähigkeiten besitzen und mehrere Konzepte parallel anwenden können. Zuerst sollten sie erkennen, dass es sich um eine Parallelschaltung handelt, bei der sich die Ströme an den Knotenpunkten teilen bzw. wieder zusammen fließen. Danach muss das Widerstandskonzept angewandt werden, um das Verhalten der Stromstärken zu prognostizieren. Sie müssen wissen, wie sich die Batterie verhält, wenn der Gesamtwiderstand verändert wird. Zu guter Letzt müssen sie die Vorgänge im gesamten Stromkreis als zusammenhängendes System verstehen. Den Interviews kommt wieder eine zentrale Bedeutung zu, um die beim Lösen angewandten Strategien und Vorstellungen zu identifizieren.

5 Datenerhebung

5.1 Organisatorische Gestaltung

Nach Fertigstellung der Fragebögen trat ich mit mehreren Schulen per E-Mail in Kontakt, um dort um Erlaubnis für die Durchführung der Fragebögen und der Interviews an zu suchen. Dabei richtete sich meine Kontaktaufnahme immer persönlich an die Direktoren und Direktorinnen der Schulen.

Die erste Zusage bekam ich von einem Direktor eines BRG in der Wiener Innenstadt, den ich bereits bei meinem fachbezogenen Unterrichtspraktikum für das Fach Physik, im Sommersemester 2010 kennengelernt hatte. Herr S.⁸³, mein ehemaliger Betreuungslehrer im Unterrichtspraktikum, stellte es mir frei, in den von ihm unterrichteten Klassen die Datenerhebung durchzuführen und er bot mir des weiteren an, bei anderen Physiklehrern und Lehrerinnen nachzufragen, ob dies auch in ihren Klassen möglich sei. Am Ende hatte ich die Zusage, in allen drei 4. Klassen und noch zusätzlich in zwei 7. Klassen die Befragungen durch zu führen.

⁸³ Der Name wird hier wegen der Anonymisierung nicht bekannt gegeben.

Die zweite Schule, von der ich die Möglichkeit erhielt meine Daten zu sammeln, war eine AHS in Niederösterreich, nahe an Wien. Meine Kontaktperson in dieser Schule war Herr H.⁸⁴. Er ist ein Studienkollege, der bereits seine Unterrichtstätigkeit aufgenommen hat und ebenfalls zeitgleich mit mir die Diplomarbeit im Unterrichtsfach Physik schreibt. Für beide 4. Klassen, die Herr H. zu dieser Zeit unterrichtete, bekam ich von Seiten der Schulleitung und des Lehrers die Erlaubnis, mit der Datenerhebung zu beginnen.

Da aber fast alle meiner Probanden und Probandinnen in beiden Schulen noch minderjährig waren, fertigte ich vor der Datenerhebung ein Schreiben an die Eltern an, in dem sie um Einverständnis gebeten wurden, ihre Kinder bei der Untersuchung teilnehmen zu lassen. Die Verteilung dieses Schreibens diente mir als erste Kontaktaufnahme mit den Kindern. Dabei erklärte ich ihnen kurz den Sinn und Zweck meines Vorhabens und den Ablauf der Datenerhebung. Die von den Eltern unterschriebenen Zettel wurden nach und nach bei den Physiklehrern der Kinder wieder retourniert, die mich dann darüber informierten. Als ich für jede Klasse drei unterschriebene Einverständniserklärungen hatte, machte ich gemeinsam mit dem Physiklehrer oder der Physiklehrerin einen passenden Termin für die Durchführung der Datenerhebung aus. In erster Linie versuchten wir dies in Frei- oder Supplierstunden zu bewerkstelligen. Für Kinder, die den Religionsunterricht nicht besuchten, kam ich in die Schule, wenn sie gerade Religion hatten. Einige Befragungen wurden auch während des Regelunterrichts abgehalten.

Nach Abgabe der von den Eltern unterschriebenen Einverständniserklärung bekamen die Kinder vom Lehrer oder der Lehrerin den Motivationsfragebogen. Diesen sollten sie bei Gelegenheit auszufüllen und mir vor den weiteren Untersuchungen abgeben.

Eine Schwierigkeit stellte oft das Auffinden eines geeigneten Raumes für die Befragungen dar. Da ich alle Interviews mit einem Aufnahmegerät aufzeichnete, musste der Raum relativ ruhig sein, um Störgeräusche zu vermeiden. Anfangs führte ich auf dem Gang einige Interviews durch, was sich aber bei der Transkription der Interviews schnell als problematisch herausstellte. Im Wiener BRG wurde mir schließlich die Schulbibliothek und in der Niederösterreichischen AHS ein Teilungsraum angeboten, in denen ich in weiterer Folge alle weiteren Befragungen durchführte.

⁸⁴ Der Name wird hier wegen der Anonymisierung nicht bekannt gegeben.

5.2 Durchführung der Datenerhebung

Die Datenerhebung selbst lief nach folgendem Muster ab:

- (1) Motivationsfragebogen (geschah meist ohne meine Anwesenheit)
- (2) Auswahl der Testpersonen (nach unten stehenden Kriterien) und Informieren der Lehrkraft
- (3) Physikalischer Fragebogen
- (4) Interview

Pro Unterrichtsstunde konnte ich maximal 3 Schülerinnen und Schüler befragen. Dazu kam ich in der Pause davor in die Klasse und fragte, wer die kommende Stunde die Untersuchung machen möchte. Voraussetzung war die Abgabe des unterschriebenen Einverständniserklärung und ein freiwilliges mitwirken Wollen. Das Einzige worauf ich bei der Auswahl achtete, war die einigermaßen gleiche Anzahl an teilnehmenden Mädchen und Jungen. Hatten sich drei Kinder gemeldet, sammelte ich ihre Motivationsfragebögen ein, wartete auf den Lehrer oder die Lehrerin, informierte sie kurz darüber, welche Kinder die Befragung machen und ging mit ihnen in den jeweiligen Untersuchungsraum. Konnten mir die Kinder den Motivationsfragebogen nicht ausgefüllt wieder geben, musste ich sie auf ein anderes Mal vertrösten.

Nun teilte ich den physikalischen Fragebogen mit den Übungsaufgaben aus. Ich teilte den Kindern nochmal kurz mit, dass sie nicht abschreiben sollen und dass es für mich nicht wichtig sei, dass sie alles richtig haben, sondern viel mehr, dass sie allein und gewissenhaft die Fragen beantworten. Es gab keine zeitliche Beschränkung für das Ausfüllen des Fragebogens. Die Kinder konnten sich jederzeit mit Unklarheiten an mich wenden. Nach Abgabe aller Fragebogen, wurde das erste freiwillige Kind zum Interview gebeten, während, die anderen in die Klasse geschickt wurden. Wer sich freiwillig meldete kam für das Interview als erstes dran, die anderen wurden in der Zwischenzeit wieder in die Klasse geschickt.

Für die Interviews setzten wir uns an einem Tisch zusammen, ich erklärte noch kurz den Ablauf, schaltete das Aufnahmegerät ein und startete das Interview. Zuerst stellte ich einige allgemeine Fragen zum elektrischen Widerstand und zum elektrischen Strom, um ihre Vorkenntnisse zu beleuchten. Danach diente mir der physikalische Fragebogen als Leitfaden. Wir gingen alle Antworten gemeinsam durch, ich fragte nach ihren Begründungen, warum sie so antworteten, wie sie dabei vorgegangen sind und was ihre Gedankengänge dazu waren. Hatten wir alle Fragen durch, gingen wir sie noch einmal von vorne durch und ich gab die richtigen Antworten und erklärte ihnen die richtigen Konzepte und Lösungsstrategien. Im Durchschnitt dauerte ein Interview 15 Minuten. Es gab aber auch welche, die in knapp 8 Minuten fertig waren, aber auch welche die eine ganze Unterrichtsstunde dauerten.

6 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

6.1 Auswertung und Interpretation der physikalischen Fragebögen und der Interviews

6.1.1 Test-Item 1 und 1_u⁸⁵

In Kapitel 4.2.4 wurde das erste Beispiel des physikalischen Fragebogens vorgestellt. Nun möchte ich die Ergebnisse der Datenerhebung präsentieren:

Von den 44 Kindern (24 Buben, 20 Mädchen), die dieses Beispiel am Fragebogen beantworteten, lagen 11 (6 Buben, 5 Mädchen) bei allen drei Teilantworten richtig (Antwort 3 bei Frage 1a, Antwort 3 bei Frage 1b, Antwort 3 bei Frage 1c). Bei den Interviews, von dem nur Daten von 41 Kindern vorliegen (22 Buben, 19 Mädchen), waren es 10 Kinder (je 5 Buben und Mädchen), welche die richtigen Antworten wussten. Von den 13 Kindern (7 Buben, 6 Mädchen), die ihre Ergebnisse des Fragebogens beim Interview revidierten, führte dies nur bei einem Mädchen zum richtigen, während es bei einem Mädchen und einem Buben zum falschen Ergebnis.

Auswertung nach Geschlechtern

Die unten stehende Abbildung 13 zeigt das Antwortschema der Test-Items 1 vom Fragebogen und bei den Interviews nach Geschlechtern. Für die Unterfrage 1a bzw. 1a_u neigen die Kinder dazu, Antwort 2 zu wählen. Dies würde bedeuten, dass die Stromstärke vor dem Widerstand unverändert bleibt. Diese Antwort weist auf das Vorhandensein des Konzeptes des sequentiellen Denkens hin (siehe Kapitel 2.1.2). Für das Item 1b bzw. 1b_u wird am häufigsten Antwort 3 gewählt. Sie besagt, dass die Stromstärke nach dem Widerstand abnimmt. Dies ist die richtige Antwort. Durch deren Auswahl kann jedoch noch nicht davon ausgegangen werden, dass die dahinter verborgenen Abläufe verstanden werden. Erst durch Betrachtung des Items 1c bzw. 1c_u wird klar, ob die Schülerinnen und Schüler wissen, was im Stromkreis vorgeht. 17 bzw. 19 Kinder geben hier an, dass durch die Vergrößerung des Widerstandes die Stromstärke erst nach dem Widerstand geringer wird. Dies spricht eindeutig für das Stromverbrauchskonzept bzw. für das sequentielle Denken (siehe Kapitel 2.1.2).

⁸⁵ Erklärung: Wird einer Item-Bezeichnung ein -_u angehängt handelt sich dabei um das Interviewitem

Signifikante Unterschiede bei den Geschlechtern lassen sich hier keine nachweisen. Am auffälligsten sind die Ergebnisse für die Antworten 1 von Item 1a und 2 von Item 1b. Beide Antworten sind falsch, jedoch werden beide deutlich öfter von den Buben gewählt (siehe Abb. 13).

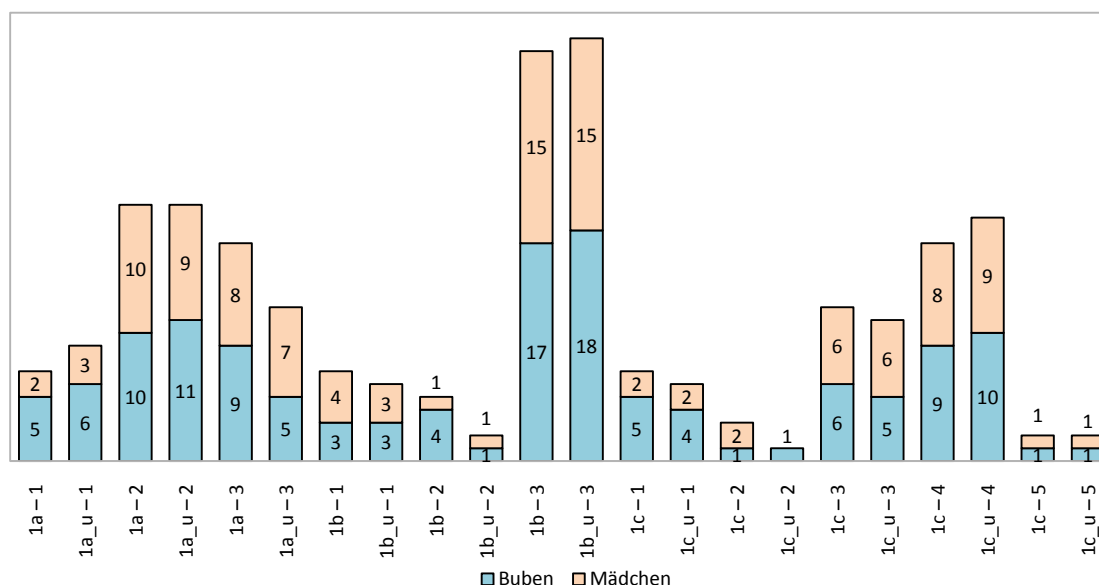


Abb. 13: Antwortschema von Test-Items 1 und 1_u nach Geschlechtern.

Die einzelnen Balken des obenstehenden Diagrammes zeigen, wie oft die einzelne Antworten von Test-Item1 und 1_u (Interview) von Buben und Mädchen gewählt wurden. Auf der Abszisse sind dabei die Antwortmöglichkeiten (z.B. 1a-1 = Antwortmöglichkeit 1 von Item 1a) und auf der Ordinate die Häufigkeit der Antwortmöglichkeiten aufgetragen.

Auswertung nach Klassen

Wertet man die Ergebnisse für das Test-Item 1 in Bezug auf die einzelnen Klassen aus, so ergeben sich deutlichere Unterschiede. Abbildung 14 zeigt den Anteil der richtigen und falschen bzw. fehlenden Antworten aller drei Unterfragen von Beispiel 1, aufgeschlüsselt nach Klassen. Es zeigt sich dabei, dass die 4. Klassen eine um 10 % höhere Erfolgsquote haben als ihre KollegenInnen aus den 7. Klassen. Auch zwischen den einzelnen Klassen einer Schulstufe gibt es erhebliche Unterschiede. Es muss allerdings erwähnt werden, dass die Stichprobengrößen in den Klassen W 4a und W 4b mit 3 bzw. 2 Kindern sehr klein sind, wodurch ein Vergleich mit anderen Klassen meiner Meinung nach nicht sinnvoll ist. Stellt man die 4. Klassen der beiden Schulen gegenüber, so haben bei diesem Test-Item die Kinder des Wiener BRG mit 57 % richtige Antworten eine um 26 % höhere Erfolgsgruppe als die Kinder der Niederösterreichischen AHS.

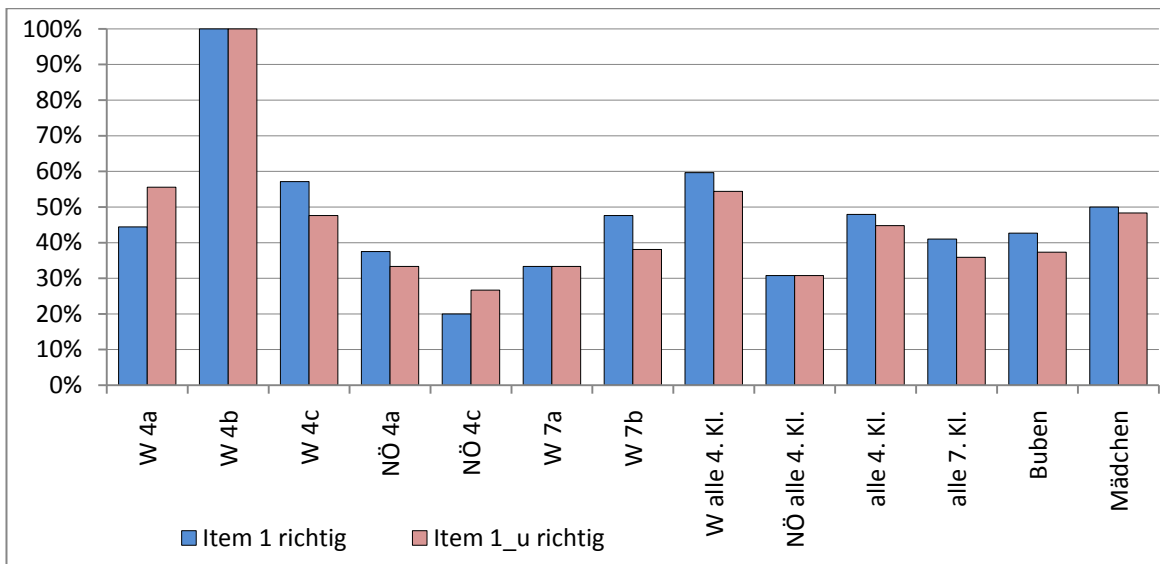


Abb. 14: Erfolgsquoten von Item 1 und 1_u nach Klassen

Obenstehende Abbildung gibt an, welcher Anteil der Testpersonen aus den einzelnen Klassen das Fragebogen-Item 1 und Interview-Item 1_u richtig gelöst haben (siehe Höhe der Balken). Auf der Abszisse sind dabei die Klassen und Geschlechter, auf der Ordinate der Anteil der richtigen Antworten aufgetragen.

Auswertung nach Antwortkombinationen

Mit Hilfe der unten angeführten Kreuztabelle für das Test-Item Nr. 1 lässt sich anschaulich untersuchen, wie oft die unterschiedlichen Antwortmöglichkeiten beim physikalischen Fragebogen gewählt wurden. Insgesamt wurde das Item von 42 Schülerinnen und Schülern vollständig beantwortet, wobei 16 verschiedene Kombinationen der Fragen 1a, 1b und 1c auftraten. Über die Häufigkeit der anderen Antworten ergeben sich nun Rückschlüsse darüber, welche Fehlkonzepte wie oft auftreten. Besonders interessante bzw. häufig vorgekommene Kombinationen werden in *Tabelle 4* fett dargestellt. In *Tabelle 5* werden dann diese Positionen - denen ein Index vorangestellt wurde - näher erklärt.

Tabelle 4: Kreuztabelle zu Test-Item 1

1a			1b		
			1	2	3
1	1c	1	² 2	1	2
		4	0	0	1
		5	0	0	⁵ 1
2	1c	2	1	⁴ 2	0
		4	2	0	³ 12
		5	0	0	1
3	1c	1	1	0	⁶ 2
		3	1	0	¹ 11
		4	0	1	1

Obenstehende Kreuztabelle zeigt wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 1a, 1b und 1c gewählt wurden. Die durch einen Index versehenen Positionen werden in *Tabelle 5* näher erklärt.

Vergleich meiner Ergebnisse mit jenen des AECCP-Tests

Test-Item 1(_u) kam in derselben Form bereits in einer Untersuchung des AECCP vor. Hier eine Gegenüberstellung der Ergebnisse:

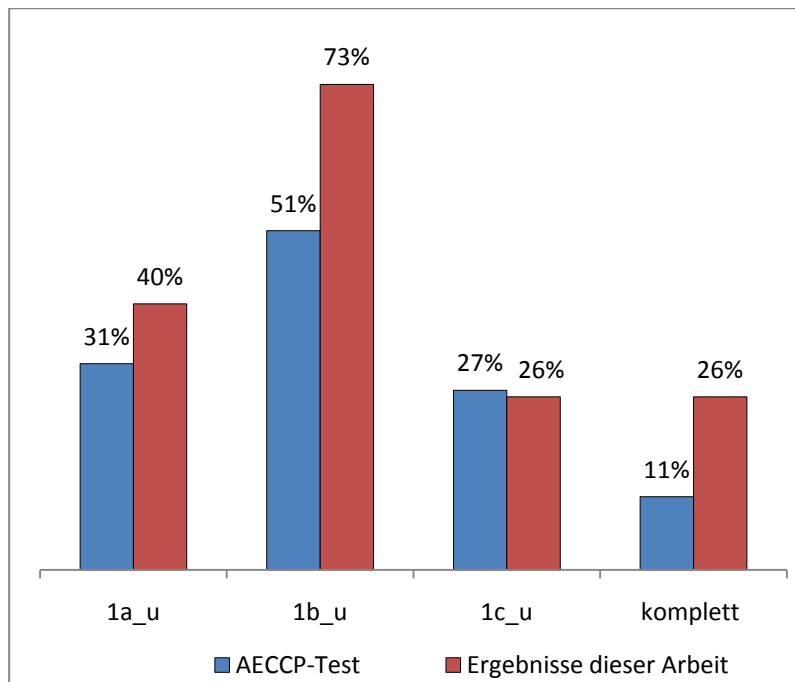


Abb. 15: Vergleich meiner Ergebnisse mit jenen von AECCP-Test

Oben stehende Abbildung zeigt die Ergebnisse (richtige Antworten in %) des AECCP-Tests und meiner Untersuchung zum Test-Item 1. Die Stichprobe des AECCP war mit 422 Testpersonen mehr als 10-mal größer als meine (42 Testpersonen).

Es sind Unterschiede bei den Ergebnissen erkennbar. Besonders interessant ist, dass alle 16 Testpersonen die in 1c die Richtige Begründung für 1a und 1b abgaben, das Beispiel komplett richtig haben. Beim AECCP-Test schaffte dies nicht einmal die Hälfte.

Tabelle 5: Bedeutung ausgewählter Antwortmöglichkeiten bei Item 1

Indizes in Tabelle 4	Antwortkombination	Anzahl der Nennungen	Konzept Bezeichnung	Bedeutung
1	1a3b3c3	11	richtig	Mit der Antwort 3 auf die beiden ersten Teilfragen haben die Kinder richtig erkannt, dass sowohl vor und auch nach dem Widerstand die Stromstärke bei einer Widerstandserhöhung kleiner wird. Die Antwort 3 bei 1c unterstützt dies und liefert das richtige Widerstandskonzept.
2	1a1b1c1	2	inverses Widerstandskonzept	Diese Kombination besagt, dass die Stromstärken vor und nach dem Widerstand zunehmen, wenn der Widerstand erhöht wird. Mit der Begründung durch Antwort 1 bei Frage 1c bestätigt sich die Vorstellung, dass ein größerer Widerstand mehr Strom braucht als ein kleinerer.
3	1a2b3c4	12	sequentielles Denken & Stromverbrauchs- vorstellung	Hier wird davon ausgegangen, dass sich die Stromstärke erst nach dem Widerstand verringert. Davor bleibt sie unverändert. Antwort 4 bei Frage 1c besagt, dass eine Widerstandserhöhung keinen Einfluss auf den Bereich vor den Widerstand hat. Hierbei kann es sich um zwei unterschiedliche Fehlkonzepte handeln. Beim <i>sequentiellem Denken</i> wird der Stromkreis nicht als zusammenhängendes System verstanden und wird dabei in Teilbereiche (hier vor und nach dem Widerstand) unterteilt die sich gegenseitig nicht beeinflussen. Bei der <i>Stromverbrauchsvorstellung</i> wird angenommen, dass der Strom vom Widerstand verbraucht oder in eine andere Energieform umgewandelt wird. Es wird dabei oft der Strom mit Energie gleichgesetzt, die am Widerstand z.B. durch Wärme verloren geht (siehe <i>Transkript 1</i> , unten).
4	1a2b2c2	2	Batterie als konstante Stromquelle	Hier wird behauptet, dass sich die Stromstärken vor und nach dem Widerstand bei einer Erhöhung des Widerstandes konstant verhalten. Die ausgewählte Antwort 2 bei Frage 1c besagt, dass dies so sein müsse da die Batterie nicht ausgetauscht wird und deshalb immer den gleichen Strom liefert. Dieses Fehlkonzept weist die Funktion des Widerstandes als Regelinstrument der Stromstärke von sich ab (siehe <i>Transkript 2</i> , unten).
5	1a1b3c5	2	Staukonzept	Hier wird die Stromstärke vor dem Widerstand größer, danach nimmt sie ab. Dieses Fehlkonzept wurde von mir <i>Staukonzept</i> benannt. Wie sich bei den Interviews heraus stellte, wird dabei angenommen, dass der Widerstand den Strom vor sich staut. Da der Widerstand erhöht wird, werden weniger Elektronen durchgelassen, womit der Strom nach dem Widerstand abnimmt (siehe <i>Transkript 3 & 4</i> , unten).
6	1a3b3c1	2	falsch-positiv	Dieses Fehlkonzept wird <i>falsch-positiv</i> genannt und beinhaltet einen Widerspruch. Obwohl hier beide Stromstärken abnehmen, besagt Antwort 1 bei Frage 1c, dass ein größerer Widerstand mehr Stromstärke braucht.

Obenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die gängigsten Antwortkombinationen (z.B. 1a3b3c3 = Antwort 3 bei Item 1a, Antwort 3 bei Item 1b und Antwort 3 bei Item 3c) die sich bei Test-Item 1 ergaben, zeigt deren Häufigkeit und beschreibt deren Bedeutung.

Die weiteren, nicht näher erklärten Positionen der Kreuztabelle sind ebenfalls mit Widersprüchen behaftet. Diese kommen zu Stande, wenn entweder kein Konzept zu Rate gezogen und geschätzt wird, oder die angewandten Konzepte nicht zu Ende gedacht werden. Von den 42 abgegebenen Antwortkombinationen konnten 31 durch die oben erwähnten Konzepte erklärt werden.

Auszüge aus den Interviews:

Die folgenden Auszüge aus den Interviews dienen der Veranschaulichung der Konzepte und der Offenlegung der Vorstellungen, die beim Lösen der Fragen auftraten.

Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 5.2.3 nachzulesen.

Transkript 1: sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
1	NÖ 4A KARO	sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Was stellst du dir unter einem elektrischen Widerstand vor? - Und wie stellst du dir den elektrischen Strom vor? - Gut dann schauen wir uns mal das erste Beispiel an. Hier hast du gesagt, dass der Strom vor dem Widerstand größer ist als danach. Warum glaubst du ist das so? - Wenn wir vor dem Widerstand mehr Strom als danach haben, dann würde das ja bedeuten, dass mehr Strom in den Widerstand hinein als hinaus fließt. Wo geht denn dann der Strom hin der nicht mehr raus fließt? 	<ul style="list-style-type: none"> - Naja der elektrische Strom fließt ja durch den Querschnitt und wenn der z.B. kleiner ist, dann fließt der Strom nicht so schnell/leicht durch. Das ist quasi wie bei einem Trichter. - Das sind Elektronen die sich bewegen. - Naja, der bleibt im Widerstand. Könnte ja beispielsweise sein, dass der Widerstand ein Energiewandler ist, eine Glühbirne oder so. 	<ul style="list-style-type: none"> - Der elektrische Widerstand dient als Regler für die Stromstärke - richtiges Stromkonzept - Der Widerstand speichert den Strom oder wandelt ihn in eine andere Energieform um (Stromverbrauchsvorstellung). Strom und Energie werden dabei gleichgesetzt. Nach dem Widerstand fließt somit weniger Strom (sequentielles Denken).

Transkript 2: Batterie als konstante Stromquelle, sequentielles Denken

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
2	NÖ 4C URGO	Batterie als konstante Stromquelle, sequentielles Denken
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Was stellst du dir unter einem elektrischen Widerstand vor? - Was ist denn eigentlich der elektrische Strom? - Und wer transportiert die Energie? - Wenn diese Elektronen in den WST fließen, was passiert da mit ihnen? - Werden die Elektronen auch abgegeben? - Kommen wir zum ersten Beispiel. Du hast hier gesagt, dass beide Stromstärken gleich bleiben. Warum denkst du ist das so? - Du hast auch gesagt, dass der Strom gleich bleibt weil die Batterie die gleiche ist wie vorher. Wie hängt das zusammen? 	<ul style="list-style-type: none"> - Irgendwas wo Strom abgenommen wird und in den Verbraucher geleitet wird und der gibt sie dann ab die Energie. - Hm, ja. Das ist Energietransport. - Die Elektronen. - Ja angenommen wir haben eine Glühbirne. Da fließen die Elektronen in den WST rein, dort wird die Energie in Form von Licht abgegeben und dann fließen sie weiter. - Nein die fließen weiter. - Weil keine Elektronen abgegeben werden. - Die Batterie bemerkt ja nicht was nach ihr kommt, deshalb gibt sie immer den gleichen Strom ab. Man sagt ja auch die Batterie liefert Gleichstrom. 	<ul style="list-style-type: none"> - Strom und Energie werden nicht gleich gesetzt. - richtiges Stromkonzept - Der Strom wird nicht verbraucht und die Batterie liefert immer denselben Strom (Batterie als konstante Stromquelle), weil sie nicht bemerkt was nach ihr kommt (sequentielles Denken).

Transkript 3: Staukonzept, Stromverbrauchsvorstellung

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
3	W 7A ALRO	Staukonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Was stellst du dir unter einem elektrischen Widerstand vor? - Und was passiert dann mit dem Strom? - Beim ersten Beispiel hast du geantwortet, dass der Strom vor dem Widerstand größer wird. Warum glaubst du ist das so? - Wie meinst du das? Wie bereitet er sich darauf vor? - Warum wird dann der Strom nach dem Widerstand kleiner? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ja der Strom fließt und auf einmal kommt irgendein Hindernis. - Er wird schwächer. - Weil der Strom vielleicht merkt, dass der Widerstand kommt und er bereitet sich darauf vor. - Naja, er wird halt größer damit er über das Hindernis kommt. - Weil er vom Widerstand geschwächt wird. 	<ul style="list-style-type: none"> - Widerstand wird als Hindernis für den Strom verstanden - Testperson versteht Stromkreis als zusammenhängendes System. - Der Strom wächst vor dem Widerstand um ihn (=Hindernis) zu überwinden (Staukonzept). - Widerstand verbraucht den Strom (Stromverbrauchsvorstellung)

Transkript 4: Staukonzept

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
4	NÖ 4A DOMA	Staukonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt, dass der Strom vor dem Widerstand größer wird und nach ihm kleiner. Warum denkst du ist das so? - Was meinst du mit manche sind erschöpft oder tot? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil einfach nach dem Widerstand manche erschöpft oder tot sind. - Naja, es gibt z.B. schwächere und stärkere Stromteilchen. Die schwächeren Stromteilchen schaffen es halt nicht über den Widerstand drüber zu kommen und sind dann tot. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dem Strom wird eine Kraft zugeschrieben. - Starke Stromteilchen schaffen es über den Widerstand, die schwachen nicht. Sie sterben dann.

6.1.2 Test-Item 2 und 2_u

In Kapitel 4.2.4 wurde das Design dieses Items erklärt.

Antwort Nr. 1 ist die richtige für dieses Test-Item. Die Aufgabe wurde im physikalischen Fragebogen von 44 Kindern beantwortet, beim Interview liegen die Ergebnisse von 41 Kindern vor. Von den 44 Antworten des Fragebogens waren 6 richtig (4 von Buben, 2 von Mädchen). Bei den Interviews konnte die Frage 11-mal gelöst werden (8 Buben, 3 Mädchen). 13 Kinder haben sich beim Interview für eine andere Antwort als beim Fragebogen entschieden, was bei 5 Buben und zwei Mädchen zu den richtigen und bei einem Buben und einem Mädchen zum falschen Ergebnis führte.

Auswertung nach Geschlechtern

Bei der Auswertung des Items Nr.2 fällt auf, dass die Richtige Antwort 1, sowohl beim Fragebogen als auch bei den Interviews, mindestens doppelt so oft von den Buben ausgewählt wurde. Antwort 5 wurde nur von Buben angekreuzt. Mehr als die Hälfte aller Kinder vermutete die falsche Antwort 4 als die richtige. Unten stehende Abbildung 16 zeigt das Antwortschema des Test-Items 2 nach Geschlechtern.

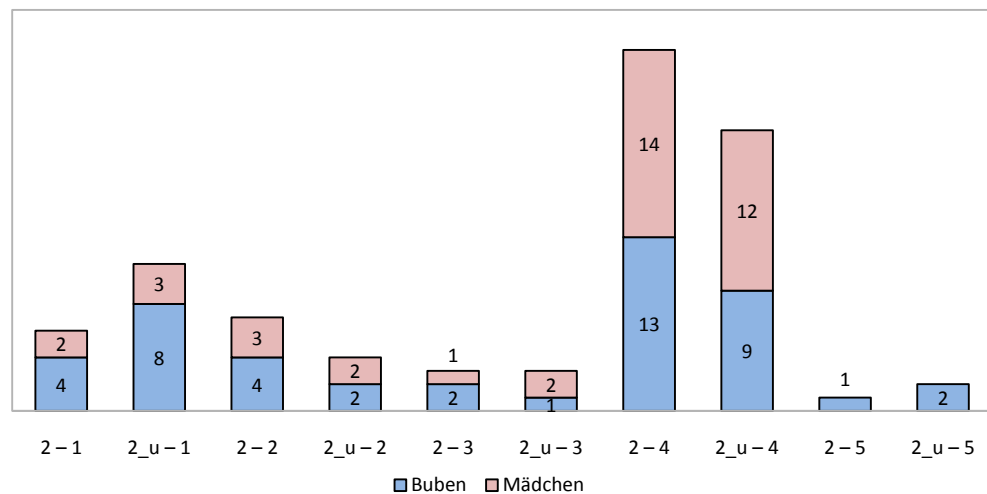


Abb. 16: Antwortschema von Test-Item 2 und 2_u nach Geschlechtern

Aus dem obenstehendes Diagramm lässt sich ablesen, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten bei Test-Item 2 und 2_u (Interview) von Buben und Mädchen gewählt wurden. Auf der Abszisse sind die Antwortmöglichkeiten und auf der Ordinate die Häufigkeiten der Antworten ablesbar.

Auswertung nach Klassen

Der Maximalwert von 50% richtige Antworten bei Item 2 in der W 4b muss wieder mit Vorsicht betrachtet werden, da nur 2 Kinder dieser Klasse befragt wurden. Dies gilt ebenfalls für den Wert der W 4a (3 Kinder). Interessant sind allerdings die Ergebnisse der W 4c. Von den 14 Schülerinnen und Schülern dieser Klasse hat niemand die richtige Antwort angekreuzt, hingegen glaubten 10 von ihnen, dass Antwort 4 richtig ist. Die 7. Klassen schnitten insgesamt um 14% besser ab als die 4. Die 4. Klassen aus der AHS in Niederösterreich hatten mit 15% eine 3-mal höhere Erfolgsquote bei diesem Beispiel als ihre KollegInnen aus der Wiener Schule. Abbildung 17 zeigt die Erfolgsquoten der einzelnen Klassen bei Test-Item 2.

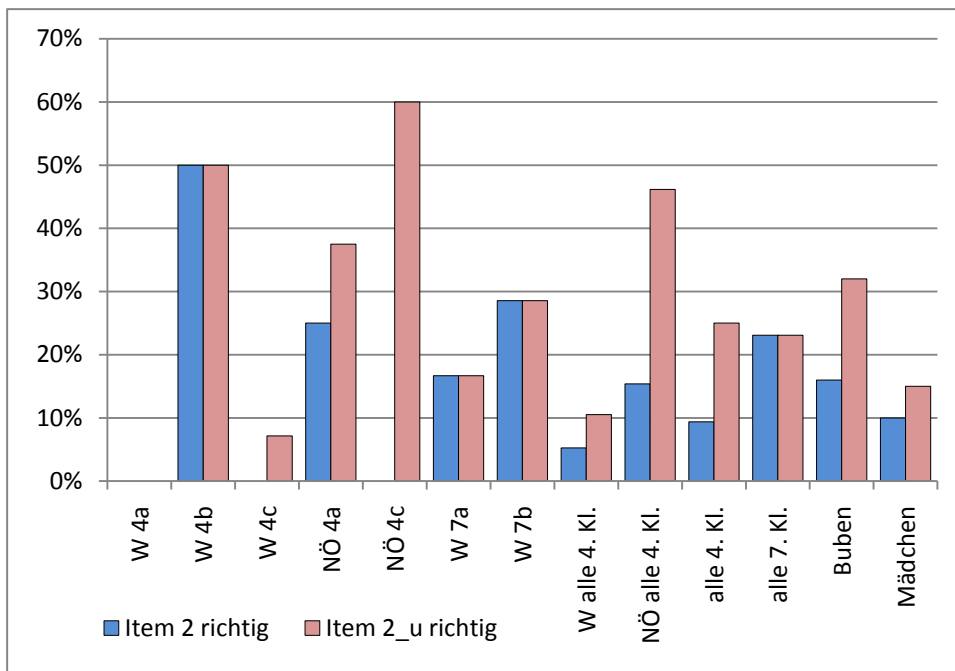


Abb. 17: Erfolgsquoten von Item 2 und 2_u nach Klassen / Geschlecht

Obenstehende Abbildung gibt an, welcher Anteil an Testpersonen von den einzelnen Klassen das Fragebogen-Item 2 und das Interview-Item 2_u richtig gelöst haben (siehe Höhe der Balken). Auf der Abszisse sind dabei die Klassen und Geschlechter, auf der Ordinate der Anteil der richtigen Antworten aufgetragen.

6.1.3 Test-Item 3 und 3_u

Das Design dieses Test-Items ist in Kapitel 4.2.4 beschrieben.

Die richtigen Antworten bei diesem Test-Item lauten: 3a ist eine Serienschaltung (s), 3b und 3c sind Parallelschaltungen (p). Diese Aufgabe bereitete den Kindern, aufgrund der vielen nicht gegebenen Antworten, offensichtlich viele Schwierigkeiten. So wurde beim Fragebogen bei den Teilfragen 3a und 3b jeweils 16 und bei der Teilfrage 3c sogar 21-mal keine Antwort gegeben. Bei den Interviews konnten diese Zahlen auf 8 bei 3a und 3b und 9 bei 3c reduziert werden. Am besten schnitten die Kinder beim zweiten Stromkreis ab. 26 von 28 Antworten wurden bei den Fragebögen richtig abgegeben. Bei den Interviews erkannten 33 von 36 antwortenden Kindern den Schaltkreis 3b als einen Parallelstromkreis. Die anderen zwei Schaltkreise wurden ebenfalls häufiger der richtigen als der falschen Antwort zugeordnet, wobei beim Schaltkreis 3c diese Tendenz nur sehr schwach ist. Dieser stellte offensichtlich die größten Probleme dar.

Auswertung nach Geschlechtern

Die unten angefügte Abbildung 18 gibt einen Überblick darüber, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten von Mädchen und Buben gewählt wurden. Die Unterschiede sind sehr klein und gleichen sich über das Gesamtbeispiel gesehen wieder aus.

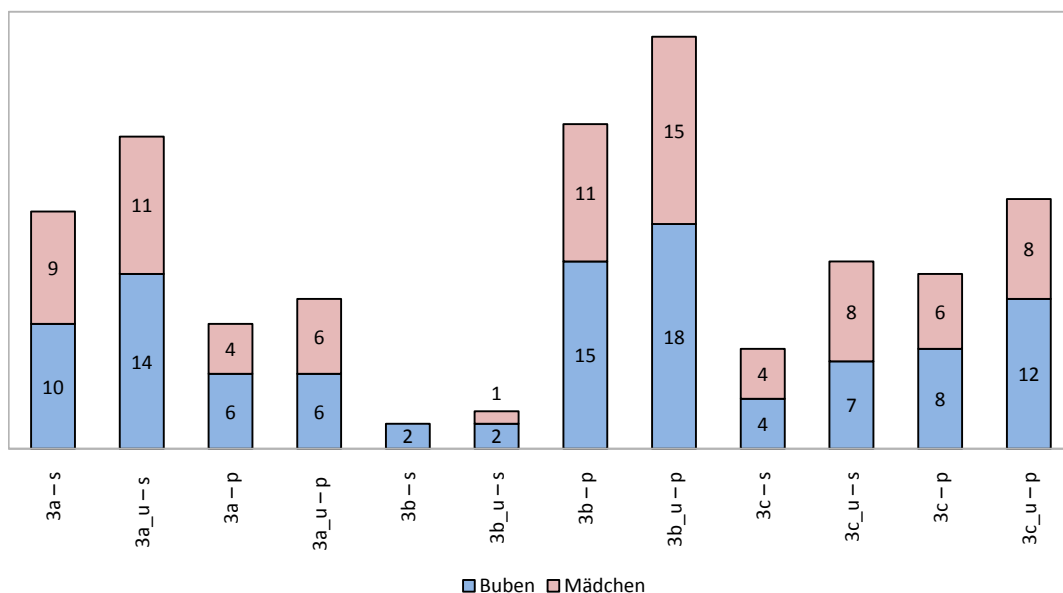


Abb. 18: Antwortschema von Test-Item 3 und 3_u nach Geschlechtern

Aus dem obenstehendes Diagramm lässt sich ablesen, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten bei Test-Item 3 und 3_u (Interview) von Buben und Mädchen gewählt wurden. Die Abkürzungen -s bzw. -p stehen für die Antwortmöglichkeit s = Serienschaltung, p = Parallelschaltung. Auf der Abszisse sind die Antwortmöglichkeiten und auf der Ordinate die Häufigkeiten der Antworten aufgetragen.

Auswertung nach Klassen

Betrachtet man die Erfolgsquoten der einzelnen Klassen (siehe Abb. 19) treten erkennbare Unterschiede auf. Besonders groß sind die Differenzen zwischen den 4. Klassen der beiden Schulen. Hier schneiden die Kinder der AHS aus Niederösterreich bei allen Vergleichen deutlich besser ab. Mit ca. 30% Unterschied bei den Erfolgsquoten bei Item 3b_u, ist der Unterschied am kleinsten, mit ca. 65% Unterschied bei Item 3c ist er am größten. Auch zwischen den 7. Klassen des Wiener BRG gibt es deutlich Ungleichheiten. So schneidet W 7b bei allen Items (bis auf 3c) deutlich besser ab als ihre KollegInnen aus der Parallelklasse. Die Unterschiede zwischen den 4. und 7. Klassen sind im Vergleich zu den anderen bereits erwähnten, mit durchschnittlich 10% Punkten zu Gunsten der 7. Klassen relativ gering. Einzig bei den Items 3b und 3b_u schnitten die 4. Klassen mit ca. 5% besser ab. Die Ergebnisse der W 4a und W 4b sind wegen der kleinen Stichprobe ungeeignet für Interpretationen. Ein stark negatives Ergebnis liefert jedoch die W 4c bei Item 3c. Diese Frage wird von keinem der 14 Kinder richtig beantwortet. Vernachlässigt man die W 4a und die W 4b, lieferte die W 4c dieser Schule die deutlich schlechtesten Ergebnisse.

Bei der unten gezeigten Abbildung 19 lässt sich ablesen, dass die Interviews bei jedem Item gleich gute, oft sogar bessere Ergebnisse erzielen als der Fragebogen.

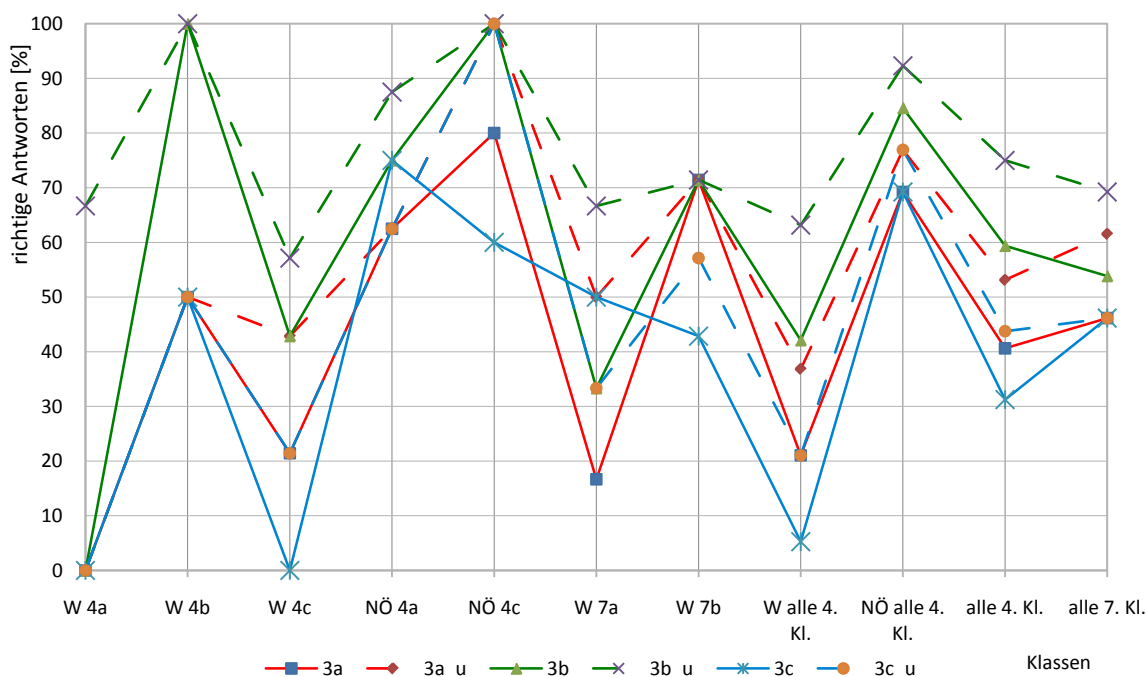


Abb. 19: Erfolgsquoten von Test-Item 3 und 3_u nach Klassen

Oben stehendes Diagramm zeigt die Anteile der richtigen Antworten der einzelnen Klassen von Fragebogen-Item 3 und Interview-Item 3_u. Auf der Abszisse sind die Klassen aufgetragen. Auf der Ordinate ist abzulesen, wie viel Prozent der Testpersonen der jeweiligen Klasse die unterschiedlichen Unterfragen (siehe Legende) richtig beantwortet haben.

6.1.4 Test-Item 4 und 4_u

In Kapitel 4.2.4 wurde das Design dieses Items erklärt. Während im Teil a des Beispiels verlangt wird die Stromrichtungen in den Schaltkreis einzuzichnen, widmet sich Teil b einer ähnlichen Problematik wie der die bereits beim ersten Item auftritt.

Bei der Auswertung von **Teil 4a** wurden die eingezeichneten Stromrichtungen analysiert und entweder als richtig oder als falsch bewertet. Abbildung 20 zeigt, wie oft Aufgabe 4a bzw. 4a_u bei den verschiedenen Schaltkreisen (SK1, SK2 und SK3) richtig gelöst wurde. Knapp die Hälfte aller Kinder konnte die Stromstärken richtig einzeichnen. Dabei schafften es die Kinder entweder gleich bei allen drei Schaltkreisen die Ströme richtig einzuzichnen oder bei keinem.

Beim Test-Item **4b** konnte eine von drei vorgegebenen Antworten ausgewählt werden. Die richtige war jeweils die dritte Möglichkeit (siehe *Abb. 21*, Buben – 3, Mädchen - 3). Abbildung 21 zeigt, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten bei den verschiedenen Schaltkreisen von Buben und Mädchen ausgewählt wurden. Bei keinem der drei Schaltkreise, weder bei den Fragebögen noch bei den Interviews, wurde die richtige Antwort am häufigsten gewählt. Die erste Antwortmöglichkeit, die besagt, dass der Strom vor dem Widerstand größer ist als nach dem Widerstand, wurde mit Ausnahme von Item 4b_SK3, immer häufiger gewählt als die richtige. Dieses Ergebnis deutet auf das *Stromverbrauchskonzept* hin, das bereits bei Item 1 sehr häufig angekreuzt wurde. Bei 4b_SK3 wurde die richtige Antwortmöglichkeit (I_1 und I_2 sind gleich groß) von den Buben häufiger gewählt. Allerdings drehte sich dieser Trend bei den Interviews wieder zu Gunsten der Antwortmöglichkeit 1 um.

Von den 18 Kindern, die sich bei Item 4b bei den Interviews anders als beim Fragebogen entschieden haben, führte diese nur bei einem Buben zum richtigen und bei einem anderen zum falschen Ergebnis.

Auswertung nach Geschlechtern

Die unten angeführten Abbildungen *Abb. 20* und *Abb. 21* zeigen die Ergebnisse von Item 4a und 4a_u bzw. 4b und 4b_u, nach Geschlechtern ausgewertet. Bei Aufgabe 4a und 4a_u lassen sich keine deutlichen Unterschiede in Hinblick auf die Geschlechter ablesen.

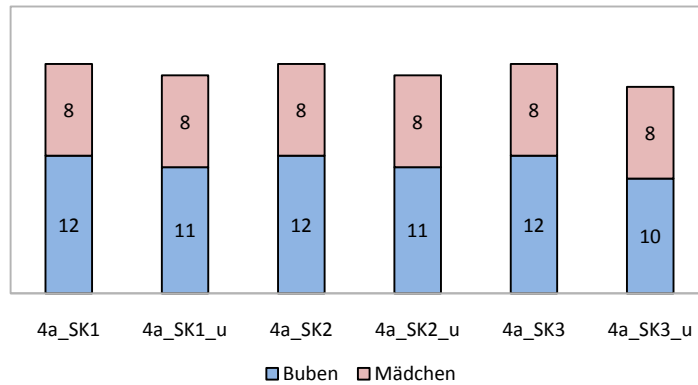


Abb. 20: Anzahl der richtig eingezeichneten Stromstärken in Item 4a und 4a_u nach Geschlechtern

Oben stehendes Diagramm zeigt wie oft die richtigen Antworten bei Fragebogen-Item 4a und beim Interview-Item 4a_u von Buben und Mädchen gegeben wurden. SK1, SK2 und SK3 bezeichnen die drei Schaltkreise in die richtige Stromrichtung eingezeichnet werden sollte. Auf der Abszisse finden sich die einzelnen Items und darüber auf der Ordinate die Anzahl der Testpersonen die diese richtig beantwortet haben. Stichprobenanzahl bei Item 4a = 44 (24 Buben, 20 Mädchen); Stichprobenanzahl bei Item 4a_u = 41 (22 Buben, 19 Mädchen)

Ebenfalls schwierig sind die Ergebnisse von Aufgabe 4b und 4b_u in Bezug auf die Geschlechter zu deuten. Das *Stromverbrauchskonzept*, auf welches die Antwortmöglichkeit 1 verweist, wurde von Buben und Mädchen am häufigsten angekreuzt. Am seltensten wurde Antwortmöglichkeit 2, das auf das *Staukonzept* hinweist, von beiden Geschlechtern gewählt.

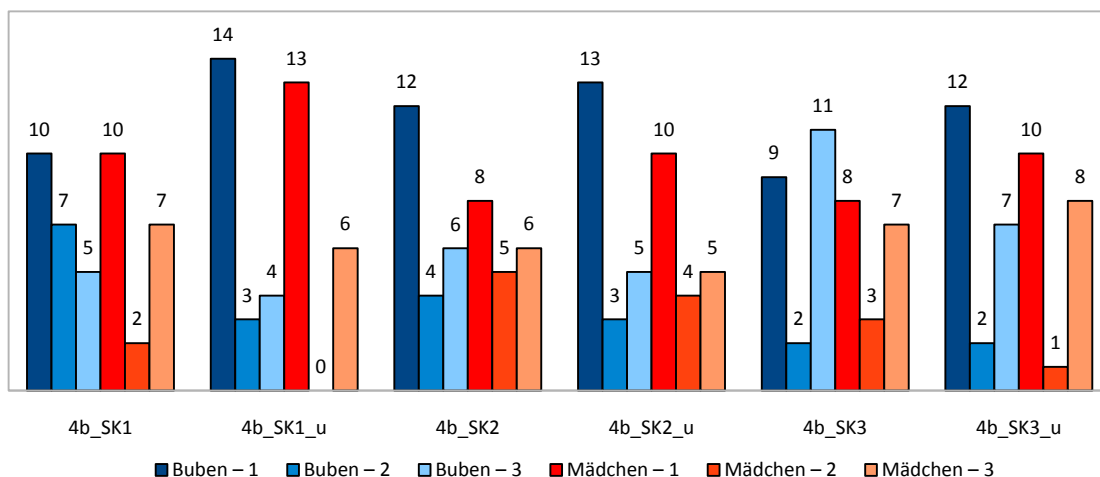


Abb. 21: Antwortschema von Item 4b und 4b_u nach Geschlechtern

Oben stehendes Diagramm zeigt, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten beim Fragebogen-Item 4b und beim Interview-Item 4b_u gewählt wurden. SK1, SK2 und SK3 bezieht sich auf die drei Stromkreise des Beispiels. Die hinter den Geschlechtern in der Legende angefügte Zahl steht für die drei Antwortmöglichkeiten. Auf der Abszisse sind die Unteritems aufgetragen, auf der Ordinate ist die Anzahl der Antwortnennungen ablesbar.

Auswertung nach Klassen

Die unten angeführte Abbildung 22 zeigt, aufgeschlüsselt nach Klassen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Kinder bei Item **4a** und **4a_u** die richtigen Antworten gaben. Die Erfolgsquoten lagen dabei ca. zwischen 30% und 70%. Die 7. Klassen schnitten um knapp 10% Punkte besser ab als die 4. Klassen und die 4. Klassen des Wiener BRG, schnitten im Vergleich zu ihren KollegInnen aus Niederösterreich bei den Fragebögen um 10% schlechter ab, bei den Interviews sogar um ca. 15%. Auch interessant ist, dass die 4. Klassen aus Wien um 10% bessere Ergebnisse bei den Interviews erzielten, während die 4. Klassen aus Niederösterreich bei den Fragebögen um 20 % besser abschnitten.

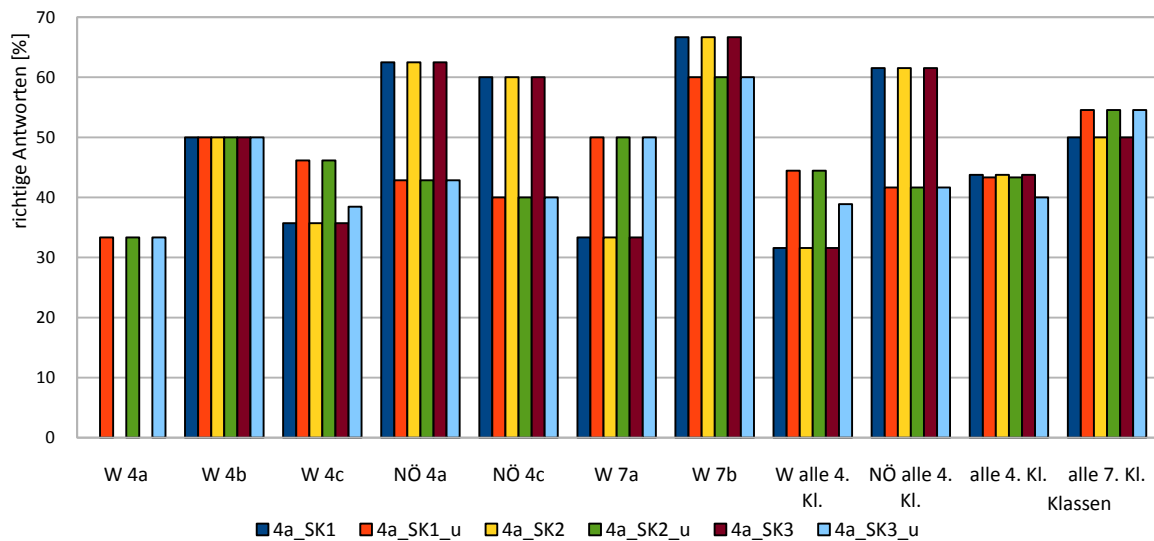


Abb. 22: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 4a und 4a_u

Oben stehendes Diagramm zeigt in Prozentwerten, wie oft die einzelnen Klassen die Unteritems vom Fragebogen-Item 4a und vom Interview-Item 4a_u richtig beantworteten. Auf der Abszisse sind die Klassen aufgetragen, die einzelnen Balken stellen die Unteritems dar und die Höhe der Balken (abzulesen auf der Ordinate) zeigen die Prozentwerte der richtigen Antworten bei diesem Item an.

Die Erfolgsquoten nach Klassen von Aufgabe **4b** und **4b_u** sind in unten stehender Abbildung 23 dargestellt. Die Daten der ersten beiden Klassen sind wie immer, wegen der geringen Stichprobe, ungeeignet für Auswertungen. Während beim Einzeichnen der Stromstärken in die Schaltkreise bei Item 4a und 4a_u die 7. Klassen besser abschnitten, erzielten die 4. Klassen bei Abschnitt b größere Erfolge. Die Ergebnisse der 4. Klassen aus Wien sind bis auf Ausnahme von Schaltkreis 2 zwischen 20% und 30% besser als die der 4. Klassen aus Niederösterreich. Diese Ergebnisse decken sich auch mit jenen von Item 1. Die Möglichkeit des Revidierens der Antworten führte bei Item 4b und 4b_u zu keinen besseren Ergebnissen.

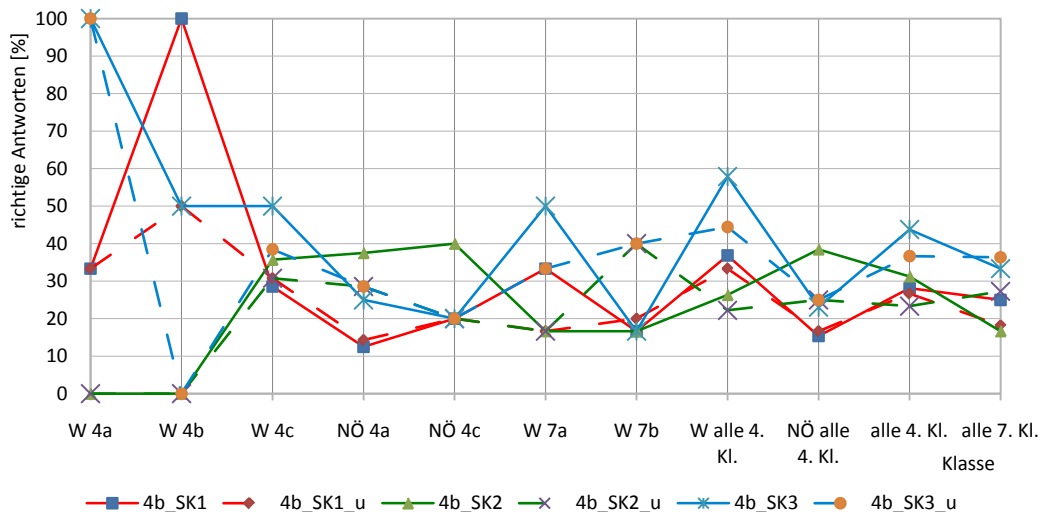


Abb. 23: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 4b und 4b_u

Oben stehendes Diagramm zeigt die Anteile der richtigen Antworten der einzelnen Klassen von Fragebogen-Item 4a und Interview-Item 4b_u. Auf der Abszisse sind die Klassen aufgetragen, darüber auf der Ordinate liest man ab wie viel Prozent der Testpersonen der jeweiligen Klasse die unterschiedlichen Unterfragen (siehe Legende) richtig beantwortet haben.

Auswertung nach Antwortkombinationen

Mit Hilfe der folgenden Kreuztabellen wird ein Überblick über die Häufigkeit der auftretenden Antwortkombinationen, von Test-Item 4b (siehe *Tabelle 6*) und 4b_u (siehe *Tabelle 7*) gegeben. In *Tabelle 8* werden die interessantesten und die am häufigsten genannten Antwortkombinationen erklärt.

Tabelle 6: Kreuztabelle zu Test-Item 4b

4b_SK1			4b_SK2		
			1	2	3
1	4b_SK3	1	¹ 11	0	² 3
		2	1	0	1
		3	1	³ 3	0
2	4b_SK3	1	0	⁴ 2	1
		2	0	⁵ 1	0
		3	⁶ 4	0	1
3	4b_SK3	1	0	1	0
		2	⁷ 2	0	0
		3	1	1	⁸ 7

Oben stehende Kreuztabelle zeigt, wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 4b_SK1, 4b_SK2 und 4b_SK3 gewählt wurden. Die durch einen Index markierten Positionen werden in *Tabelle 8* näher erklärt.

Tabelle 7: Kreuztabelle zu Test-Item 4b_u

4b_SK1_u			4b_SK2_u		
			1	2	3
1	4b_SK3_u	1	¹ 19	0	² 2
		2	0	0	1
		3	1	³ 4	0
2	4b_SK3_u	2	0	⁵ 1	0
		3	⁶ 2	0	0
		3	0	1	0
3	4b_SK3_u	2	⁷ 1	0	0
		3	0	1	⁸ 7

Oben stehende Kreuztabelle zeigt, wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 4b_SK1_u, 4b_SK2_u und 4b_SK3_u gewählt wurden. Die durch einen Index markierten Positionen werden in *Tabelle 8* näher erklärt.

Tabelle 8: Erklärung der Antwortkombinationen von Test-Item 4b und 4b_u

Indizes in Tab. 6/7	Antwortkombination	Anzahl der Nennungen		Konzept Bezeichnung	Bedeutung
		4b	4b_u		
1	4b(_u)_11.21.31	11	19	sequentielles Denken & Stromverbrauchs- vorstellung	Die weitaus größte Gruppe der Kinder gibt bei allen drei Stromkreisen die Antwort, dass die Stromstärke vor dem Widerstand größer ist als nach ihm. Diese Antwortkombination weist zum einen darauf hin, dass alle drei Stromkreise als gleichwertig erkannt werden und zum anderen, gehen diese Kinder davon aus, dass der Widerstand die Stromstärke verbraucht.
2	4b(_u)_11.23.31	3	2	sequentielles Denken & Stromverbrauchs- vorstellung & Weg des geringsten Widerstandes	Bei dieser Antwortkombination ist beim ersten und dritten Stromkreis die Stromstärke vor dem Widerstand größer als danach (siehe Index 1, oben). Beim zweiten Stromkreis sind beide Ströme gleich groß. Bei den Interviews stellte sich heraus, dass diese Kinder glaubten, dass über den zweiten (größeren) Widerstand gar kein Strom fließt, da dieser immer den Weg des geringsten Widerstandes wählt. Dadurch ist der Strom vor und nach dem größeren Widerstand gleich Null und somit sind sie gleich groß (siehe dazu <i>Transkript 5</i> , unten).
3	4b(_u)_11.22.33	3	4	geraten	Hier stellte sich heraus, dass die Kinder die diese Antwortkombination gewählt haben einfach nur geraten haben. Durch das Ankreuzen von drei unterschiedlichen Antworten, glaubten sie ihre Chance, auf zumindest eine richtige Antwort, erhöhen zu können.
4	4b(_u)_12.22.31	2	0	Frage falsch verstanden Ströme in verschiedenen Maschen gedacht	Diese Antwortkombination wurde nur bei den Fragebögen gegeben. In beiden Fällen wurde dabei die Frage falsch verstanden. Die Kinder dachten, dass I_1 über den ersten und I_2 über den zweiten Widerstand läuft. Da der erste Widerstand kleiner ist, wurde I_1 als größer angenommen. Beim dritten Stromkreis werden die Ströme anderen Bereichen zugesprochen (vor und nach den Widerständen). Hier werden wieder die Konzepte wie bei Index 1 angewandt.
5	4b(_u)_12.22.32	1	1	Widerstand mit Batterie verwechselt & Stromverbrauchs- vorstellung	Da hier bei allen drei Schaltkreisen angegeben wurde, dass die Stromstärke nach dem Widerstand größer ist als davor, würde man zunächst auf das inverse Widerstandskonzept schließen. Beim Interview stellte sich jedoch heraus, dass der Schüler die Batterie mit dem Widerstand verwechselt hat. Daher werden vor und nach der Batterie die Stromstärken gemessen. Von dieser Perspektive nimmt der Schüler an, dass nach der Batterie mehr Strom fließt als vor ihr, da dieser von den Widerständen verbraucht wird.
6	4b(_u)_12.21.33	4	2	geraten	siehe Index 3
7	4b(_u)_13.21.32	2	1	geraten	siehe Index 3
8	4b(_u)_13.23.33	7	7	richtig	-

Obenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die gängigsten Antwortkombinationen, (z.B. 4b(_u)_11.21.31 = Bei Item 4b_SK1 Antwort 1, bei Item 4b_SK2 Antwort 1 und bei Item 4b_SK3 Antwort 1; (_u) bezeichnet das Interview-Item.) die sich bei Fragebogen-Item 4b und bei Interview-Item 4b_u ergaben, zeigt deren Häufigkeit und beschreibt deren Bedeutung.

Auszüge aus den Interviews:

Der folgende Interviewauszug dient der Veranschaulichung der Konzepte und der Offenlegung der Vorstellungen, die beim Lösen der Fragen auftraten.

Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 5.2.3 nachzulesen.

Transkript 5: sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung, Weg des geringsten Widerstandes

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
5	W /B SIWA	sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung Weg des geringsten Widerstandes
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
- Du hast bei allen drei Schaltkreisen angegeben, dass der Strom nach dem Widerstand kleiner ist als davor. Warum glaubst du ist das so?	- Ja das stimmt so. Wobei bei Schaltkreis 2 würde sich nichts ändern, weil der gesamte Strom über den kleineren Widerstand laufen würde. Das würde bedeuten, dass I_1 und I_2 gleich groß sind.	- Strom läuft über den kleineren Widerstand (Weg des geringsten Widerstandes)
- Und wie würde es dann beim dritten Stromkreis ausschauen?	- Da ist die Stromstärke nach dem Widerstand wieder kleiner.	- (sequentielles Denken und Stromverbrauchsvorstellung)

6.1.5 Test-Item 5 und 5_u

In Kapitel 4.2.4 wurde das Design des Items bereits näher beschrieben.

Diese Aufgabe ist meiner Meinung nach die schwierigste, da dabei unterschiedlichste Konzepte angewandt werden müssen. Es stellte sich jedoch bei der Auswertung heraus, dass die Kinder mit diesem Beispiel weniger Schwierigkeiten hatten, als mit Item 2 oder 4. So fielen bei allen drei Teilfragen die meisten Antworten auf die richtige Möglichkeit. Von den 44 Kindern, die den Fragebogen und den 41, die die Interviews durchführten, wussten jeweils 13 (je 7 Mädchen und 6 Buben) alle drei richtigen Antworten. 17 Kinder (9 Buben und 8 Mädchen) revidierten ihre Antworten beim Interview, was dazu führte, dass 3 Kinder (2 Buben und ein Mädchen) alle Antworten richtig hatten und 3 (2 Buben und ein Mädchen), deren Antworten beim Fragebogen richtig waren, nach dem Interview falsche Ergebnisse auswählten.

Auswertung nach Geschlechtern

Abbildung 23 gibt einen Überblick darüber, wie oft sich Buben und Mädchen bei Item 5 und 5_u für die jeweiligen Antworten entschieden haben. Deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern lassen sich jedoch keine ableiten.

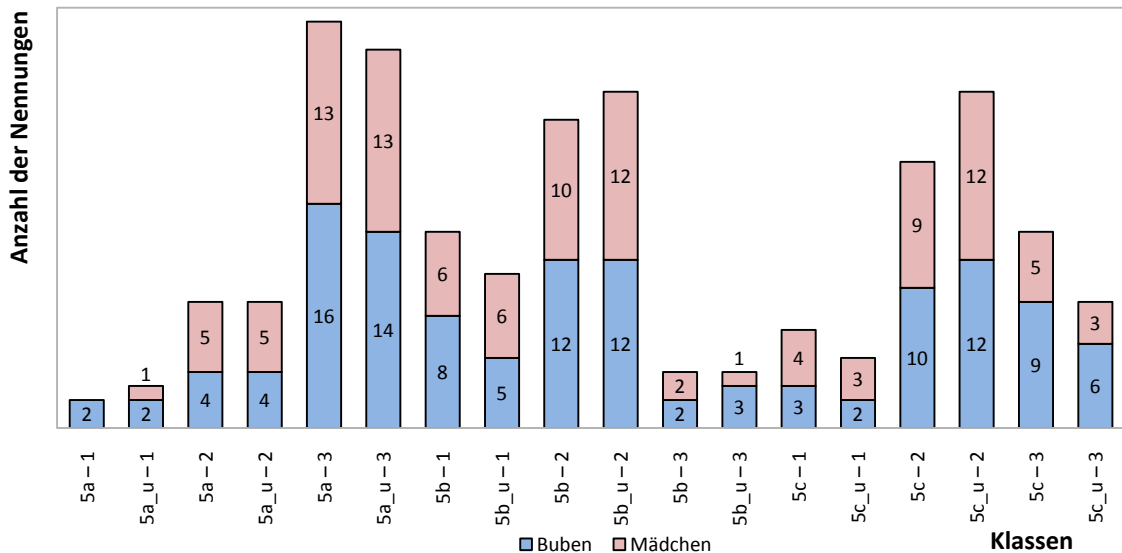


Abb. 24: Antwortschema nach Geschlechtern von Item 5 und 5_u

Aus dem oben stehenden Diagramm lässt sich ablesen, wie oft die einzelnen Antwortmöglichkeiten bei Test-Item 5 und 5_u (Interview) von Buben und Mädchen gewählt wurden. Die x-Achsenbezeichnungen 5a, 5b und 5c geben die Unter-Items wieder und die dahinterstehenden Zahlen die Antwortmöglichkeiten. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Testpersonen aufgetragen, die sich für die jeweilige Antwort entschieden.

Auswertung nach Klassen

Abbildung 25 zeigt die Erfolgsquoten der einzelnen Klassen für die Items 5 und 5_u. Die 7. und 4. Klassen weisen hierbei keine großen Unterschiede auf, bis auf Teilfrage a, bei der die 7. Klassen um 20% bei den Fragebögen und nur noch um 10% bei den Interviews, besser lagen. Die 4. Klassen der beiden Schulen haben ebenfalls ähnliche Erfolge bei diesen Items erzielt. Abermals stellt Teilfrage a, die für die 4. Klassen aus Niederösterreich um 50% besser bewertet werden konnte, eine Ausnahme dar. Die einzelnen Erfolgsquoten variieren bei den unterschiedlichen Klassen teilweise sehr stark und teilweise nur schwach, was ein Indiz dafür sein könnte, dass manche Teilfragen als weniger schwer als andere empfunden wurden. So schwanken die Erfolgsquoten der NÖ 4c von 20% bis 100%, von der W 4c von 35% bis 75%.

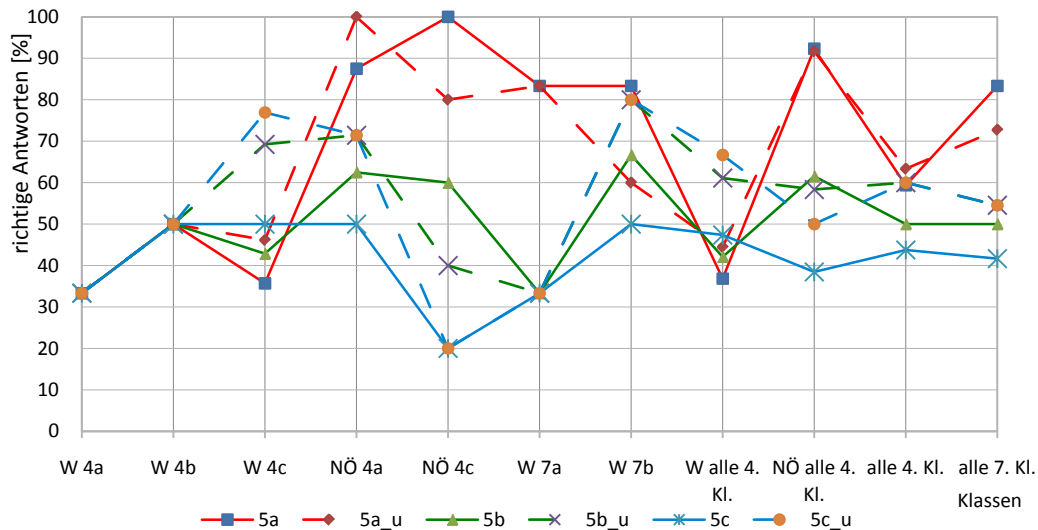


Abb. 25: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 5 und 5_u

Oben stehendes Diagramm zeigt die Anteile der richtigen Antworten der einzelnen Klassen von Fragebogen-Item 5a und Interview-Item 5b_u. Auf der Abszisse sind die Klassen aufgetragen, darüber auf der Ordinate liest man ab wie viel Prozent der Testpersonen der jeweiligen Klasse die unterschiedlichen Unterfragen (siehe Legende) richtig beantwortet haben.

Auswertung nach Antwortkombinationen

Die unten stehenden Kreuztabellen geben einen Überblick wie oft bei Test-Item 5 und 5_u einzelne Antwortkombinationen gewählt wurden. In beiden Tabellen sind einige Positionen fett gedruckt und mit davor gestellten Indizes versehen. Diese Positionen sind in *Tabelle 11* genauer erläutert.

Tabelle 9: Kreuztabelle zu Test-Item 5

5a			5b		
			1	2	3
1	5c	3	1	² 1	0
2	5c	2	1	³ 2	1
		3	⁴ 2	2	1
3	5c	1	⁵ 6	1	0
		2	2	⁶ 13	0
		3	2	⁷ 3	⁸ 2

Oben stehende Kreuztabelle zeigt, wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 5a, 5b und 5c gewählt wurden. Die Positionen, die mit einem Index versehen sind, werden in *Tabelle 11* näher erklärt.

Tabelle 10: Kreuztabelle zu Test-Item 5_u

5a_u			5b_u		
			1	2	3
1	5c_u	2	¹ 1	0	0
2	5c_u	3	0	² 2	0
		2	1	³ 7	0
3	5c_u	3	⁴ 1	0	0
		1	⁵ 5	0	0
		2	2	⁶ 13	0
		3	1	⁷ 1	⁸ 4

Oben stehende Kreuztabelle zeigt, wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 5a_u, 5b_u und 5c_u gewählt wurden. Die Positionen, die mit einem Index versehen sind, werden in *Tabelle 11* näher erklärt.

Die Kinder, die bestimmte Antwortkombinationen wählten, folgen in der Regel einer darauf basierenden Lösungsstrategie. Dabei wenden sie unterschiedliche Konzepte an, die richtig oder falsch sind und einzeln oder miteinander vermischt werden können. Wieder andere Kinder nehmen von diesen Konzepten Abstand und lösen die Aufgaben rein mit Hilfe ihres Bauchgefühls. Ebenso wird natürlich geraten, wobei diese Gruppe am wenigsten nach Begründungen für ihre Antworten sucht. In der unten angeführten *Tabelle 11* sind die interessantesten und die am häufigsten genannten Positionen erklärt. Die Positionen bei denen die Kinder keine Begründung für ihre Auswahl nennen konnten oder zugaben geraten zu haben, werden nicht genauer behandelt.

Tabelle 11: Erklärung der Antwortkombinationen von Test-Item 5 und 5_u

Indizes in Tab. 9/10	Antwortkombination	Anzahl der Nennungen		Konzept Bezeichnung	Bedeutung
		5	5_u		
1	5(_u)a1b1c2	0	1	-	Bei dieser Antwortmöglichkeit wird deutlich, dass selbst offensichtliche Widersprüche kein Grund für das Überdenken der Antwort ist. Hier wird I_{ges} wegen des vergrößerten Widerstandes kleiner und im Gegenzug dazu werden I_1 und I_2 größer. Dies müsse geschehen (siehe <i>Transkript 6</i>) weil immer was größer werden muss, wenn was anderes kleiner wird.
2	5(_u)a1b2c3	1	2	Staukonzept & Weg des geringsten Widerstandes & Batterie als konstante Stromquelle	Diese Antwortkombination zeigt, dass hier der Stromkreis als zusammenhängendes System verstanden wird (wenn auch nicht korrekt). Durch die Erhöhung des Widerstandes R_2 wird I_2 geringer. Der Strom, der nun aus dieser Schleife quasi verdrängt wird fließt in der Folge über die andere Schleife (über R_1) zurück zur Batterie. Dadurch wird I_1 erhöht. Die Verringerung von I_2 und der Anstieg von I_1 heben sich gegenseitig auf wodurch die Gesamtstromstärke (I_{ges}) konstant bleibt (siehe dazu <i>Transkript 7</i> unten).
3	5(_u)a2b2c2	2	7	Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme	Hier wird wieder der Stromkreis als zusammenhängendes System verstanden. Leider wieder nicht richtig. Die Kinder, die diese Kombination wählten, gingen davon aus, dass durch die Erhöhung eines Widerstandes, zum einen der Teilstrom, der durch diesen Widerstand fließt, kleiner wird, zum anderen auch alle anderen Teilströme und somit der Gesamtstrom von dieser Verringerung betroffen ist (siehe <i>Transkript 8 & 9</i>).
4	5(_u)a2b1c3	2	1	inverses Widerstands-konzept & Staukonzept & Batterie als konstante Stromquelle	Bei dieser Antwortkombination kommen gleich drei verschiedene Fehlvorstellungen zur Anwendung. Erstens wird I_2 größer weil R_2 größer wird (inverses Widerstandskonzept). Dadurch wird I_1 kleiner. Diese Antwort ist auf das Staukonzept zurückzuführen, das in diesem Fall wie das Widerstandskonzept in ihrer inversen Form zur Anwendung kommt. Zu guter Letzt bleibt I_{ges} konstant, weil sich die beiden Änderungen der Ströme ausgleichen (Batterie als konstante Stromquelle).

5	5(_u)a3b1c1	6	5	inverses Widerstandskonzept	Durch die Erhöhung von R_2 wird I_2 auch größer (inverses Widerstandskonzept). I_1 bleibt gleich, weil R_1 unverändert bleibt. In weiterer Folge wird auch I_{ges} größer (siehe <i>Transkript 10</i>).
6	5(_u)a3b2c2	13	13	richtig	-
7	5(_u)a3b2c3	3	1	Weg des geringsten Widerstandes & Batterie als konstante Stromquelle	Wurde mit dieser Kombination geantwortet gilt die Vermutung, dass von Anfang an der gesamte Strom nur über den kleineren R_1 floss (Weg des geringsten Widerstandes). Eine Erhöhung von R_2 hat keine Auswirkungen auf I_{ges} (Batterie als konstante Stromquelle) und da ohnehin immer der gesamte Strom über R_1 floss, blieb auch dieser konstant (siehe <i>Transkript 11</i>).
8	5(_u)a3b3c3	2	4	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken	Hier gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten. Drei der vier Kinder, die diese Antwortkombination auswählten, glaubten alle Teilströme bleiben gleich, weil sich der Punkt der Strommessung vor den Widerständen befindet (siehe <i>Transkript 12</i>). Nur ein Kind meinte, dass aufgrund der unveränderten Batterie sich nichts an den Teilströmen ändern kann (siehe <i>Transkript 13</i>).

Oben stehende Tabelle gibt einen Überblick über die gängigsten Antwortkombinationen, (z.B. 5(_u)a1b1c2= Bei Item 5a Antwort 1, bei Item 5b Antwort 1 und bei Item 5c Antwort 2; (_u) bezeichnet das Interview-Item.) die sich bei Fragebogen-Item 5 und bei Interview-Item 5_u ergaben, zeigt deren Häufigkeit und beschreibt deren Bedeutung.

Auszüge aus den Interviews:

Die folgenden Auszüge aus den Interviews dienen der Veranschaulichung der Konzepte und der Offenlegung der Vorstellungen, die beim Lösen der Fragen auftraten.

Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 5.2.3 nachzulesen.

Transkript 6: Widersprüchliches Konzept

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
6	W /B MAGE	Widersprüchliches Konzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Was passiert hier mit I_{ges}? - Und warum? - OK. Und was denkst du wird mit I_1 passieren? - Hast du eine Idee weshalb das so sein könnte? 	<ul style="list-style-type: none"> - Wird kleiner. - Ist halt so. Hm. Naja ein Widerstand größer wird. - Da bin ich mir nicht ganz sicher. Aber vom Gefühl her würde ich sagen, dass I_1 und I_2 größer werden. - Naja nicht wirklich. Ich glaub halt immer, dass das Eine größer werden muss wenn das Andere kleiner wird. 	<ul style="list-style-type: none"> - richtiges Konzept - Testperson glaubt, dass es in einem Stromkreis nur eine Stromstärke geben kann. Widerspruch da I_{ges} kleiner wird und alle Teilströme größer

Transkript 7: Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
7	NÖ 4C ERCH	Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
- Du hast bei diesem Beispiel angegeben, dass I_1 gleich bleibt, I_2 kleiner wird und I_{ges} auch gleich bleibt. Wie bist du da vorgegangen?	- Ahm. Vorher hatte ich hier 40 Ohm und nach dem ich hier 50 Ohm eingesetzt habe, habe ich gedacht, dass dann etwas mehr Strom über den 10 Ohm Widerstand fließen könnte. Also müsste meiner Meinung nach über den 10 Ohm etwas mehr drüber fließen und weil hier (über R_2) dann weniger fließt bleibt das dann gleich insgesamt.	- Der Strom staut sich vor dem erhöhten Widerstand und nimmt deshalb den Weg des geringeren Widerstandes (Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes). - Teilströme gleichen sich aus -> Gesamtstrom bleibt gleich (Batterie als konstante Stromquelle)

Transkript 8: Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
8	W 4C MRDB	Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
- Was passiert hier mit I_{ges} ? - Warum? - OK. Was denkst du passiert mit I_2 ? - Warum? - Und was passiert mit I_1 ? - Aber R_1 bleibt gleich.	- Der wird kleiner. - Naja, weil ein Widerstand vergrößert wird. - Ich glaube der Strom wird geringer. - Ich stell mir vor der WST bekämpft irgendwas und wenn der Strom kommt dann wird er kleiner irgendwie. - Der wird auch kleiner. - Der wird trotzdem kleiner weil da ja schon ein Widerstand ist. Überall wo ein Widerstand ist wird die Stromstärke kleiner.	- richtiges Konzept - richtiges Konzept - Obwohl der Widerstand gleich bleibt wird die Stromstärke wegen seiner bloßen Anwesenheit kleiner

Transkript 9: Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
9	W 7B JEIV	Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier gemeint der I_1 bleibt gleich. Weshalb? - Du sagst der I_2 wird kleiner. Warum? - Und I_{ges} wird kleiner sagst du. Warum? 	<ul style="list-style-type: none"> - Das ist falsch weil ich denke dass in einem geschlossenen Stromkreis nicht unterschiedliche Ströme sein können. - Weil durch den größeren Widerstand die Stromstärke kleiner wird. - Weil durch den Widerstand die Stromstärke kleiner wird und dadurch auch die gesamte Stromstärke kleiner wird. 	<ul style="list-style-type: none"> - Testperson glaubt, dass es in einem Stromkreis nur eine Stromstärke geben kann. - richtiges Konzept - richtiges Konzept

Transkript 10: inverses Widerstandskonzept

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
10	W 4C HEMA	inverses Widerstandskonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du behauptest hier, dass I_1 gleich bleibt. Weshalb denkst du ist das so? - Und warum wird der I_{ges} auch größer? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil sich ja nur R_2 verändert und nicht R_1. - I_2 wird größer weil R_2 auch größer wird. - Weil I_2 größer wird. 	<ul style="list-style-type: none"> - richtiges Konzept - inverses Widerstandskonzept - richtiges Konzept

Transkript 11: Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
11	W 7B SIWA	Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Warum denkst du bleibt I_1 gleich? - Und warum denkst du wird I_2 kleiner? - Und was passiert mit I_{ges}? 	<ul style="list-style-type: none"> - Es läuft sowieso alles über den kleineren Widerstand R_1. Wenn R_2 geändert wird ändert das an I_1 nichts. - Weil R_2 größer wird. Eigentlich bleibt I_2 auch gleich weil er ja vorher auch schon Null war. Der gesamte Strom lief ja vorher auch schon über R_1. - Der bleibt gleich weil sich ja nichts an der Batterie geändert hat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Testperson glaubt, dass der Strom nur über den kleineren Widerstand fließt (Weg des geringsten Widerstandes). - richtiges Konzept - Batterie als konstante Stromquelle

Transkript 12: Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
12	W 7A GAGE	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst hier, dass alle drei Ströme gleich bleiben. Warum? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil der Strom hier immer vor dem Widerstand gemessen wird und nicht danach. Also würd es sowieso gleich bleiben. - Der Strom ändert sich erst nach dem Widerstand da wird er aber nicht gemessen. 	<ul style="list-style-type: none"> - sequentielle Vorstellung

Transkript 13: Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken

Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
13	NÖ 4C URGO	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt, dass I_{ges} gleich bleibt. Warum? - Kannst du mir das genauer erklären? - Und was passiert dann mit den anderen Stromstärken. - Und warum denkst du ist das so. 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil die Elektronenzahl gleich bleibt bleiben alle drei SST gleich groß. - Naja die Elektronenzahl ist ja die Stromstärke. Die Batterie is ja noch die gleiche, deshalb muss die Stromstärke auch gleich bleiben. - Die bleiben dann auch gleich. - Naja weil halt aus der Batterie immer noch gleich viel Elektronen kommen. 	<ul style="list-style-type: none"> - (Batterie als konstante Stromstärke) - richtiges Stromkonzept - (Batterie als konstante Stromstärke)

Betrachtung der Antwort-Revisionen

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Revisionen der Antworten die bei Test-Item 5 auftraten. Oft kam es vor, dass die Kinder ihre, beim Fragebogen gegebenen Antworten beim Interview änderten. In den meisten Fällen war dies durch einen Konzeptwechsel zu erklären. Bei Anderen stellte sich heraus, dass sie beim Fragebogen auf gut Glück geantwortet haben und sie erst durch das Interview aufgefordert wurden, ihre (oft verborgenen) Konzepte anzuwenden.

Die verschiedenen Konzepte wurden bereits in *Tabelle 11* genauer erklärt. *Tabelle 12* zeigt, die verschiedenen Antwortkombinationen von Item 5 und 5_u und setzt sie so miteinander in Verbindung, dass man daraus ablesen kann, in welcher Weise sich die verschiedenen Antworttypen beim Interview anders entschieden. Die Positionen der Personen die ihre Antworten nicht änderten sind in der Tabelle gelb hinterlegt. Von den 36 Personen die den Fragebogen und das Interview für diese Aufgabe vollständig beantworteten, haben 23 ihre Antworten nicht geändert. Die interessantesten (siehe fett gedruckte Positionen mit Index in *Tabelle 12*) der 13 verbliebenen Antwortänderungen werden mittels Transkription der Interviews näher erklärt.

Tabelle 12: Revision der Ergebnisse von Test-Item 5

5c	5b	5a	5a_u	5c_u	5b_u			
					1	2	3	
1	1	3	2	2	0	1	0	
			3	1	4	0	0	
				2	2	0	¹ 1	0
	2	3	3	1	1	0	0	
2	1	2	2	2	1	0	0	
		3	3	2	2	0	0	
	2	2	2	2	0	2	0	
		3	2	2	0	² 1	0	
				3	2	0	10	0
		3	2	2	2	0	³ 1	0
3	1	1	3	2	0	0	0	
		2	2	3	1	0	0	
		3	3	3	1	0	0	
	2	1	1	3	0	1	0	
		2	2	2	0	⁴ 1	0	
		3	3	3	0	0	⁵ 1	
		3	1	3	0	⁶ 1	0	
				3	3	0	1	⁷ 1
	3	2	3	2	0	⁸ 1	0	
		3	3	3	0	0	2	

Oben stehende Tabelle zeigt, die Antwortkombinationen von Test-Item 5 und wie sie sich beim Interview veränderten. Die gelb unterlegten Positionen zeigen jene Personen, bei denen es zu keiner Revidierung der Fragebogen Antwort kam. Die mit einem Index versehenen Positionen sind durch einen transkribierten Auszug unten näher erklärt.

Auszüge aus den Interviews:

Die folgenden Auszüge aus den Interviews dienen der Veranschaulichung der Konzepte und der Offenlegung der Vorstellungen, die beim Lösen der Fragen auftraten.

Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 5.2.3 nachzulesen.

Transkript 14: Inverses Widerstandskonzept → Richtiges Widerstandskonzept

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
1 / 14	NÖ 4A IRHU	Inverses Widerstandskonzept → Richtiges Widerstandskonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier geantwortet, dass I_1 gleich bleibt. Warum ist das so? - OK. Der zweite wird größer, sagst du. Warum? - Warum glaubst du jetzt, dass der Strom kleiner wird? - Und wie schaut es zu guter Letzt mit dem Gesamtstrom aus? Vorher sagtest du der wird größer. Bleibst du dabei? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil sich nur der andere Widerstand verändert, nicht der erste. - Weil da der Widerstand erhöht wird. Nein da wird er kleiner eigentlich. Nach meiner Logik. - Ich hab da vorher falsch gedacht. Ich hab da, glaube ich, angenommen, dass der Strom größer wird wenn der Widerstand größer wird. Das ist aber ein Blödsinn. Der muss dann kleiner werden. - Nein der muss dann auch kleiner bleiben wenn das stimmt was ich gesagt hab. 	<ul style="list-style-type: none"> - Richtiges Konzept - Inverses Widerstandskonzept - → Richtiges Widerstandskonzept - Richtiges Konzept

Index 2: Siehe *Transkript 9*, S. 62

Transkript 15: Inverses Widerstandskonzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
3 / 15	W 4C SUHA	Inverses Widerstandskonzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst hier, dass der Gesamtstrom kleiner wird. Warum denkst du ist das so? - Meinst du damit, dass irgendeine Stromstärke kleiner wird? - Und welche wird kleiner und warum? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil, wenn bei einem was weniger wird und beim anderen nicht wird trotzdem die gesamte Stromstärke weniger. - Ja. - Hm... 	<ul style="list-style-type: none"> - Richtiges Konzept

<ul style="list-style-type: none"> - Vorher hast du gesagt, dass I_1 kleiner wird und I_2 bleibt gleich. Kannst du mir erklären warum das so ist? - Weshalb wird das kleiner? - Und was könnte dann die Erhöhung des Widerstandes damit zu tun haben? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ja I_2 bleibt gleich weil..... Hm. Nein das muss falsch sein. I_2 muss viiiiiel kleiner werden. - Naja, weil sich die ja an dem Punkt [Knotenpunkt] aufteilen. Danach sind sie natürlich kleiner. I_1 und I_2 müssen kleiner werden weil sie sich aufteilen. - Das weiß ich auch nicht. 	<ul style="list-style-type: none"> - (Erhöhung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme)
--	---	--

Transkript 16: Widersprüchliches Konzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
4 / 16	W 4C HAHU	Widersprüchliches Konzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst der I_1 wird kleiner. Weshalb? - Aber der Widerstand ist vorher auch schon da. Und da fließt auch schon vorher ein I_1. Dann wird einfach der R_2 vergrößert und dann stellt sich die Frage, ob sich I_1 auch verändert wenn R_2 größer wird? - Was glaubst du was mit I_1 passiert? - Na OK. Der I_2 wird auch kleiner, hast du gesagt. Warum denkst du ist das so? - Und der I_{ges} bleibt gleich, hast du gesagt. Weshalb? Was ist denn der I_{ges} überhaupt? - Ja wenn die zwei kleiner werden kann dann der I_{ges} gleich bleiben? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil da der Widerstand kommt und deshalb die Stromstärke kleiner werden muss. - Ja. - Mhh. Ich weiß nicht. Der muss dann auch kleiner werden. - Weil der Widerstand größer wird. - Das ist I_1 plus I_2. - Nein der wird auch kleiner. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme - Richtiges Konzept - Richtiges Konzept - Richtiges Konzept

Transkript 17: Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
5 / 17	W 4C BABE	Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<p>[Der Schüler kommt an diesem Punkt des Interviews ohne Hilfe darauf, dass er bis jetzt immer Batterie und Widerstand verwechselt hat. Nun geht er das Beispiel erneut von Anfang an durch.]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Was denkst du was passiert hier. Dieser Widerstand der wird vergrößert. Der R_2 wird vergrößert. Was passiert mit den Strömen? - Was meinst du mit, weil es von da kommt. - Was wird mit I_1 und I_2 passieren? - Werden sie deiner Meinung nach vor den Widerständen gemessen? 	<ul style="list-style-type: none"> - I_{ges} bleibt gleich weil es von da kommt. - Ja die Batterie ist ja weit vor den Widerständen. Deshalb kann sie nichts von ihnen merken. - Naja wenn die I's vorher [vor den Widerständen] gemessen werden dann bleiben sie auch gleich. - Ja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sequentielles Denken - Sequentielles Denken

Index 6: Siehe *Transkript 7*, S. 61

Transkript 18: Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
7 / 18	NÖ 4C JORO	Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst I_{ges} bleibt gleich. Warum? - I_2 wird kleiner. Warum? - Warum? - Wo dazwischen? - Und was passiert mit I_1? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil das ja keine Auswirkungen auf den I_{ges} hat wenn sich danach was ändert. - Sollte eigentlich gleich bleiben. - Weil dazwischen kein Widerstand ist. - Zwischen der Batterie und dem Punkt der Messung. - Bleibt auch gleich weil davor nichts ist. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sequentielles Denken - Sequentielles Denken - Sequentielles Denken

Index / Transkript Nr.	Interview Code	Beschriebenes Konzept
8 / 19	W 4C KATO	Missverständnis → richtiges Konzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt der I_{ges} bleibt gleich. Warum? - Ein Widerstand wird aber erhöht. - Was passiert mit dem I_2? - Und der I_1? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil der Gesamtwiderstand gleich bleibt. - Au. Dann wird er kleiner. - Der wird auch kleiner weil der Widerstand größer wird. - Der bleibt eigentlich gleich weil sich da nichts ändert. 	<ul style="list-style-type: none"> - Missverständnis → richtiges Konzept - richtiges Konzept - richtiges Konzept

6.1.6 Verknüpfung der Ergebnisse mehrerer Test-Items

Nach der Auswertung der einzelnen Test-Items folgt nun eine verknüpfende Betrachtung mehrerer Test-Items zugleich. Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden ob zwischen mehreren Items ein Zusammenhang besteht und ob SchülerInnen bei ähnlichen Problemstellungen unterschiedlicher Items, immer wieder die gleichen Konzepte anwenden oder ob sie dabei einen Konzeptwechsel vollziehen.

Gegenüberstellung der Ergebnisse von Item 2_u und 5_u

Die beiden hier betrachteten Test-Items behandeln zwar unterschiedliche Problemstellungen, da aber bei beiden Items derselbe Stromkreis (Stromkreis 2 bei Item 2(_u)) vorkommt, liegt es nahe zu untersuchen ob deren Ergebnisse einen Zusammenhang ergeben. Es ist hier interessant herauszufinden, ob jene Kinder, die den zweiten Stromkreis von Item 2(_u) als Parallelschaltung erkennen, Item 5(_u) richtig lösen können, bzw. ob das Erkennen des Stromkreises als Parallelschaltung als Voraussetzung zur richtigen Lösung bei Item 5(_u) angesehen werden kann.

Die Auswertung der Interviews zeigt, dass 38 Testpersonen den Schaltkreis als Parallelstromkreis erkannt haben, was den Antwortmöglichkeiten 1, 2, 4 und 5 entspricht. Nur 13 Befragte lösten alle Teilfragen von Test-Item 5 richtig. Von diesen 13 haben ganze 12 den Schaltkreis 2 bei Item 2_u als Parallelschaltung erkannt. 92,3% derjenigen die Item 5_u richtig beantworteten haben den zweiten Schaltkreis von Item 2_u als Parallelstromkreis erkannt, was darauf hinweist, dass die Identifikation des Schaltkreises als Parallelschaltung, als Voraussetzung für die Lösung von Test-Item 5_u angesehen werden kann.

Gegenüberstellung der Ergebnisse von Item 4b_u und 5_u

Durch die Gegenüberstellung der Antworten unterschiedlicher Test-Items, lassen sich weitere Ergebnisse ableiten. In diesem Abschnitt werden die Antwortkombinationen der Interviews von Beispiel 4b und 5 miteinander verglichen. Diese zwei Beispiele eignen sich besonders um Parallelen zwischen ihnen herzustellen, da sie ähnliche Thematiken behandeln und Aufgabe 4b als Aufbaubeispiel für Aufgabe 5 gilt. *Tabelle 13* kombiniert *Oben stehende* Kreuztabelle zeigt, wie oft die einzelnen Antwortkombinationen aus den Test-Items 4b_SK1, 4b_SK2 und 4b_SK3 gewählt wurden. Die durch einen Index markierten Positionen werden in *Tabelle 8* näher erklärt.

Tabelle 7 und *Tabelle 10* und lässt erkennen, wie sich Kinder, die bei Item 4 eine bestimmte Antwortkombination wählten, bei Item 5 entscheiden. Insgesamt können die Antworten von jenen 38 Kindern, die diese Items vollständig beantworteten, für diese Untersuchung herangezogen werden.

Tabelle 13: Gegenüberstellung der Ergebnisse von Item 4b_u und 5_u

4b_3_u	4b_2_u	4b_1_u	5a_u	5c_u	5b_u			
					1	2	3	
1	1	1	1	3	0	1	0	
			2	2	0	¹ 3	0	
			3	2	0	² 3	0	
	2	3	1	3	2	0	³ 10	0
				2	2	0	0	⁴ 1
				3	2	0	1	0
2	1	3	2	3	0	1	0	
			3	3	0	0	⁵ 1	
			1	2	1	0	0	
3	1	2	1	3	1	0	0	
			2	2	0	1	0	
			3	2	1	0	0	
	2	1	3	1	2	1	0	0
				2	2	1	0	0
				3	1	1	0	0
	3	3	3	2	3	1	0	0
				3	2	0	⁶ 3	0
3	3	3	2	2	0	⁷ 2	0	
			3	3	0	0	⁸ 2	

*Oben stehende Tabelle zeigt, die Antwortkombinationen von Test-Item 4b_u und 5_u. Die mit einem Index versehenen Positionen sind *Tabelle 14* näher erklärt.*

Tabelle 14: Erklärung einzelner Antwortkombinationen aus Item 4b_u und 5_u

Index in Tab.13	Antwort-kombi Item 4b_u	Konzept	Antwort-kombi Item 5_u	Konzept	Anzahl	Bedeutung
1	4b_u_11.21.31	sequent. Denken - Stromverbrauchs-konzept	5_u_a2b2c2	Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme	3	Von den 17 Kindern, die Item 4b_u bei allen Stromkreisen mit den Konzepten des sequentiellen Denkens und der Stromverbrauchsvorstellung beantworteten, haben 3 bei Item 5_u angegeben, dass sich alle drei Ströme verringern. Diese Antworten sind beide falsch, widersprechen sich aber nicht.
2	4b_u_11.21.31	sequent. Denken - Stromverbrauchs-konzept	5_u_a3b1c1	inverses Widerstands-konzept	3	3 weitere Kinder der 17 (siehe oben), beantworteten Item 5_u mit Hilfe des inversen Widerstandskonzeptes. Da bei den Antworten von Item 4b_u, die Stromstärke nach dem Widerstand kleiner wird, in 5_u aber größer, kommt es hier zu einem Widerspruch bei der Antwortgebung.
3	4b_u_11.21.31	sequent. Denken - Stromverbrauchs-konzept	5_u_a3b2c2	richtig	10	Der Großteil derer Kinder, die Item 4b_u mit einer sequentiellen oder der Stromverbrauchsvorstellung beantworteten, haben Item 5_u komplett richtig. Da bei Item 5_u nicht klar ist, wo die Ströme gemessen werden, führt dieses Antwortschema zu keinen Widersprüchen.
4	4b_u_11.21.31	sequent. Denken - Stromverbrauchs-konzept	5_u_a3b3c3	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken	1	Diese Antwortkombination birgt nicht unbedingt einen Widerspruch in sich. Obwohl es bei Item 4b_u zu Änderungen bei der Stromstärke kommt, können wir anhand der Ergebnisse nicht sagen, ob es bei Item 5_u nicht auch so wäre. Wir wissen nicht wo der Strom gemessen wird, was beim sequentiellen Denken von zentraler Bedeutung ist.
5	4b_u_12.22.32	inverses Widerst.-konzept	5_u_a3b3c3	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken	1	Hier kann man auch nicht mit Sicherheit sagen, ob ein Widerspruch vorliegt, da man nicht weiß, wo bei Item 5_u die Stromstärke gemessen wird. Während bei Item 4b_u alle Ströme nach dem Widerstand größer wurden, blieben sie bei Item 5_u unverändert.
6	4b_u_13.23.33	richtig	5_u_a2b2c2	Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme	3	3 Kinder, die Item 4b_u ganz richtig hatten, glaubten bei Item 5_u, dass sich alle drei Ströme verringern. Sie erkannten zwar die Stromkreise, wussten aber nicht, dass die Teilströme voneinander unabhängig und nur von den Widerständen reguliert werden.
7	4b_u_13.23.33	richtig	5_u_a3b2c2	richtig	2	Nur zwei Kinder konnten beide Items komplett richtig lösen.

8	4b_u_ 13.23.33	richtig	5_u_a3b3c3	Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken	2	2 Kinder, die bei Item 4b_u richtig erkannten, dass sich die Stromstärken vor und nach dem Widerstand gleich sind, gaben bei Item 5_u an, dass sich keiner der Ströme bei einer Änderung eines Widerstandes verändert.
---	-------------------	---------	------------	--	---	--

Oben stehende Tabelle gibt die interessantesten Positionen aus Tabelle 13 wieder und stellt die Antwortkombinationen von Test-Item 4b_u jenen von 5_u gegenüber. Die Positionen entsprechen bestimmter Schülervorstellungen die hier näher erklärt werden.

Konzeptwechsel bei den Test-Items 1_u, 2_u, 4b_u und 5_u

In Kapitel 2.1.1 wurden bereits Gründe die zu einem Konzeptwechsel bei SchülerInnen führen beschrieben. Die folgende Untersuchung soll an einem konkreten Beispiel klären, ob die Konzeptwechsel einem bestimmten System unterliegen. Dafür wurden die angewandten Konzepte der einzelnen SchülerInnen für mehrere Test-Items ermittelt und evaluiert, ob die Wahl eines Konzeptes bei einem bestimmten Item Auswirkungen auf die Wahl des Konzeptes bei anderen Items hat. Bei der Auswahl der Items wurden zwei verschiedenen Schwerpunkte, auf welche sich die Items beziehen, untersucht. Zum Einen wurde durch den Vergleich der Items 1_u, 4b_u und 5_u, die alle das Widerstandskonzept behandeln, untersucht, ob die Wahl der Konzepte innerhalb eines Schwerpunktthemas voneinander abhängig sind und zum Anderen, wurde durch die verknüpfende Betrachtung mit Item 2_u, in dem Serien- und Parallelschaltungen identifiziert werden sollen, versucht herauszufinden, ob die Antworten dieser Frage Auswirkungen auf die Items des Widerstandskonzeptes haben. Untenstehende *Tabelle 15* zeigt die Wahl der Konzepte bei den einzelnen Items. Für diese Untersuchung wurden die Daten jener SchülerInnen herangezogen, die die betreffenden Items vollständig beantwortet haben (N = 36). Was bei der Untersuchung jedoch im dunklen bleibt, ist die Frage ob die Konzepte absichtlich oder unbewusst angewandt wurden.

Tabelle 15: Konzeptwechsel bei den Test-Items 1_u, 2_u, 4_u und 5_u

2_u	5_u	1_u	4b_u			
			R	sD & SV	SV	KK
R	R	R	1	1		
		sD & SV	1	3		
	i	i & sD		1		
	sD & BKS	sD & SV		1		
	BKS & SK	sD & SV		1		
P	R	R		1		
		sD & SV		2		
	i & BKS & SK	R				1
	i	i & sD		1		2
	sD & BKS	R	1			
	BKS & SK	i & sD sD & SV		1		1
	AK	R sD & SV KK	2	1		1
KK	R	i & sD		1		
		sD & SV		1		
	i	i		1		
	sD & BKS	sD & SV BKS	1		1	
	AK	R	1			
KK	KK	R				1
		SK				1

Oben stehende Tabelle zeigt, welche Konzepte einzelne Testpersonen bei den Items 1_u, 2_u, 4b_u und 5_u angewandt haben. Es kann daraus abgelesen werden, wie sich die Wahl eines Konzepts auf die Konzeptwahl eines anderen Beispiels auswirkt.

Erklärung der Abkürzungen:

R ... richtiges Konzept

SV ... Stromverbrauchskonzept

SK ... Staukonzept

i ... inverses Widerstandskonzept

sD ... sequentielles Denken

BKS ... Batterie als konstante Stromquelle

AK ... Vergrößerung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme

P ... Parallelschaltung wenn die Widerstände parallel zueinander angeordnet sind

KK ... keine / widersprüchliches Konzept

Alle 4 Items wurden nur von einer Person richtig beantwortet und wenn Item Nr.2 falsch war, konnten die anderen drei Items, die sich allesamt mit dem Widerstandskonzept beschäftigten, nicht gelöst werden. Nur ein Schüler wendete bei Item 1_u, 4b_u und 5_u das sequentielle Denken an und 15 SchülerInnen bei Item 1_u und 4b_u. Die Stromverbrauchsvorstellung ist neben dem sequentiellen Denken die häufigste Fehlvorstellung. Die Zwei treten auch fast immer gemeinsam auf. Von den 7 Personen, die die Fragen zum Widerstandskonzept mit dessen inverser Vorstellung lösten, wurde diese von 3 Personen gleich bei mehreren Items (1_u und 5_u) gewählt. Beide SchülerInnen die bei Item 1_u das Staukonzept anwendeten, konnten bei den weiteren Items zum Widerstandskonzept keine Lösung finden, die auf ein schlüssiges bzw. widerspruchsfreies Konzept hinweisen. Von den insgesamt 16 Personen die kein bzw. ein sich widersprechendes Konzept anwandten, wurde dies von 6 SchülerInnen gleich bei mehreren Items gemacht. Auffällig ist auch noch dass keine Person die Test-Item 2_u richtig gelöst hat, bei einer der anderen Antworten ein sich widersprechendes Konzept verwendet hat.

Die Auswertung dieser Untersuchung ergibt keine deutlichen Ergebnisse. Es zeigt sich jedoch, dass die Konzepte der SchülerInnen, wie schon in Kapitel 2.1.1 behauptet, instabil und dynamisch sind. Auch die bereits erwähnte Erklärungsvielfalt kommt zum Vorschein, da nicht nur verschiedene Konzepte bei den unterschiedlichen Items, sondern oft gleich mehrere Konzepte für nur ein Item zum Lösen verwendet werden.

Weiter Untersuchungen zum Auftreten der Konzepte beim elektrischen Widerstand

Die Test-Items 1(_u), 4b(_u) und 5(_u) behandeln allesamt das elektrische Widerstandskonzept. Im vorherigen Abschnitt wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen der Wahl eines Konzeptes bei einem Item und der Wahl eines Konzeptes bei einem anderen Item bestehen. Nun wird ein Blick darauf geworfen, wie oft die Konzepte verwendet wurden.

Tabelle 16: Häufigkeit der Konzepte bei den Test-Items 1_u, 4b_u und 5_u nach Klassen / Geschlechtern

Klasse Geschlecht \ Konzept	R	i	sD	SV	sD & SV	BKS	SK	WGW	AK	KbK	Fehlkonzepte pro Person
W 4a (2)	0	1	0	1	0	1	1	1	0	3	4
W 4B (2)	4	1	1	1	1	1	0	1	0	1	3,5
W 4C (12)	10	4	12	10	9	1	0	0	6	7	4,1
W 7A (5)	5	2	6	5	5	1	1	0	0	2	4,4
W 7B (5)	7	1	6	5	5	1	0	2	1	2	4,6
NÖ 4A (6)	8	4	8	10	8	0	0	0	0	1	5,2
NÖ 4C (4)	4	2	7	6	5	4	0	1	0	0	6,3
W alle 4. Kl. (16)	14	6	13	12	10	3	1	2	6	11	4
NÖ alle 4. Kl. (10)	12	6	15	16	13	4	0	1	0	1	5,6
alle 4. Kl. (26)	26	12	28	28	23	7	1	3	6	12	4,6
alle 7. Kl. (10)	12	3	12	10	10	2	1	2	1	4	4,5
Buben (19)	20	7	24	23	20	7	1	4	3	7	5,1
Mädchen (17)	18	8	16	15	13	2	1	1	4	9	4,1
Summe (36)	38	15	40	38	33	9	2	5	7	16	4,6

Oben stehende Tabelle zeigt, wie oft die einzelnen Konzepte in den unterschiedlichen Klassen bei den Test-Items 1_u, 4b_u und 5_u zur Anwendung kamen. Die Spalte „Fehlkonzepte pro Person“ gibt an wie viele Fehlkonzepte bei der Beantwortung der drei Items durchschnittlich pro Person verwendet wurden. Da oft mehrere Konzepte parallel verwendet werden, kann dieser Wert über dem Wert 3 liegen. Die rot hinterlegten Positionen werden weiter unten erläutert. Es wurden nur die Daten jener 36 Personen ausgewertet, die die entsprechenden Items vollständig beantwortet haben. R = richtiges Konzept, i = inverses Widerstandskonzept, sD = sequentielles Denken, SV = Stromverbrauchskonzept, BKS = Batterie als konstante Stromquelle, SK = Staukonzept, WGW = Weg des geringsten Widerstandes, AK = Vergrößerung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme, KbK = keine / widersprüchliches Konzept

Am beliebtesten, so zeigt sich, sind die Konzepte des sequentiellen Denkens (N = 40) und die Stromverbrauchsvorstellung die auf gleich viele Nennungen (N = 38) wie das richtige Konzept kommt. Besonders gern werden beide Fehlvorstellungen in Kombination angewandt (N = 33). Des Weiteren kommen auch das inverse Widerstandskonzept (N = 15) und das Konzept der Batterie als konstante Stromquelle (N = 9) regelmäßig zur Anwendung. Andere Konzepte wie das Staukonzept (N = 2), das Konzept vom Weg des geringsten Widerstandes (N = 5) und das Konzept aller abnehmender Teilströme bei Widerstandserhöhung (N = 7) sind eher von marginaler Bedeutung. Die 16 Antwortkombinationen die sich auf kein bzw. auf ein widersprüchliches Konzept zurück führen lassen, spielen mit einem Anteil von 7,9%, an allen bei diesen Items gegebenen Antworten, auch eine eher untergeordnete Rolle. Es können mehr als 90% aller Antworten, die das elektrische Widerstandskonzept betreffen, einem bestimmten Präkonzept zugeordnet werden.

Einige Ergebnisse dieser Tabelle sind besonders interessant (siehe rot hinterlegte Felder

in *Tabelle 16*):

- Von den 33 kombinierten Nennungen des sequentiellen Denkens und der Stromverbrauchsvorstellung, entfallen 20 auf die Buben und nur 13 auf die Mädchen.
 Von den 9 Nennungen des Konzeptes der Batterie als kontante Stromquelle kamen 7 von Buben und nur 2 von Mädchen.
 Das Konzept des Wegs des geringsten Widerstandes wurde 4-mal von Buben und nur einmal von Mädchen verwendet.
 Diese drei Konzepte scheinen bei den Buben eindeutig besseren Anklang zu finden.
- Dagegen wird das Konzept der verringerten Teilströme bei Widerstandserhöhung öfter von Mädchen als von Buben angewandt.
- Auch die Antwortkombinationen, die auf kein bzw. auf ein widersprüchliches Konzept hinweisen werden von den Mädchen häufiger verwendet.
- Von den insgesamt 7 Nennungen des Konzeptes der verringerten Teilströme bei Widerstandserhöhung, kamen 6 in nur einer Klasse (W 4C) vor. Auch die Zahl der widersprüchlichen Konzepte ist mit 7 (von insgesamt 16) hoch.
- Mit 11 zu 1 Nennung von Antwortkombinationen, die auf kein bzw. auf ein widersprüchliches Konzept hinweisen, liegen die Wiener 4. Klassen weit vor den 4. Klassen aus Niederösterreich.
- Bei der Beantwortung der drei Items, verwendeten die Mädchen im Durchschnitt um ein Fehlkonzept weniger als die Buben.
- Die W 4B verwendete mit 3,5 die wenigsten, die NÖ 4C mit 6,3 die meisten Fehlkonzepten pro Testperson.

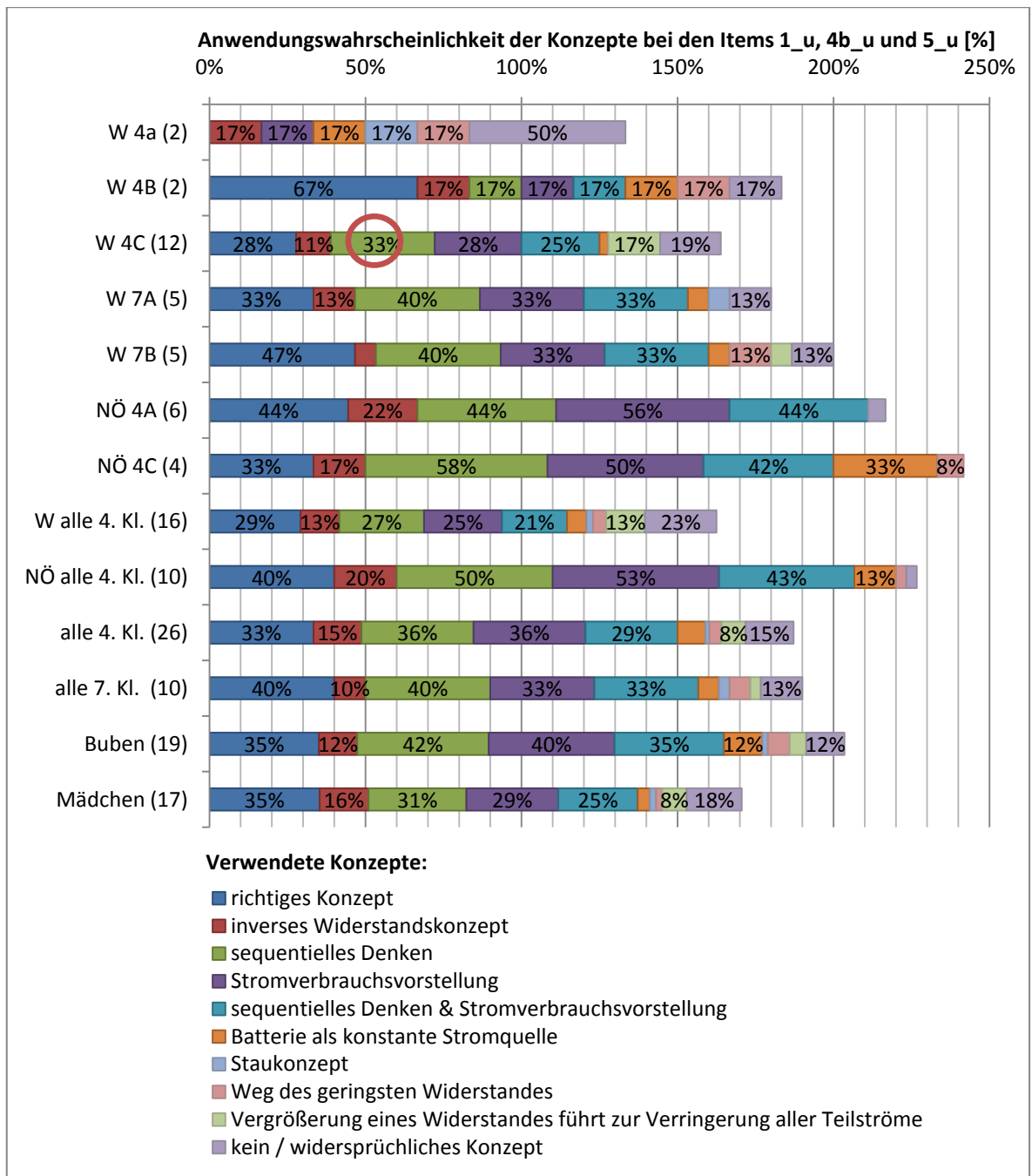


Abb. 26: Prozentuelles Auftreten der Konzepte bei elektrischen Widerstandskonzept nach Klasse / Geschlecht

Abbildung 26 zeigt die prozentuelle Anwendung der Konzepte bei den Test-Items 1_u, 4b_u und 5_u, in den einzelnen Klassen bzw. bei Buben und Mädchen. Da oft mehrere Konzepte gleichzeitig angewandt werden, summieren sich die Anteile nicht auf 100% sondern auf mehr. Der durch einen roten Kreis markierte Wert bedeutet beispielsweise, dass die SchülerInnen der W 4C 33% der Items mit dem Konzept des sequentiellen Denkens beantwortet haben. Es wurden nur die Daten jener 36 Personen ausgewertet, die die entsprechenden Items vollständig beantwortet haben.

Folgende Ergebnisse lassen sich aus Abbildung 25 ablesen:

- Es zeigt sich, dass neben der richtigen Vorstellung vor allem auf die Konzepte des sequentiellen Denkens, der Stromverbrauchsvorstellung und deren Kombination zurückgegriffen wird.
- Die 4. Klassen aus Niederösterreich verwendeten im Vergleich zu ihren Wiener KollegInnen die Konzepte des sequentiellen Denkens, der Stromverbrauchsvorstellung und deren Kombination in etwa doppelt so oft.
- Die NÖ 4C löste 33% der Items mit dem Konzept der Batterie als konstante Stromquelle, was im Vergleich zu den anderen Gruppen, deren Werte fast alle unter 10% liegen, eine deutliche Häufung darstellt.
- Zwischen den 4. und 7. Klassen lassen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen.
- Der gleiche Anteil an Buben und Mädchen verwendete das richtige Konzept bei den Items. Die Buben verwendeten mehr alternative Konzepte als die Mädchen, die wiederum öfter widersprüchliche bzw. kein Konzept benutzten.

6.2 Auswertung und Interpretation des Motivationsfragebogens

Der Motivationsfragebogen als Testinstrument wurde in Kapitel 4.2.3 genauer erklärt. Aus den Werten der einzelnen Antworten eines Frageclusters wurden nun arithmetische Mittelwerte für die verschiedenen Teilgruppen (Klassen, Geschlechter) berechnet, die sich im Bereich zwischen 1 und 4 befinden, wobei 1 einen negativen Wert und 4 einen positiven Wert für den Schüler oder die Schülerin darstellt.

Um eine Verbindung zum physikalischen Fragebogen und somit zum kognitiven Fachwissen herzustellen, wurde noch die Maßzahl „*richtige Antworten*“ berechnet, die als Prozentwert wiedergegeben wird. Dazu ist der Anteil der richtigen Antworten die beim physikalischen Fragebogen und beim Interview abgegeben wurde eruiert worden. Bei Beiden wurden die Kinder mit je 16 Fragestellungen konfrontiert.

Zusammenhang Testerfolg / Motivation

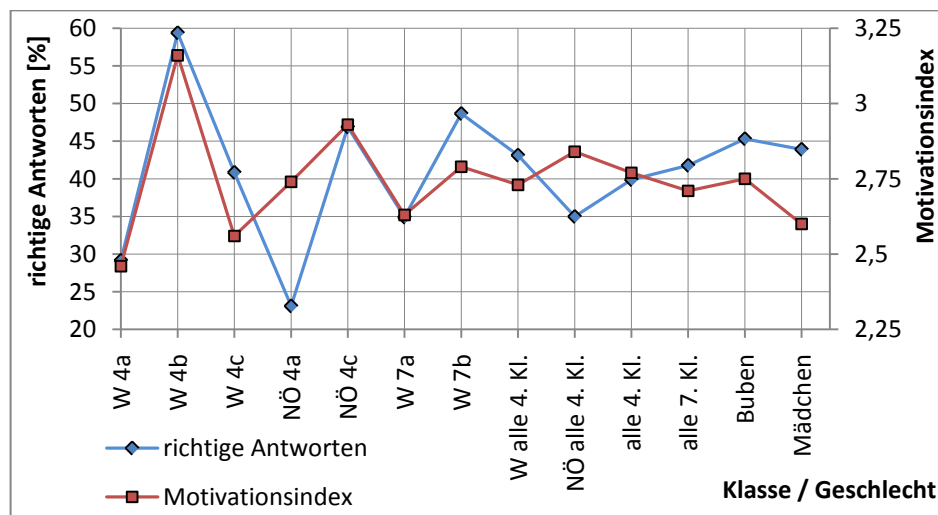


Abb. 27: Zusammenhang des Testerfolgs von der Motivation (nach Klassen/Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem Motivationsindex (rechte Ordinate). Auf der Abszisse sind die Klassen / Geschlechter aufgetragen.

Abbildung 27 zeigt den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen für den Testerfolg (richtige Antworten) und jenen für die Motivation der SchülerInnen. Dazu wurde der Motivationsindex für jede Person berechnet, der sich aus dem arithmetischen Mittelwert aller Einzelfragen des Motivationsfragebogens ergibt. Zur Berechnung des Motivationsindex einer Gruppe wurden abermals die arithmetischen Mittelwerte der Motivationsindizes der einzelnen Personen dieser Gruppe berechnet. Es besteht allerdings keine starke Korrelation zwischen den beiden Graphen, was an unterschiedlichen Gründen liegen kann. Ein sehr strenger Lehrer wird z.B. von vielen SchülerInnen regelrecht gefürchtet, was unter Umständen zu Ängsten ihm gegenüber oder gegenüber dem Fach führen kann. Dies ist nur selten förderlich die Kinder zu motivieren, jedoch würden sie vermutlich beim Fragebogen gute Ergebnisse erzielen. So zeigt sich, dass die 4. Klassen der Wiener Schule zwar schlechtere Werte beim Motivationsfragebogen erzielen, jedoch ihre Leistungen beim kognitiven Teil besser sind als jene der motivierteren 4. Klassen aus Niederösterreich. Die 7. Klassen aus Wien erzielen bei beiden Werten in etwa die gleichen Ergebnisse wie ihre KollegInnen aus den Wiener 4. Klassen. Insgesamt ist der Anteil an richtigen Antworten bei den 7. Klassen sogar ein wenig geringer, was so eigentlich nicht vorkommen sollte. Die Buben, die an der Untersuchung teilnahmen, hängen die Mädchen bei beiden Parametern ab, obwohl dabei auffällt, dass sich die deutlich geringere Motivation der Mädchen nur sehr wenig auf ihre Leistungen beim Test und beim Interview auswirken.

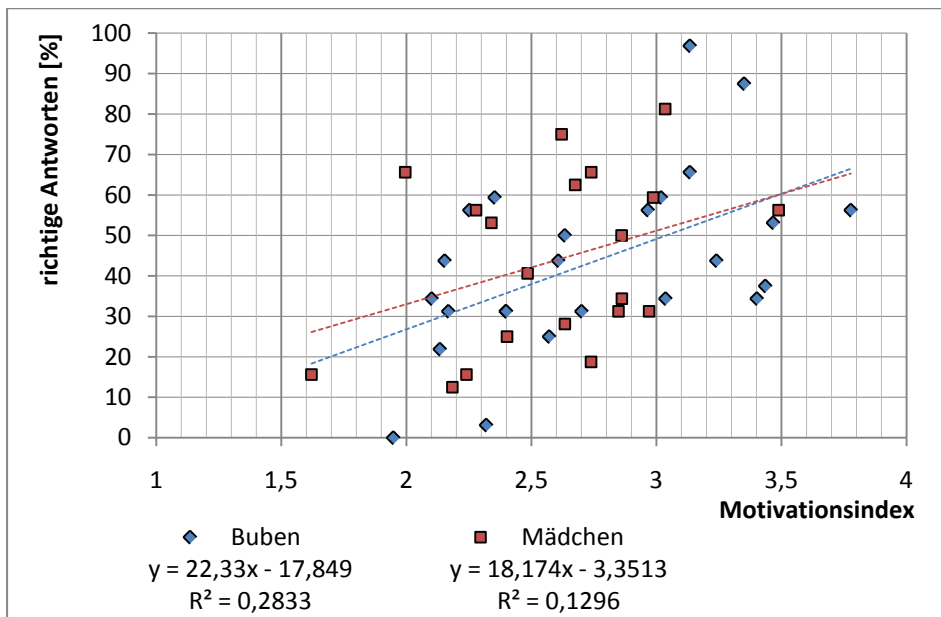


Abb. 28: Zusammenhang des Testerfolgs mit der Motivation (nach SchülerInnen)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und dem Motivationsindex (Abszisse) für die einzelnen Schülerinnen (rote Datenpunkte) und Schüler (blaue Datenpunkte).

Betrachtet man den Zusammenhang von Testerfolg und Motivationsindex auf der Ebene der einzelnen SchülerInnen bekommt man deutlichere Ergebnisse (siehe Abb. 28). Die angelegte Regressionsgerade aller Werte weist immerhin eine Steigung von knapp über 20% aus, was bedeutet, dass bei einer Steigerung des Motivationsindex von einem Punkt, der Anteil der richtigen Antworten im Durchschnitt um 20% steigt (nur Buben 22%, nur Mädchen 18%). Die R^2 -Werte der Regressionsgeraden liegen mit 0,28 für die Buben und 0,13 für die Mädchen sehr niedrig. Bei diesen Werten kann man von keinem Zusammenhang zwischen den beiden Attributen sprechen. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Messpunkte des Diagrammes kann man weitere Ergebnisse ablesen: So ist es auffällig, dass die Messwerte mit hohem Motivationsindex in Kombination mit einem schlechtem Testerfolg besonders oft Buben zuzuordnen sind. Je weiter sich die Punkte von der Regressionsgeraden nach unten entfernen und je weiter rechts sie liegen, desto häufiger handelt es sich dabei um die Ergebnisse von Buben.

Es zeigt sich also, dass die Buben bei gleichen Anteilen an richtigen Antworten im Durchschnitt über einen höheren Motivationsindex als die Mädchen verfügen, was auf ein Motivationsdefizit der Mädchen gegenüber den Buben hinweist.

Zusammenhang Testerfolg / Schulnote

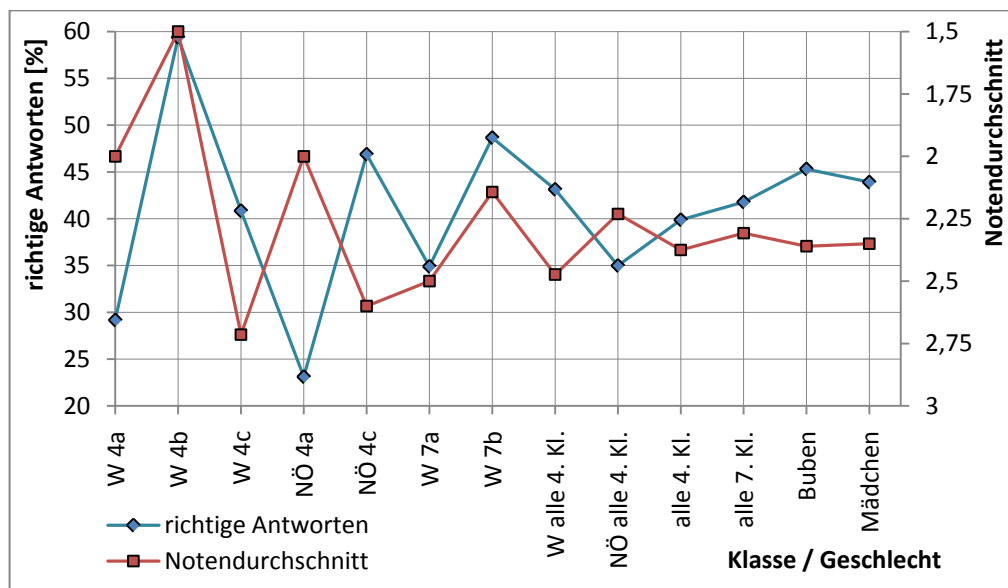


Abb. 29: Zusammenhang Notendurchschnitt und Testerfolg (nach Klassen/Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und dem Notendurchschnitt (Ordinate) der einzelnen Klassen / Geschlechter.

Noten, die sich an den Leistungen der SchülerInnen orientieren sollten, wird eine motivierende Wirkung zugesprochen. Abbildung 29 zeigt den Zusammenhang zwischen den erreichten Testerfolgen der einzelnen Gruppen und ihren Notendurchschnitten. In dieser Untersuchung wurden die Unterschiede der einzelnen Lehrkräfte bei der Notenvergabe nicht berücksichtigt. Es zeigt sich, dass bei den meisten Teilgruppen keine große Übereinstimmung der Tendenzen beider Attribute existiert. Interessant ist außerdem, dass die Mädchen, die einen geringeren Motivationsindex und weniger richtige Antworten als die Buben vorweisen (siehe Abb. 27), bei der Notenvergabe ein bisschen besser beurteilt wurden.

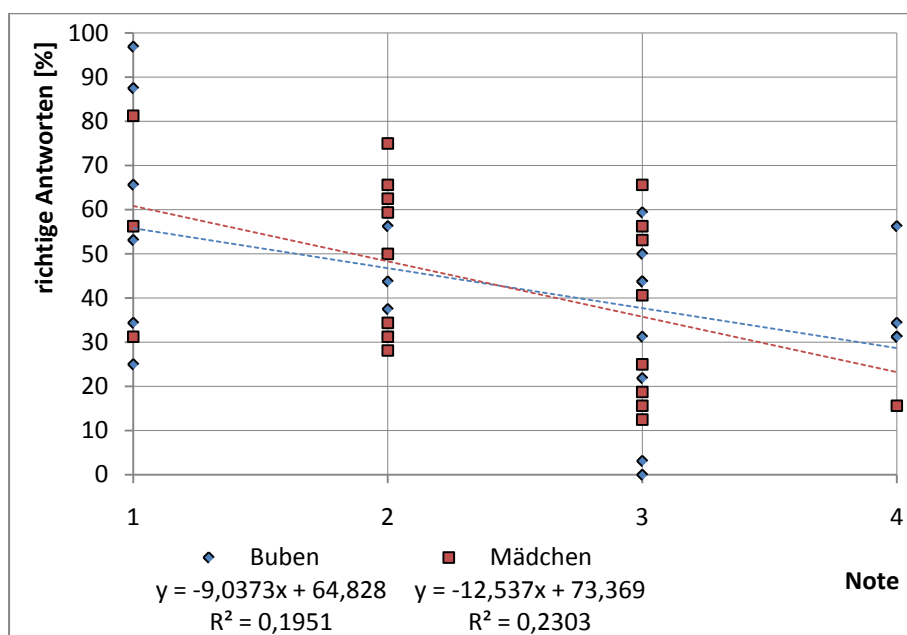


Abb. 30: Zusammenhang Notendurchschnitt und Testerfolg (nach SchülerInnen)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und der letzten Zeugnisnote in Physik (Abszisse) für die einzelnen Schülerinnen (rote Datenpunkte) und Schüler (blaue Datenpunkte).

Auf der Betrachtungsebene der SchülerInnen lassen sich deutlichere Ergebnisse ablesen. Auf den ersten Blick fällt die große Streuung der Werte für die richtigen Antworten je Schulnote auf. Würden die Schulnoten nur durch Auswertung dieser Untersuchung zu Stande kommen, würden jeweils nur die besten Kinder der jeweiligen Note diese auch behalten. Alle anderen müssten schlechter beurteilt werden. Von den 45 Kindern würden nur jene 20, die über 50% richtige Ergebnisse erzielten, positiv bewertet werden. Es zeigt sich hier, dass in der Schule nicht die tatsächlich erlernten Kompetenzen für die Note ausschlaggebend sind, sondern andere Faktoren. Die eingefügte Regressionsgerade sagt aus, dass eine Änderung der Note um einen Grad nur eine durchschnittliche Änderung von etwa 10% des Anteiles an richtigen Antworten verursacht (nur Buben 9%, nur Mädchen 12,5%). Die R^2 -Werte liegen abermals so niedrig, dass man zwischen den Attributen Notendurchschnitt und Testerfolg von keinem statistischen Zusammenhang sprechen kann.

Zusammenhang Testerfolg / Selbstregulation

Die vier Fragen, die die Selbstregulation der SchülerInnen messen, versuchen darüber Aufschluss zu geben, wie sehr Strategien von den Kindern beim Lernen angewandt werden, um selbst einschätzen zu können, wie gut ihre Leistungen in Physik sind. Unten stehende Abbildung 31 gibt die Werte der Selbstregulation und die der Anteile an richtigen Antworten wieder.

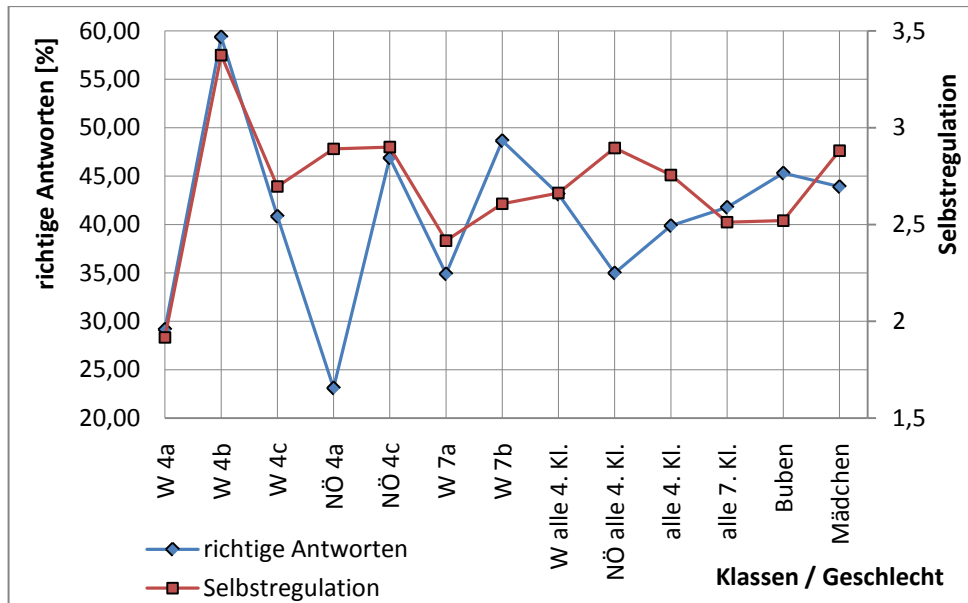


Abb. 31: Zusammenhang des Testerfolges vom Selbstregulation (nach Klassen / Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem Selbstregulationsindex (rechte Ordinate) der einzelnen Klassen / Geschlechter.

Die Mädchen weisen einen etwas höheren Wert bei der Selbstregulation auf als die Buben. Der Vergleich der beiden 4 Klassen der Niederösterreichischen Schule, wobei in der NÖ 4a nur Mädchen und in der NÖ 4c nur Buben befragt wurden, zeigt deutlich, dass die Selbstregulation keinen großen Einfluss auf das Testergebnis hat.

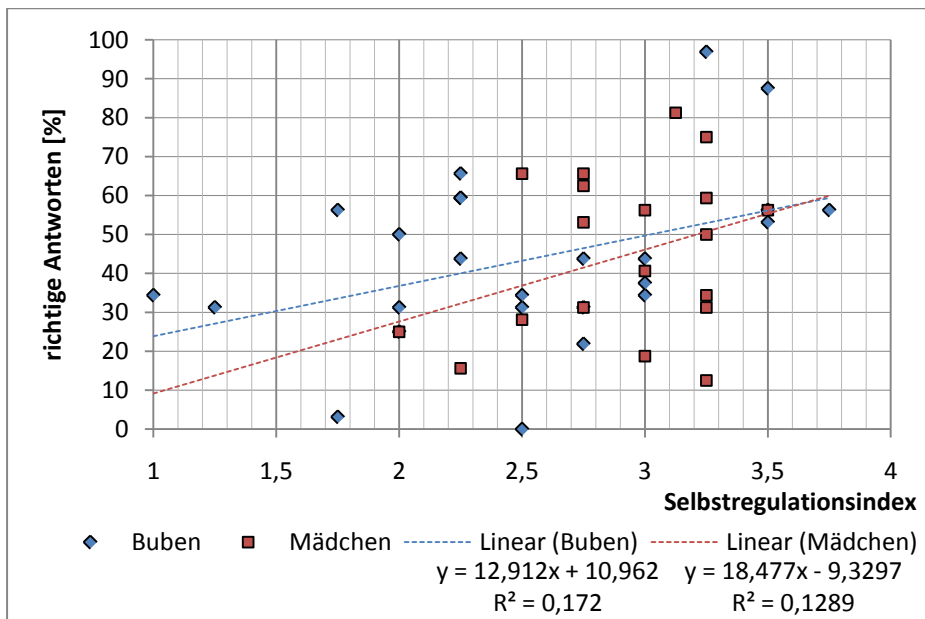


Abb. 32: Zusammenhang des Testerfolges von der Selbstregulation (nach SchülerInnen)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und dem Selbstregulationsindex (Abszisse) für die einzelnen Schülerinnen (rote Datenpunkte) und Schüler (blaue Datenpunkte).

Auf der Betrachtungsebene der einzelnen SchülerInnen ergibt sich auch keine starke Korrelation der beiden Attribute. Die R^2 -Werte beider Regressionsgerade weisen auf keinen Zusammenhang zwischen der Selbstregulation der SchülerInnen und deren Testerfolg hin. Laut berechneter Regressionsgerade für alle Testpersonen führt eine Steigerung des Selbstregulationsindex um einen Punkt zu einer Verbesserung des Testergebnisses von 13,2% (nur Buben 13%, nur Mädchen 18,5%).

Zusammenhang Testerfolg / schulisches Selbstkonzept

Beim schulischen Selbstkonzept wird das nicht fachbezogene Vertrauen der SchülerInnen gemessen, Problemstellungen lösen zu können und sich neue Erkenntnisse anzueignen. Ebenso wird danach gefragt, wie die Kinder ihre eigenen Leistungen im Vergleich zu den KlassenkollegInnen einschätzen.

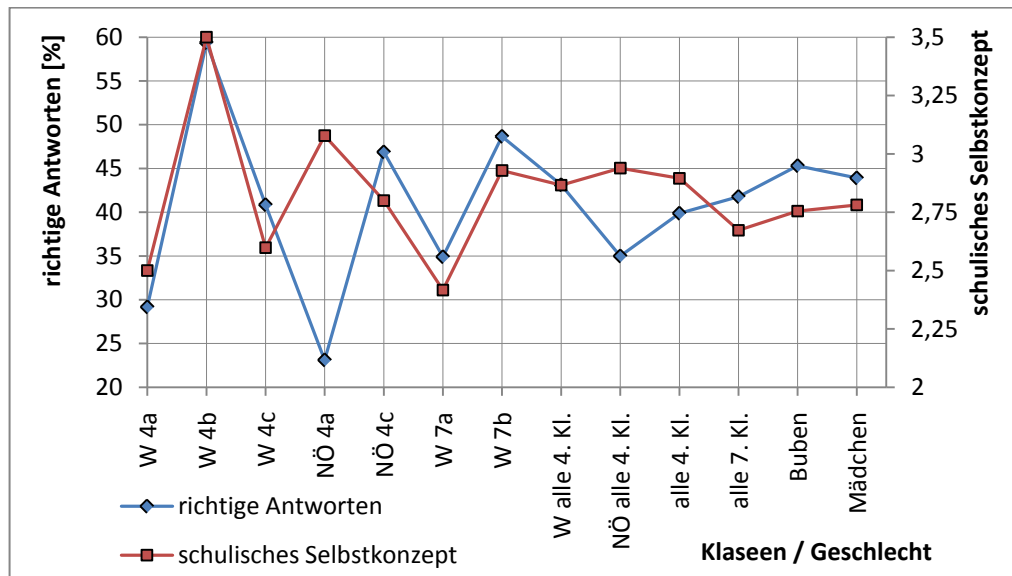


Abb. 33: Zusammenhang des Testerfolges vom schulischen Selbstkonzept (nach Klassen / Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem errechneten Wert des schulischen Selbstkonzepts (rechte Ordinate) der einzelnen Klassen / Geschlechter. Auf der Abszisse sind die Klassen / Geschlechter aufgetragen.

Abbildung 33 zeigt, dass sich das schulische Selbstkonzept im Laufe der Zeit verschlechtert. So liegen die Werte der 4. Klassen über denen der 7. Klassen, obwohl sie bessere Ergebnisse erzielten. Umgekehrt verhält es sich bei den Mädchen, die zwar beim Test etwas schlechter als die Buben abschnitten, deren schulischer Selbstkonzeptwert jedoch leicht über jenen der Buben liegt. Die Werte der beiden 4. Klassen aus Niederösterreich verdeutlichen dies sehr gut. Während die NÖ 4a, deren Stichprobe nur aus Mädchen bestand, trotz relativ schlechter Testergebnisse einen hohen Wert beim schulischen Selbstkonzept aufweist, erzielte die rein männliche Stichprobe der NÖ 4c weit bessere Ergebnisse beim Test, jedoch deutlich schlechtere Werte für das schulische Selbstkonzept.

Diese Ergebnisse werden von der Auswertung auf SchülerInneneben unterstrichen. Die Regressionsgerade besagt eine Steigerung vom Anteil der richtigen Antworten um durchschnittlich 13,2% bei einer Erhöhung des schulischen Selbstkonzeptindex von einem Punkt. Der niedrige R^2 -Wert von nur 0,13 legt allerdings wieder nahe, dass zwischen den Eigenschaften des schulischen Selbstkonzeptes und des Testerfolges kein statistischer Zusammenhang besteht.

Zusammenhang Testerfolg / physikalisches Selbstkonzept

Der Index für das physikalische Selbstkonzept der SchülerInnen wird durch vier Fragen gemessen. Er gibt darüber Auskunft, ob sich die Kinder selbst zutrauen sich mit physikalischen Themen zu beschäftigen und ob sie ihre Begabungen dafür für ausreichend einschätzen. Die Auswertung nach SchülerInnen gibt kein klares Bild wieder. Eine errechnete Regressionsgerade zeigt, dass eine Steigerung des Indexes für das physikalische Selbstkonzept um einen Punkt gerade einmal zu einem Anstieg der richtigen Antworten um durchschnittlich 8,8% führt (bei Buben um 13%, bei Mädchen um 10%). Der R^2 -Werte liegen mit 0,16 für die Buben und 0,14 für die Mädchen wieder in einem Bereich, in dem von keinem statistischen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften physikalisches Selbstkonzept und Testerfolg gesprochen werden kann. Auf der Betrachtungsebene der Klassen und Geschlechter ergeben sich jedoch einige interessante Ergebnisse (siehe Abb. 34).

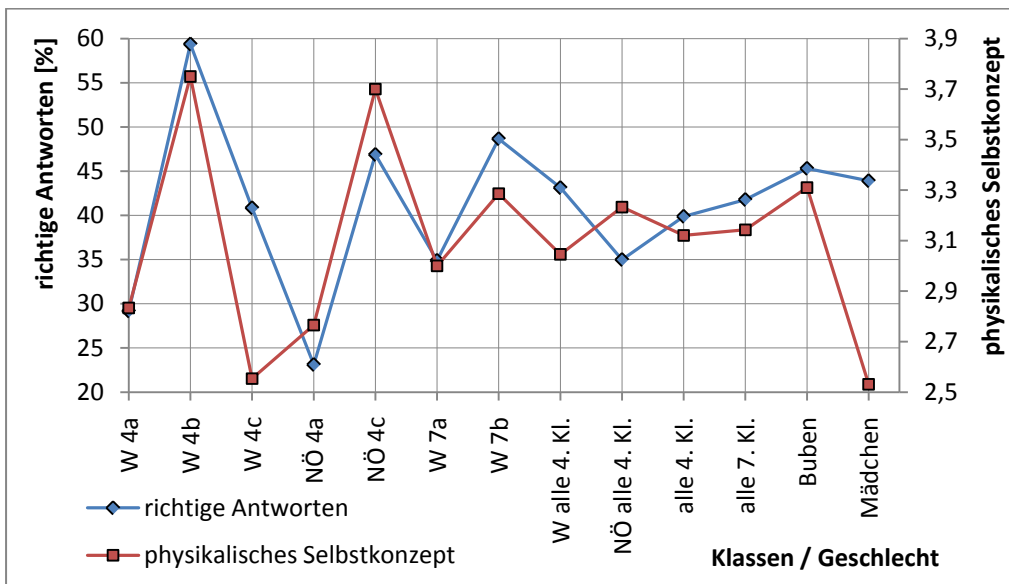


Abb. 34: Zusammenhang des Testerfolges vom physikalischen Selbstkonzept (nach Klassen / Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem errechneten Wert des physikalischen Selbstkonzepts (rechte Ordinate) der einzelnen Klassen / Geschlechter. Auf der Abszisse sind die Klassen / Geschlechter aufgetragen.

Es zeigt sich ein nur leicht korrelierender Verlauf des Indexes des physikalischen Selbstkonzeptes und des Graphen des Testerfolges. Ein signifikanter Unterschied zeigt sich bei der Betrachtung der Geschlechter. Laut Ergebnis des Fragebogens verfügen Mädchen im Vergleich zu ihren männlichen Kollegen über ein weitaus negativeres physikalisches Selbstbild. In Anbetracht der Gender-Debatte in den Naturwissenschaften und speziell im Unterrichtsfach Physik, die Mädchen als deutlich benachteiligtes Geschlecht ausweist, ist dies kein überraschendes Resultat.

Zusammenhang Testerfolg / Ergebniserwartung

Die Fragegruppe, die die Ergebniserwartung misst, ist mit seinen 7 Fragen der größte des Motivationsfragebogens. Ergebniserwartung bezeichnet das Vertrauen der Kinder in ihren im Unterrichtsfach Physik betriebenen Aufwand. Abbildung 35 zeigt den Zusammenhang zwischen der Ergebniserwartung und dem Testerfolg auf der Klassen- bzw. Geschlechterebene .

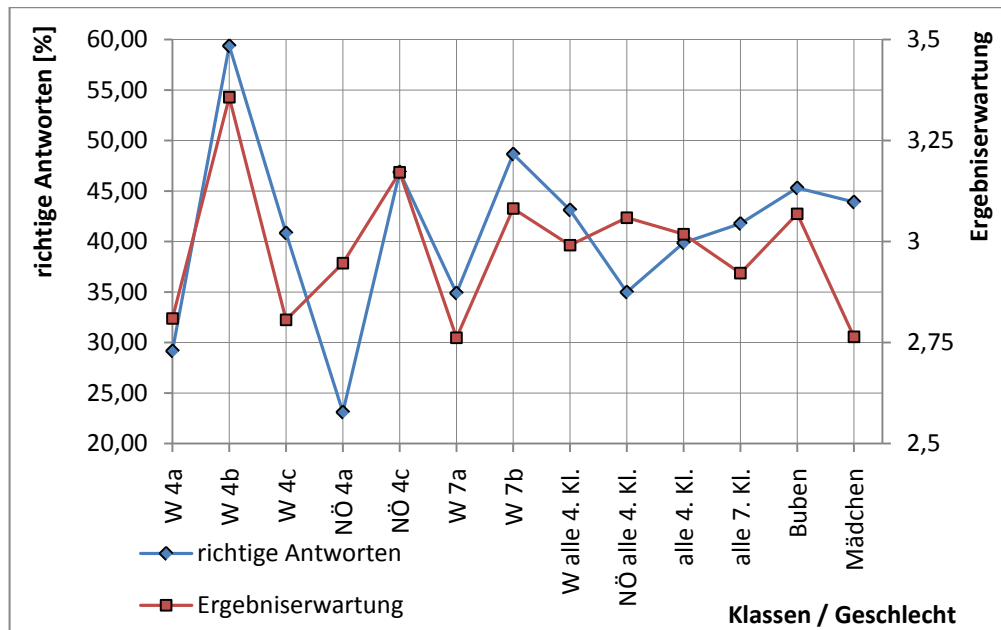


Abb. 35: Zusammenhang des Testerfolges von der Ergebniserwartung (nach Klassen / Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem errechneten Wert der Ergebniserwartung (rechte Ordinate) für die einzelnen Klassen / Geschlechter. Auf der Abszisse sind die Klassen / Geschlechter aufgetragen.

Die beiden Graphen zeigen einen leicht korrelierenden Verlauf, was darauf deutet, dass zwischen beiden Messgrößen ein Zusammenhang besteht. Die Werte der Mädchen für die Ergebniserwartung liegen abermals deutlich unter jenen der Buben und auch die 7. Klassen weisen im Vergleich zu ihren jüngeren KollegInnen etwas weniger Vertrauen darin auf, dass sich ihr Aufwand für das Fach lohnt. Dies lässt sich auch an den Werten der beiden Klassen aus Niederösterreich ablesen. Während sich die Stichprobe der NÖ 4a nur aus Mädchen zusammensetzt, wurden in der NÖ 4c nur Buben befragt. Zwischen den beiden Werten der Klassen für die Ergebniserwartung treten signifikante Unterschiede auf.

Betrachtet man die Werte der Ergebniserwartung und des Testerfolges auf der SchülerInnenebene so ergibt sich folgendes Bild:

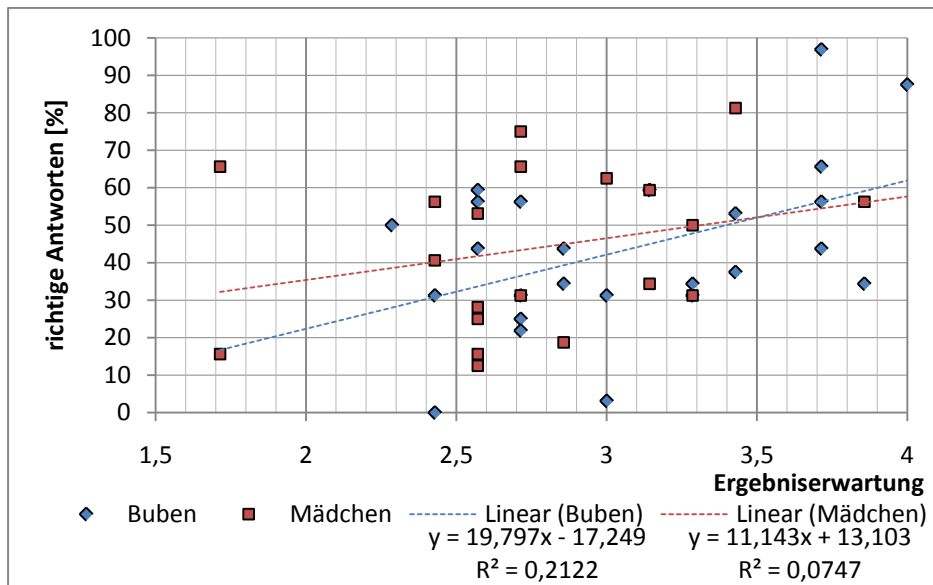


Abb. 36: Zusammenhang des Testerfolges von der Ergebniserwartung (nach SchülerInnen)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und dem Ergebniserwartungsindex (Abszisse) für die einzelnen Schülerinnen (rote Datenpunkte) und Schüler (blaue Datenpunkte).

Laut Regressionsgerade nimmt der Anteil der richtigen Antworten bei einer Steigerung des Ergebniserwartungsindex um einen Punkt, um 14,4% zu (bei Buben um 20%, bei Mädchen um 11%). Die niedrigen R^2 -Werte weisen einen statistischen Zusammenhang der beiden Eigenschaften jedoch ab. Es zeigt sich, dass die Werte der Ergebniserwartung von den Mädchen, bei gleichem Anteil an richtigen Antworten meist unter denen der Buben liegen.

Zusammenhang Testerfolg / fachliche Zielorientierung

Die fünf Fragen, die die fachliche Zielorientierung messen, bestimmen die einzelnen Ausprägungen der Beweggründe (z.B. Stolz auf eigene Leistung, Zufriedenheit, Selbstbeweis, usw.), die dazu führen, dass sich die Kinder mit Physik beschäftigen. Betrachtet man die Ergebnisse auf der Schülerebene (siehe Abb. 37) erhält man nur sehr diffuse Resultate. Die berechnete Regressionsgerade besagt, dass eine Erhöhung des Zielorientierungsindex um einen Punkt zu einer kaum wahrnehmbaren Steigerung des Testerfolges von nur 3,8% führt. Bei den Buben kommt es zu einer Steigerung von 6,2% des Testerfolges, bei den Mädchen verschlechtert sich dieser sogar um 1,2%. Dies bedeutet, dass sich die Leistungen der Mädchen mit wachsender fachlicher Zielorientierung verschlechtern würden. Die R^2 -Werte liegen hier allerdings wieder in einem so niedrigen Bereich, dass von keinem statistischen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der fachlichen Zielorientierung und des Testerfolges gesprochen werden kann.

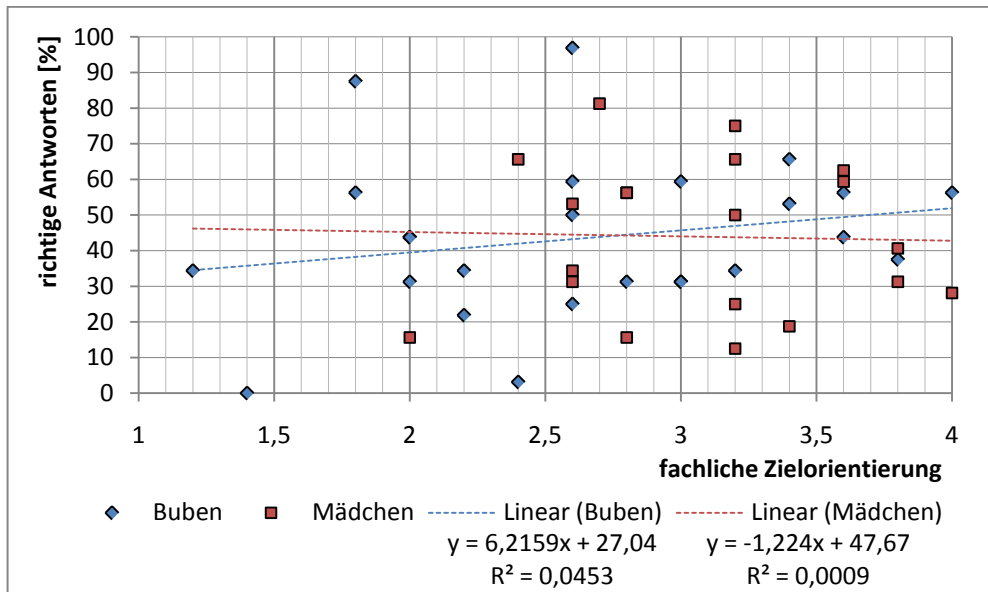


Abb. 37: Zusammenhang des Testerfolges von der fachlichen Zielorientierung (nach SchülerInnen)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (Ordinate) und dem Wert für die fachliche Zielorientierung (Abszisse) für die einzelnen Schülerinnen (rote Datenpunkte) und Schüler (blaue Datenpunkte).

Auch auf der Klassen- bzw. Geschlechterebene zeigt sich keine Korrelation der beiden Graphen (siehe Abb. 38). Hier möchte ich auf die Unterschiede der Zielorientierung bei den Geschlechtern hinweisen. Obwohl bei den obigen Untersuchungen festgestellt wurde, dass Mädchen ein schlechteres physikalisches Selbstkonzept und einen geringeren Motivationsindex aufweisen, liegen sie bei der fachlichen Zielorientierung vor den Buben. Auch interessant ist der signifikante Unterschied der beiden 7. Klassen bei der Zielorientierung. Beide Klassen werden vom gleichen Lehrer unterrichtet und weisen doch so unterschiedliche Ergebnisse beim Testerfolg und, wie hier ersichtlich, bei einzelnen Attributen des Motivationsfragebogens auf.

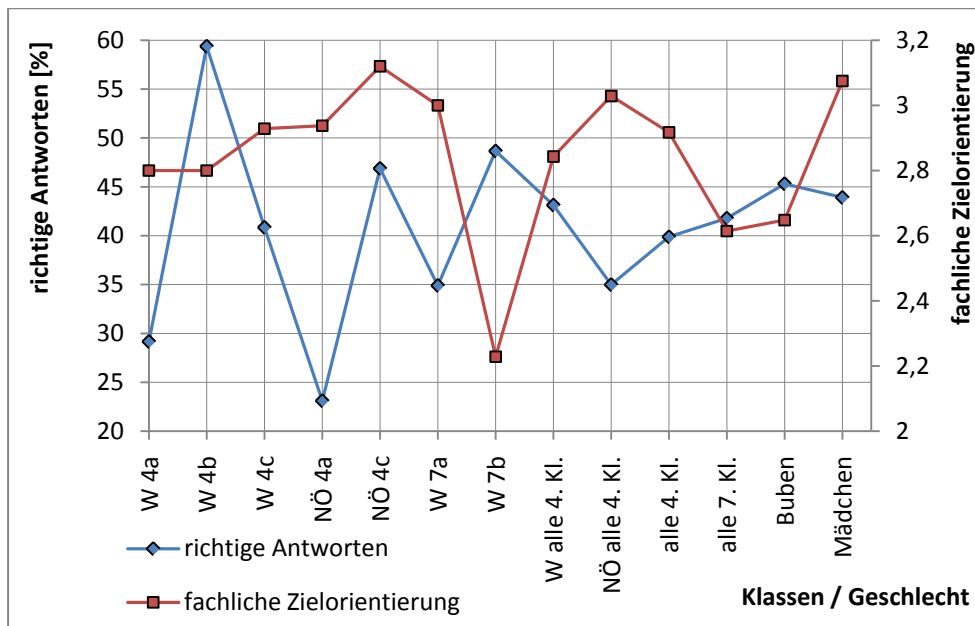


Abb. 38: Zusammenhang des Testerfolges von der fachlichen Zielorientierung (nach Klassen / Geschlecht)

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil an richtigen Antworten bei den Interviews in Prozentwerten (linke Ordinate) und dem errechneten Wert der fachlichen Zielorientierung (rechte Ordinate) für die einzelnen Klassen / Geschlechter. Auf der Abszisse sind die Klassen / Geschlechter aufgetragen.

Zusammenhang Testerfolg / Selbstwirksamkeit / Konzentration und Ausdauer / intrinsische Motivation

Die Ergebnisse aus der Befragung zur Selbstwirksamkeit, Konzentration und Ausdauer und zur intrinsischen Motivation geben allesamt ein diffuses Bild wieder. Die

Selbstwirksamkeit misst das Vertrauen der Schülerinnen in ihre Fähigkeiten physikalische Aufgaben zu lösen. Die Regressionsgerade gibt eine sehr geringe Abhängigkeit des Testerfolges von der Selbstwirksamkeit an. So verbessert sich der Anteil der richtigen Antworten bei einer Steigerung des Selbstwirksamkeitsindex um einen Punkt nur um 9,5%. Mädchen weisen einen niedrigeren Wert bei der Selbstwirksamkeit auf als die Buben und die 7. Klassen liegen hier auch hinter ihren jüngeren KollegInnen aus den 4. Klassen.

Der **Konzentrations- und Ausdauerindex** misst wie sehr sich die Kinder im Umgang mit physikalischen Problemstellungen entmutigen lassen. Auf Klassen- bzw. Geschlechterebene ist keine deutliche Korrelation mit dem Testergebnis sichtbar. Die Mädchen weisen hier abermals schlechtere Werte als die Buben auf, jedoch steigt der Wert des Konzentrations- und Ausdauerindex von den 4. Zu den 7. Klassen. Auch auf der SchülerInnenebene konnte nur eine Verbesserung des Anteiles an richtigen Antworten, bei einer Erhöhung des gemessenen Indexes um einen Punkt von knapp 11% gemessen werden.

Im letzten Teil des Konzentrationsfragebogens wird die **intrinsische Motivation** gemessen. Diese gibt an, welche Motivation dem Umgang mit physikalischen Themen zu

Grunde liegt. Die Ergebnisse dieser Teiluntersuchung sind besonders undeutlich. So schwanken zwar die Werte des Indexes nur zwischen den Werten 2 und 3, jedoch ist eine Korrelation zwischen dem Index und dem Anteil an richtigen Antworten kaum zu erkennen. Immerhin bei der Betrachtung der Geschlechter kommt es zu einem signifikant höheren Wert für die Buben. Auf der Betrachtungsebene der einzelnen SchülerInnen ergibt die Regressionsgerade eine Verbesserung des Testergebnisses um nur 6,8%, bei einer Steigerung der intrinsischen Motivation um einen Wert von 1.

7 Zusammenfassung der Ergebnisse für die fachdidaktische Forschung

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

In Kapitel 3 wurden die Forschungsfragen formuliert die nun beantwortet werden sollen.

Forschungsfrage 1

Ist es möglich mit Fragebögen und anschließenden SchülerInnen-Interviews mehrstufige Frageitems zu entwickeln, mit denen Schüler-vorstellungen zum elektrischen Widerstand identifiziert werden können?

Test-Item 1 verfügte bereits über eine zweite Stufe 1b(_u), die es ermöglicht, neben den problembezogenen Fragen in Teil 1a(_u), auch Informationen über die angewandten Konzepte zu erhalten. Für das Item 5(_u), das sich auch mit dem Widerstandskonzept beschäftigt, galt es nun mit Hilfe des eingehobenen Datenmaterials ebenfalls Distraktoren zu entwickeln, deren Beantwortung einen schlüssigen Hinweis auf die verwendeten Schülerkonzepte liefert. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Entwicklung der Distraktoren

Die physikalischen Fragebögen lieferten die ersten Ergebnisse die jedoch für die Entwicklung von Distraktoren noch ungeeignet waren, da man einerseits bei einem Fragebogen nicht immer davon ausgehen kann, dass sich die ProbandInnen wirklich ausreichend und gewissenhaft mit der Fragestellung auseinandergesetzt haben, bzw. die Frage vielleicht ganz anders verstanden wurde und andererseits bleibt bei den unterschiedlichsten Antwortkombinationen immer noch ein großer Spielraum für Interpretationen.

Um diese Unsicherheiten zu minimieren, wurden die Interviews herangezogen. Hier wurde zuerst überprüft, ob die Fragen richtig verstanden wurden, danach wurden die Testpersonen aufgefordert die Antworten zu begründen und nötigenfalls – wieder mit einer Begründung – zu revidieren. Dabei wurden den SchülerInnen immer wieder Verständnisfragen gestellt, die sich aus ihren bereits gegebenen Antworten ergaben. Diese Antworten waren nun für die Entwicklung der Distraktoren äußerst hilfreich, da sich dabei die vorhandenen Fehlvorstellungen identifizieren ließen. Jedoch war nicht nur die Identifikation der Schülervorstellung von Bedeutung, sondern auch die genaue Wortwahl bei der Beschreibung dieser. So wurden in weiterer Folge Teile der transkribierten Interviews als Bausteine für die Distraktoren verwendet, um diese in der Sprache der SchülerInnen zu formulieren und damit für diese verständlicher zu machen.

Es wurde für alle gefundenen Präkonzepte versucht wortwörtliche Erklärungen aus den Interviews zu sammeln. Ich erhielt für jedes Konzept einige mehr oder weniger gut verwertbare Aussagen, die dann entweder Wort für Wort, durch Kombination mehrerer Aussagen oder durch leichte Änderungen einer oder mehrerer Wortmeldungen zu Distraktoren entwickelt wurden. Hier die Ergebnisse:

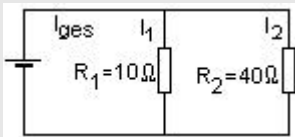
5a	Betrachte den Schaltkreis rechts. Nun wird der Widerstand $R_2 = 40\Omega$ durch einen Widerstand von 50Ω ersetzt. Der Widerstand R_1 bleibt unverändert.			
	Wie verhalten sich dann die Ströme I_1 , I_2 und I ?			
	Die Stromstärke I_1 ...	Die Stromstärke I_2 ...	Die Stromstärke I_{ges} ...	
<input type="checkbox"/>	wird größer	<input type="checkbox"/>	wird größer	
<input type="checkbox"/>	wird kleiner	<input type="checkbox"/>	wird kleiner	
<input type="checkbox"/>	bleibt gleich	<input type="checkbox"/>	bleibt gleich	
5b	Wie erklärst du deine Entscheidung?			
<input type="checkbox"/>	Durch eine Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert. Daher werden I_2 und I_{ges} verringert. Da R_1 unverändert bleibt, bleibt auch I_1 gleich.			
<input type="checkbox"/>	Durch eine Erhöhung von R_2 werden I_1 und I_2 verringert und in Folge auch der Gesamtstrom I_{ges} .			
<input type="checkbox"/>	Eine Batterie liefert immer die gleich Stromstärke wodurch sich bei einer Erhöhung von R_2 an den Strömen I_1 , I_2 und I_{ges} nichts ändert.			
<input type="checkbox"/>	Ein großer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleiner. Durch die Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert, wodurch I_2 und I_{ges} ansteigen. I_1 bleibt gleich groß da sich R_1 nicht ändert.			
<input type="checkbox"/>	Wenn R_2 vergrößert wird fließt weniger Strom durch ihn hindurch und I_2 wird kleiner. Daher muss mehr Strom über R_1 fließen, weshalb sich I_1 vergrößert.			

Abb. 39: Zweistufiges Test-Item 5

Die einzelnen Distraktoren beschreiben folgende, bei diesem Beispiel am häufigsten aufgetretene, Schülervorstellungen (In den Klammern werden die für die Konzepte typischen Antwortkombinationen wiedergegeben.):

- Distraktor 1: richtiges Widerstandskonzept (5a322b1)
- Distraktor 2: Vergrößerung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Ströme (5a222b2)
- Distraktor 3: Batterie als konstante Stromquelle (5a333b3)
- Distraktor 4: inverses Widerstandskonzept (5a311b4)
- Distraktor 5: Staukonzept (5a123b5)

Interviewbausteine als Ausgangspunkt der Distraktorentwicklung

Die oben angeführten Distraktoren wurden mit Hilfe der Interviews formuliert. Textteile die aus den Interviews für die Entwicklung der Distraktoren verwendet wurden, sind unterstrichen dargestellt. Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 4.2.3 nachzulesen. Folgende Wortmeldungen wurden zur Entwicklung herangezogen:

- **Distraktor 1:** „Durch eine Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert. Daher werden I_2 und I_{ges} verringert. Da R_1 unverändert bleibt, bleibt auch I_1 gleich.“

Transkript 19: Beispielinterview 1 zu Distraktor 1 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
20	W 7A RUJO
Interviewer	Befragte/r
- Du hast hier behauptet, dass I_1 gleich bleibt. Warum glaubst du das?	- Naja, weil halt der Widerstand (R_1) gleich bleibt.
- Und was passiert dann mit I_2 ?	- <u>Der wird kleiner weil R_2 größer wird.</u>
- Bei I_{ges} hast du wieder gemeint, dass er kleiner wird. Warum das?	- I_{ges} setzt sich ja aus I_1 und I_2 zusammen. <u>Da I_2 kleiner wird muss auch I_{ges} kleiner werden.</u>

Transkript 20: Beispielinterview 2 zu Distraktor 1 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
21	NÖ 4C WIRO
Interviewer	Befragte/r
- Du hast bei diesem Beispiel angekreuzt, dass I_1 gleich bleibt, I_2 kleiner wird und I_{ges} auch kleiner wird. Wie bist du darauf gekommen?	- <u>Ja weil z.B. I_1 bleibt gleich weil R_1 gleich bleibt. R_2 wird größer, also wird I_2 kleiner. Und I_{ges} wird kleiner weil I_2 kleiner wird.</u>

- **Distraktor 2:** „Durch eine Erhöhung von R_2 werden I_1 und I_2 verringert und in Folge auch der Gesamtstrom I_{ges} .“

Transkript 21: Beispielinterview 1 zu Distraktor 2 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
22	W 4C JUCH
Interviewer	Befragte/r
- Hier hast du angegeben, dass alle drei Ströme kleiner werden. Warum denkst du ist da so?	- <u>Weil wenn R_2 größer wird, dann wird halt auch die gesamte Stromstärke kleiner.</u>
- Und was passiert mit I_1 ?	- Die wird auch kleiner.
- Und warum?	- Ja wegen dem Widerstand.
- Wegen welchem Widerstand.	- Wegen dem R_1 .
- R_1 ist aber vorher auch schon da und bleibt unverändert.	- <u>Ja aber wenn der eine Strom kleiner wird muss auch der andere kleiner werden.</u>

Transkript 22: Beispielinterview 2 zu Distraktor 2 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
23	W 4C VAGE
Interviewer	Befragte/r
- Du sagst, dass der I_{ges} größer wird. Weshalb?	- Ah nein, die wird kleiner.
- Warum?	- <u>Weil der Gesamtwiderstand größer wird.</u>
- Warum wird der Gesamtwiderstand größer?	- <u>Naja weil R_2 größer wird.</u>
- Und was passiert mit I_2 ?	- I_2 wird auch kleiner wegen dem größeren R_2 .
- I_1 hast du gemeint bleibt gleich. Warum?	- Nein, I_1 wird auch kleiner.
- Warum?	- Naja weil der Widerstand.... Hm. <u>Weil I_{ges} verkleinert wird und das wirkt sich auf I_1 natürlich aus.</u>

Transkript 23: Beispielinterview 3 zu Distraktor 2 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
24	W 7B JEIV
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier gemeint, dass I_1 gleich bleibt. Warum? - Sind I_1 und I_2 gleich groß? - Du sagst I_2 wird kleiner. Warum? - Und I_{ges} wird kleiner sagst du. Warum? 	<ul style="list-style-type: none"> - Das ist falsch weil ich denke, dass in einem geschlossenen Stromkreis nicht unterschiedliche Ströme sein können. - Ja. Müssen sie ja. - Weil durch den größeren Widerstand (R_2) die Stromstärke kleiner wird. - <u>Weil durch den Widerstand (R_2) die Stromstärken kleiner werden und dadurch wird die gesamte Stromstärke kleiner.</u>

- **Distraktor 3:** „Eine Batterie liefert immer die gleich Stromstärke wodurch sich bei einer Erhöhung von R_2 an den Strömen I_1 , I_2 und I_{ges} nichts ändert.“

Transkript 24: Beispielinterview 1 zu Distraktor 3 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
25	NÖ 4C URGO
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier gemeint, dass alle drei Ströme gleich bleiben. Warum denkst du ist das so? 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Naja. Es ist ja dieselbe Batterie wie vorher. Und deshalb ändert sich auch nicht die Elektronenzahl die die Batterie abgibt. Die Elektronenzahl ist ja die Stromstärke. Naja und deshalb muss da alles gleich bleiben.</u>

- **Distraktor 4:** „Ein großer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleiner. Durch die Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert, wodurch I_2 und I_{ges} ansteigen. I_1 bleibt gleich groß da sich R_1 nicht ändert.“

Transkript 25: Beispielinterview 1 zu Distraktor 4 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
26	NÖ 4C HEMA
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gemeint, dass I_1 gleich bleibt. Warum? - Und was passiert mit I_{ges}? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil sich ja nur bei R_2 was ändert und nicht bei R_1. - <u>Weil der R_2 größer wird braucht man hier mehr Strom. Deswegen wird I_2 größer.</u> - <u>Wird auch größer weil I_2 größer wird.</u>

Transkript 26: Beispielinterview 2 zu Distraktor 4 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
27	NÖ 4C ILCH
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Hier hast du gesagt, dass der I_1 gleich bleibt. Warum? - Der I_2 wird größer, sagst du. Warum? - Und warum? - Was bleibt hängen? - <i>Interviewer:</i> Und warum wird I_{ges} größer laut deiner Aussage? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ja weil der Strom schon vorher aufgeteilt wird und der größere R_2 betrifft nur I_2. - <u>Ja weil da mehr Strom sein muss glaub ich.</u> - <u>Weil mehr hängen bleibt beim größeren Widerstand als vorher.</u> - Naja die Ladungen halt. Der Strom. - <u>Ja weil I_2 größer wird.</u>

- **Distraktor 5:** „Wenn R_2 vergrößert wird fließt weniger Strom durch ihn hindurch und I_2 wird kleiner. Daher muss mehr Strom über R_1 fließen, weshalb sich I_1 vergrößert.“

Transkript 27: Beispielinterview 1 zu Distraktor 5 von Item 5

Transkript Nr.	Interview Code
28	NÖ 4C ERCH
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier gesagt, dass I_1 gleich bleibt, I_2 kleiner wird und I_{ges} auch gleich bleibt. Wie bist du da vorgegangen? 	<ul style="list-style-type: none"> - Hm. Aufgrund weil ich hier..... <u>Vorher hatte ich hier 40 Ohm und nachdem ich 50 Ohm eingesetzt habe, habe ich gedacht, dass dann etwas mehr Strom dann halt über den anderen Widerstand (R_1) fließen könnte. Also müsste meiner Meinung nach über R_1 etwas mehr drüber fließen und weil hier dann weniger fließt (I_2) bleibt dann insgesamt (I_{ges}) gleich.</u>

Neben einer vertiefenden Untersuchung des Widerstandskonzeptes war es mir zusätzlich noch ein Anliegen, die Fehlvorstellungen, die bei der Unterscheidung von Serien- und Parallelstromkreisen auftreten zu beleuchten. Dazu wurden, wie bei Item 5(_u), die Items die sich mit diesem Thema beschäftigen (2 und 3) weiter bearbeitet und wiederum Distraktoren in der gleichen Weise wie oben beschrieben entwickelt. Die Items 2(_u) und 3(_u) wurden dabei zu einem Item zusammengefasst und sehen nun mit der zweiten Stufe wie folgt aus:

2/3a		Betrachte die unten angeführten Stromkreise und gib an ob deren Widerstände parallel oder in Serie zu einander geschaltet sind.	
Schaltkreis 1		Schaltkreis 2	
<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung
<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung
Schaltkreis 4		Schaltkreis 5	
<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung
<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung	<input type="checkbox"/> Parallelschaltung
2/3b		Wie erklärst du dir deine Entscheidung?	
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung hat der Strom mindestens zwei Möglichkeiten durch den Stromkreis zu fließen. Die Widerstände müssen dabei nicht parallel zueinander angeordnet sein.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein und sie müssen sich in einem extra Schaltkreis befinden.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Serienschaltung gibt es keine Verzweigungen.		

Abb. 40: Zweistufiges Test-Item 2/3

Die einzelnen Distraktoren beschreiben folgende, bei diesem Beispiel am häufigsten aufgetretene, Schülervorstellungen (In den Klammern werden die für die Konzepte typischen Antwortkombinationen wiedergegeben.):

- Distraktor 1: richtiges Konzept (2/3a222122b1)
- Distraktor 2: Wenn die Widerstände parallel zueinander angeordnet sind, liegt eine Parallelschaltung vor (2/3a221221b2).
- Distraktor 3: Bei Parallelschaltungen müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein und zusätzlich müssen sie sich in einer eigenen Schlaufe befinden (2/3a211211b3).
- Distraktor 4: richtiges Konzept. Bei einer Serienschaltung gibt es keine Verzweigungen (2/3a122122b4).

Interviewbausteine als Ausgangspunkt der Distraktorenentwicklung

Die oben angeführten Distraktoren wurden mit Hilfe der Interviews formuliert. Textteile die aus den Interviews für die Entwicklung der Distraktoren verwendet wurden, sind unterstrichen dargestellt. Die Transkriptionsregeln sind in Kapitel 4.2.3 nachzulesen. Schaltkreise 1-3 wurden von Item 2, Schaltkreise 4-6 aus Item 3 entnommen. Folgende Wortmeldungen wurden zur Entwicklung herangezogen:

- **Distraktor 1:** *„Bei einer Parallelschaltung hat der Strom mindestens zwei Möglichkeiten durch den Stromkreis zu fließen. Die Widerstände müssen dabei nicht parallel zueinander angeordnet sein.“*

Transkript 28: Beispielinterview 1 zu Distraktor 1 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
29	W 4B INAD / 2
Interviewer	Befragte/r
- Du glaubst hier, dass alle drei Schaltkreise Parallelschaltungen sind. Wie erkennst du Parallelschaltungen und warum glaubst du sind hier alle drei parallel geschaltet?	- Also man erkennt die indem man die Batterie, also das ein Schaltkreis allein mit nur einem Widerstand möglich wäre. Also wenn man da (Schaltkreis 1) einen Widerstand ausklinken würde, würde der andere Widerstand immer noch leuchten, also wenn es eine Lampe wäre. Das ist hier bei allen drei Schaltkreisen so.
- Aber die Widerstände sind hier nicht immer parallel zueinander angeordnet. Ist da egal.	- <u>Ja.</u>

Transkript 29: Beispielinterview 2 zu Distraktor 1 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
30	W 7A DADI / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst hier, dass alle drei Schaltkreise eine Parallelschaltung zeigen. Woran erkennst du das? - Und das ist dann ein Parallelstromkreis? - Aber es sind nicht alle Widerstände parallel zueinander angeordnet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es sind die Widerstände nicht hintereinander sondern nebeneinander. <u>Das heißt der Strom hat immer zwei Möglichkeiten da durchzufließen.</u> - Ja. - Das <u>ist</u> wurscht.

Transkript 30: Beispielinterview 3 zu Distraktor 1 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
31	W 7B JEIV / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst hier, dass alle drei Stromkreise Parallelstromkreise sind. Woran siehst du das? - Müssen bei einem Parallelstromkreis die Widerstände zueinander angeordnet sein? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil der Strom nicht zuerst durch den einen und dann durch den anderen fließt. Er fließt durch beide gleichzeitig. <u>Er kann sich ja quasi den Weg aussuchen.</u> - <u>Nein.</u>

- **Distraktor 2:** „Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein.“

Transkript 31: Beispielinterview 1 zu Distraktor 2 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
32	W 4A MAZV / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast hier gesagt, dass der erste und der zweite Stromkreis eine Parallelschaltung ist. Woran hast du das erkannt? - Was parallel? - Und beim dritten Schaltkreis? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weiß nicht. Parallel..... - Naja <u>die Widerstände sind da halt parallel.</u> - Da sind sie nicht parallel. Das ist ja dann auch keine Parallelschaltung.

Transkript 32: Beispielinterview 2 zu Distraktor 2 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
33	W 7A GAGE / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt, dass Schaltkreis 1 und Schaltkreis 2 Parallelstromkreise sind. Woran glaubst du das erkannt zu haben? - Und warum glaubst du dann, dass die beiden Parallelschaltungen sind? - Ok aber was kommt dir die bei den ersten zwei nicht komisch vor? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ich hab eigentlich keinen Plan wie eine Parallelschaltung aussieht. - Weil mir der dritte Schaltkreis komisch vorkommt. - <u>Naja, weil da die Widerstände so schön parallel sind. Deshalb glaub ich sind die Parallelstromkreise.</u>

Transkript 33: Beispielinterview 3 zu Distraktor 2 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
34	W 4C JUCH / 3
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Schaltkreis 2 ist eine Parallelschaltung bei den anderen zwei hast du noch keine Antwort gegeben. Was glaubst du sind die? - Was glaubst du. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Der dritte Schaltkreis ist keine Parallelschaltung weil die Widerstände nicht parallel sind.</u> Beim ersten war ich mir nicht ganz sicher ob die Widerstände zueinander oder zur Batterie parallel sein müssen. - Das erste wird wohl auch eine Parallelschaltung sein.

Transkript 34: Beispielinterview 4 zu Distraktor 2 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
35	W 4C GHHI / 3
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Beim ersten Schaltkreis hast du gesagt es ist eine Parallelschaltung, beim zweiten und dritten hast du nichts geantwortet. - Es gibt Serien- und Parallelschaltungen. - Woran hast du erkannt, dass es eine Serienschaltung ist? 	<ul style="list-style-type: none"> - Schaltkreis zwei ist auch parallel, beim dritten weiß ich den Namen nicht. - Dann ist es eine Serienschaltung. - Weil das in einem ist, also das ist nicht parallel. Es geht in einer Richtung zusammen, also es ist nicht parallel.

- **Distraktor 3:** „Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein und sie müssen sich in einem extra Schaltkreis befinden.“

Transkript 35: Beispielinterview 1 zu Distraktor 3 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
36	W 4A ALMA / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt der zweite Schaltkreis ist eine Parallelschaltung die anderen nicht. Weshalb? - Weißt du was einen Parallelstromkreis ausmacht? Kennst du den Unterschied zwischen einer Parallel- und einer Serienschaltung? - Nicht in einem Kreis? Wenn du dir die drei Schaltkreise anschaust. Was unterscheidet die drei Schaltkreise? Was würdest du sagen macht für dich den größten Unterschied aus? - Was sieht nicht parallel aus für dich? - Was? - Meinst du beim Parallelstromkreis müssen die Widerstände parallel sein oder hat das damit nichts zu tun? 	<ul style="list-style-type: none"> - Der sah irgendwie am ehesten wie der parallele Stromkreis aus den ich in Erinnerung hatte. - Ich glaube seriell da fließt der Strom in einem Kreis oder so ähnlich. Halt überall. Beim Parallelen nicht. - Naja hier, das das halt ein Stromkreis halt ist (Schaltkreis 2). Da sind es zwei (Schaltkreis 1). <u>Da gibt es einen extra Stromkreis beim ersten.</u> Und das finde ich komisch und das ist halt nicht parallel (Schaltkreis 3). - Ich weiß nicht. Die sind einfach nicht in einer Reihe geschaltet. - Ja die Widerstände mit der Batterie. - Ich <u>glaub schon.</u>

Transkript 36: Beispielinterview 2 zu Distraktor 3 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
36	W 7B MAGE / 2
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt, dass nur Schaltkreis eins eine Parallelschaltung ist. Warum? - Was muss man extra zeichnen? - Du siehst da also einen extra Stromkreis. Kannst du den bei den anderen Stromkreisen auch sehen? - Warum glaubst du ist der zweite Stromkreis keine Parallelschaltung? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ich glaube das hab ich so gelernt, dass man das so extra zeichnen muss. - <u>Naja einen extra Stromkreis. Wenns den gibt ist es eine Parallelschaltung.</u> - Nein. - Ich weiß nicht aber ich glaube der könnte in

<ul style="list-style-type: none"> - Und warum? - Was würde denn so ein extra Schaltkreis bewirken im Stromkreis? - Und wie schauts mit dem dritten Schaltkreis aus? - Warum? - Müssen die parallel sein? 	<p>Serie geschaltet sein.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Ja weil da der extra Schaltkreis fehlt.</u> - Keine Ahnung. - Der ist auch in Serie. - Naja da fehlt der extra Schaltkreis auch und außerdem sind die Widerstände nicht parallel. - <u>Ja.</u>
--	---

- **Distraktor 4:** „Bei einer Serienschaltung gibt es keine Verzweigungen.“

Transkript 37: Beispielinterview 1 zu Distraktor 4 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
37	W 4C HAHU / 3
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt der erste Schaltkreis ist eine Serienschaltung. Woran hast du das erkannt? - Und bei den anderen zwei? 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Weil es hier keine Verzweigungen gibt.</u> - Da gibt es Verzweigungen. Deshalb sind die anderen auch Parallelschaltungen.

Transkript 38: Beispielinterview 2 zu Distraktor 4 von Item 2/3

Transkript Nr.	Interview Code / verwendetes Item
38	W 4C TZJL / 3
Interviewer	Befragte/r
<ul style="list-style-type: none"> - Du sagst, Schaltkreis eins ist eine Serienschaltung. Warum? - Und das die Widerstände parallel zueinander stehen ist egal. - Wie schauts mit Schaltkreis 2 aus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Weils <u>da keine Verzweigungen gibt.</u> - Ja das is da egal. - Der hat Verzweigungen, der dritte auch. Die sind beide Parallelschaltungen.

Die erste Forschungsfrage kann somit positiv beantwortet werden. Es ist möglich mit Fragebögen und anschließenden Interviews zweistufige Test-Items zu entwickeln, die es erlauben die vorhandenen Schülervorstellungen zu identifizieren. Es wäre unter Umständen sogar möglich auf die Fragebögen zu verzichten, jedoch müsste man dann einen differenzierteren Leitfaden für die Interviews erstellen, der in diesem Fall durch den Fragebogen gegeben war. Die Dauer der Interviews würde sich dadurch verlängern, was einen großen Mehraufwand bei deren Transkription bedeuten würde. Die zweite Itemstufe gibt nun Klarheit über das bei der Lösung verwendete Präkonzept, was für die Zukunft die zeit- und arbeitsaufwendige Interviewführung unnötig macht und daher das Testinstrument immens aufwertet.

Forschungsfrage 2

Können aus der Untersuchung neue, noch nicht in der Literatur beschriebene, Fehlkonzepte für den elektrischen Widerstand gefunden werden?

Die aus der Literatur und aus Vorgängerstudien bekannten Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre (siehe Kapitel 2.1.2), traten bei der vorliegenden Studie bis auf das Konzept des lokalen Denkens, das mit den verwendeten Items nicht festzustellen ist, alle auf.

Ein Konzept, das in dieser Form in der Physik Fachdidaktik noch keine Erwähnung gefunden hat und bei der Untersuchung zum Vorschein kam, ist das von mir benannte „**Staukonzept**“. Es zeichnet sich durch die Vorstellung aus, dass sich der Strom, der bei diesem Konzept richtig als bewegte Ladungsträger verstanden wird, vor einem Widerstand quasi staut bzw. komprimiert wird, wodurch es im Bereich vor dem Widerstand zu einer Stromerhöhung kommt. Nach dem Widerstand können die Ladungsträger wieder expandieren, haben quasi mehr Platz und die Stromstärke nimmt in diesem Bereich ab. Der Widerstand, der für diese Vorgänge verantwortlich ist, fungiert in diesem Wirkungsgefüge wie ein Trichter dessen Öffnung bei einer Widerstandserhöhung verkleinert wird, wodurch es zur Stauung der Ladungsträger kommt. Als durchaus passende und in diesem Fall auch wortgebende Metapher kann hier der Verkehrsstau herangezogen werden, bei dem sich die Fahrzeuge vor einer Engstelle stauen. Die Stromstärke wird dabei als Ladungswolke mit einer bestimmten Dichte verstanden die sich vor der Engstelle (also vor dem Widerstand) vergrößert und danach wieder verkleinert.

Der gerade beschriebene Fall stellt das Staukonzept in seiner Reinform dar (siehe *Transkript 39* und *Transkript 40*). Es treten jedoch auch Vermischungen mit anderen Formen auf. So kann eine Zunahme der Stromstärke vor und eine Abnahme der Stromstärke nach einem Widerstand auch als Stromverbrauchsvorstellung oder als sequentielles Denken gedeutet werden. Ausschlaggebend für das Staukonzept ist der

Anstieg der Stromstärke vor dem Widerstand bei einer Widerstandserhöhung. Eine weitere Mischform des Staukonzeptes zeigt sich bei Parallelschaltungen. Hier vermischt sich das Konzept mit dem des Weges des geringsten Widerstandes. Dabei wird zunächst richtig davon ausgegangen, dass eine höhere Stromstärke über den niedrigeren Widerstand läuft. Wird nun ein Widerstand erhöht kommt das Staukonzept zum Vorschein. Es wird fälschlicherweise angenommen, dass derselbe Strom von der Batterie abgegeben wird wie vor der Widerstandserhöhung (Batterie als konstante Stromquelle). Da sich vor dem erhöhten Widerstand die Ladungen stauen, versuchen sie nun einen anderen Weg (Umfahrung) zu suchen und laufen zusätzlich über den nicht veränderten Widerstand (siehe *Transkript 41*). Auch hier passt die Metapher des Verkehrsstaus sehr gut, da auch wir bei einem Stau versuchen diesen zu umfahren.

Das hier beschriebene Staukonzept in seiner Reinform konnte aufgrund der Fragestellung nur bei Test-Item 1(_u) festgestellt werden, die Mischform bei Test-Item 5(_u). Durch folgende Interviews kann es belegt werden:

Transkript 39: Interview 1 zum Staukonzept (Reinform)

Transkript Nr. / Test-Item	Interview Code	Beschriebenes Konzept
39 / 1_u	W 7A ALRO	Staukonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Was stellst du dir unter einem elektrischen Widerstand vor? - Und was passiert dann mit dem Strom? - Beim ersten Beispiel hast du geantwortet, dass der Strom vor dem Widerstand größer wird. Warum glaubst du ist das so? - Wie meinst du das? Wie bereitet er sich darauf vor? - Warum wird dann der Strom nach dem Widerstand kleiner? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ja der Strom fließt und auf einmal kommt irgendein Hindernis. - Er wird schwächer. - Weil der Strom vielleicht merkt, dass der Widerstand kommt und er bereitet sich darauf vor. - Naja, er wird halt größer damit er über das Hindernis kommt. - Weil er vom Widerstand geschwächt wird. 	<ul style="list-style-type: none"> - Widerstand wird als Hindernis für den Strom verstanden - Testperson versteht Stromkreis als zusammenhängendes System. - Der Strom wächst vor dem Widerstand und ihn (=Hindernis) zu überwinden (Staukonzept). - Widerstand verbraucht den Strom (Stromverbrauchsvorstellung)

Transkript 40: Interview 2 zum Staukonzept (Reinform)

Transkript Nr. / Test-Item	Interview Code	Beschriebenes Konzept
40 / 1_u	NÖ 4A DOMA	Staukonzept
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast gesagt, dass der Strom vor dem Widerstand größer wird und nach ihm kleiner. Warum denkst du ist das so? - Was meinst du mit manche sind erschöpft oder tot? 	<ul style="list-style-type: none"> - Weil einfach nach dem Widerstand manche erschöpft oder tot sind. - Naja, es gibt z.B. schwächere und stärkere Stromteilchen. Die schwächeren Stromteilchen schaffen es halt nicht über den Widerstand drüber zu kommen und sind dann tot. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dem Strom wird eine Kraft zugeschrieben. - Starke Stromteilchen schaffen es über den Widerstand, die schwachen nicht. Sie sterben dann.

Transkript 41: Interview 3 zum Staukonzept (Mischform)

Transkript Nr. / Test-Item	Interview Code	Beschriebenes Konzept
41 / 5_u	NÖ 4C ERCH	Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle
Interviewer	Befragte/r	Bedeutung
<ul style="list-style-type: none"> - Du hast bei diesem Beispiel angegeben, dass I_1 gleich bleibt, I_2 kleiner wird und I_{ges} auch gleich bleibt. Wie bist du da vorgegangen? 	<ul style="list-style-type: none"> - Ahm. Vorher hatte ich hier 40 Ohm und nach dem ich hier 50 Ohm eingesetzt habe, habe ich gedacht, dass dann etwas mehr Strom über den 10 Ohm Widerstand fließen könnte. Also müsste meiner Meinung nach über den 10 Ohm etwas mehr drüber fließen und weil hier (über R_2) dann weniger fließt bleibt das dann gleich insgesamt. 	<ul style="list-style-type: none"> - Der Strom staut sich vor dem erhöhten Widerstand und nimmt deshalb den Weg des geringeren Widerstandes (Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes). - Teilströme gleichen sich aus -> Gesamtstrom bleibt gleich (Batterie als konstante Stromquelle)

Forschungsfrage 3

Haben Motivation und Selbstbild der Schülerinnen und Schülern Einfluss auf ihre alternativen Konzepte?

In Kapitel 6.2 wurde eine detaillierte Analyse der Ergebnisse des Motivationsfragebogens vorgenommen. Dabei wurden die Auswirkungen der unterschiedlichen, vom Motivationsfragebogen erhobenen Indizes, auf die Testergebnisse dargestellt. Folgende Betrachtung nimmt nun den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Motivationsfragebogens und der gewählten Konzepte in den Fokus.

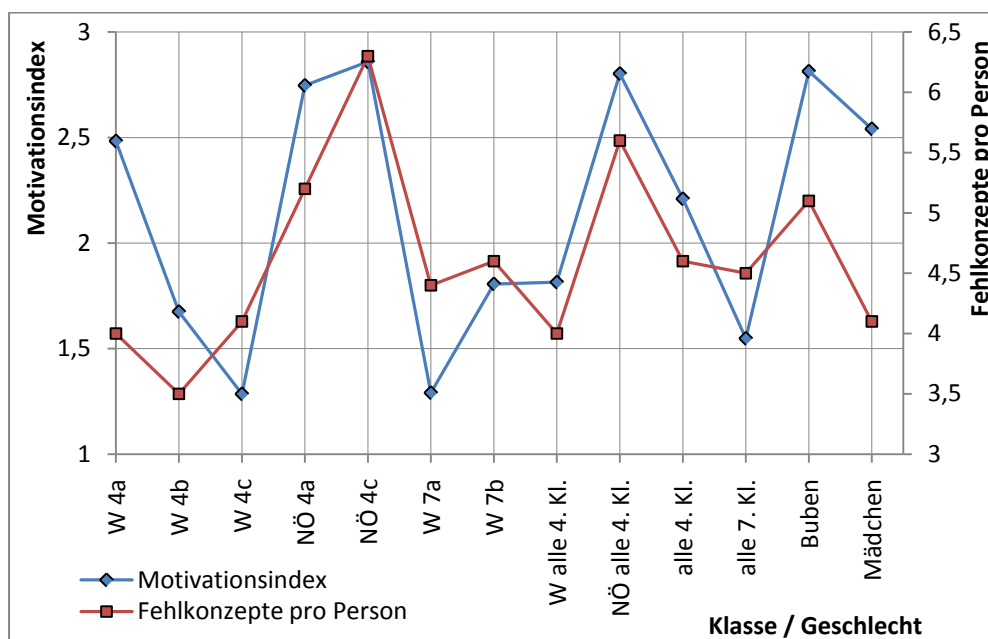


Abb. 41: Zusammenhang SchülerInnenmotivation und Häufigkeit der gewählter Fehlkonzepte bei Item 1_u, 4b_u und 5_u

Oben stehendes Diagramm zeigt, wie oft die Kinder in den einzelnen Klassen zur Beantwortung der Items 1_u, 4b_u und 5_u im Durchschnitt auf Fehlkonzepte zurückgegriffen haben (rote Graph, rechte Ordinate) und setzt diese Werte in Bezug zu den zugehörigen Werten des Motivationsindex (blauer Graph, linke Ordinate). Es können bei jedem Item mehrere Fehlkonzepte zur gleichen Zeit auftauchen, weshalb die Werte für die Fehlkonzepte pro Person überhaupt über dem Wert von 3 liegen können. Auf der Abszisse sind die verschiedenen Untergruppen aufgetragen. Für diese Untersuchung wurden nur die Daten von jenen 36 Testpersonen untersucht, die alle drei Items vollständig ausgefüllt haben.

Die Interpretation von *Abbildung 41* liefert interessante Ergebnisse. Es zeigt sich, dass die Verläufe der beiden Kurven mit einander korrelieren, jedoch nicht in der angenommenen Art und Weise. Es wäre zu erwarten, dass je höher der Motivationsindex der SchülerInnen ist, desto weniger Fehlkonzepte zur Anwendung kommen. Es zeigt sich aber genau das Gegenteil. Umso motivierter die Testpersonen sind desto mehr Fehlkonzepte verwenden sie. Führt man diesen Vergleich auf der Einzelpersonenebene

durch, erhält man jedoch für die Regressionsgeraden der Werte von den Buben und den Mädchen, R^2 -Werte um 0,001, was eindeutig jeden statistischen Zusammenhang ausschließt.

Auf den ersten Blick würde man bei folgender Abbildung ebenfalls einen Zusammenhang erwarten:

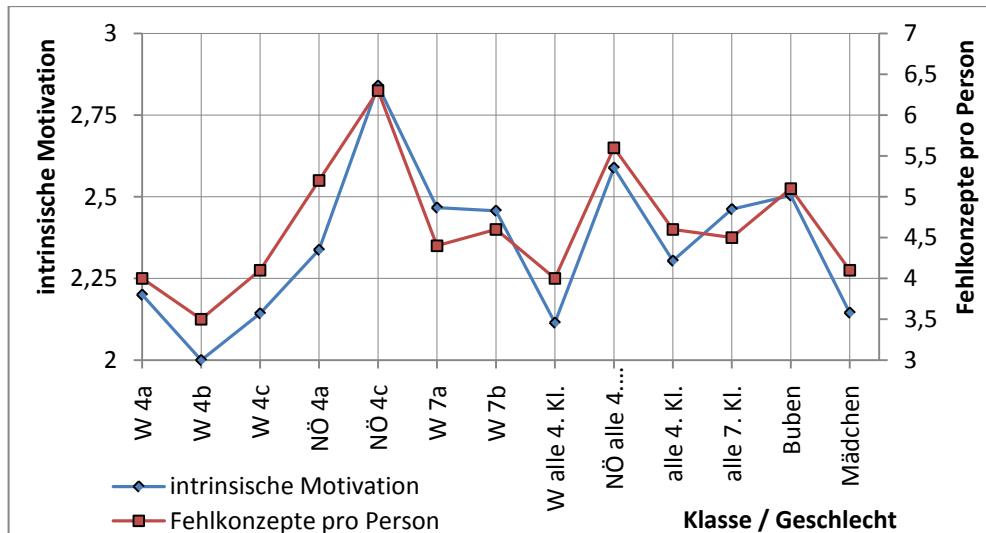


Abb. 42: Zusammenhang intrinsischer Motivation und Häufigkeit der gewählter Fehlkonzepte bei Item 1_u, 4b_u und 5_u

Oben stehendes Diagramm zeigt, wie oft die Kinder in den einzelnen Klassen zur Beantwortung der Items 1_u, 4b_u und 5_u im Durchschnitt auf Fehlkonzepte zurückgegriffen haben (rote Graph, rechte Ordinate) und setzt diese Werte in Bezug zu den zugehörigen Werten der intrinsischen Motivation (blauer Graph, linke Ordinate). Es können bei jedem Item mehrere Fehlkonzepte zur gleichen Zeit auftauchen, weshalb die Werte für die Fehlkonzepte pro Person überhaupt über dem Wert von 3 liegen können. Auf der Abszisse sind die verschiedenen Untergruppen aufgetragen. Für diese Untersuchung wurden nur die Daten von jenen 36 Testpersonen untersucht, die alle drei Items vollständig ausgefüllt haben.

Abbildung 42 lässt einen starken Zusammenhang zwischen den Attributen der intrinsischen Motivation und der Anzahl der verwendeten Fehlkonzepte bei Item 1_u, 4b_u und 5_u vermuten. Wie schon bei dem vorhergehenden Vergleich entspricht auch der Zusammenhang nicht dem erwarteten Ergebnis. Auch hier nimmt die Anzahl der Fehlkonzepte mit der Motivation zu.

Eine Betrachtung auf der Einzelpersonenebene zeigt jedoch sehr klar, dass auch hier kein Zusammenhang zwischen den beiden Attributen besteht. Der R^2 -Wert für die Regressionsgerade der Werte der Buben beträgt 0,11 während der der Mädchen mit 0,0009 noch tiefer liegt.

Alle weiteren Analysen führten zu keinen deutlicheren Ergebnissen als diese. Weder dem schulischen noch dem physikalischen Selbstbild und auch nicht den anderen Skalen kann eine Auswirkung auf die Wahl der Konzepte nachgewiesen werden. Es zeigt sich somit, dass dieses Testdesign keine Zusammenhänge zwischen der Motivation bzw. der Einstellung der SchülerInnen und deren Wahl der Konzepte auffinden kann.

Forschungsfrage 4

Hat die Klassenzugehörigkeit bzw. die Lehrperson Einfluss auf die alternativen Konzepte von Schülerinnen und Schülern?

Die Ausarbeitung der 3. Forschungsfrage machte deutlich, dass zwischen Motivation und Selbstbild einzelner SchülerInnen und deren alternativen Konzepten kein signifikanter Zusammenhang besteht. Es stellt sich nun die Frage, ob der Unterricht selbst die Schülerkonzepte beeinflusst. Der Unterricht und dessen Inhalte und Methoden werden maßgeblich von der Lehrkraft geprägt, weshalb die Untersuchung der einzelnen Klassen, durch eine Analyse auf LehrerInnenbasis ausgeweitet wurde. Wie aus der Beschreibung der Stichprobe ersichtlich (siehe Kapitel 4.2.2), wurden die Testpersonen von drei verschiedenen Lehrern unterrichtet. Unten stehende Abbildung 43 zeigt, wie oft die verschiedenen Präkonzepte von den SchülerInnen der einzelnen Lehrer angewandt wurden.

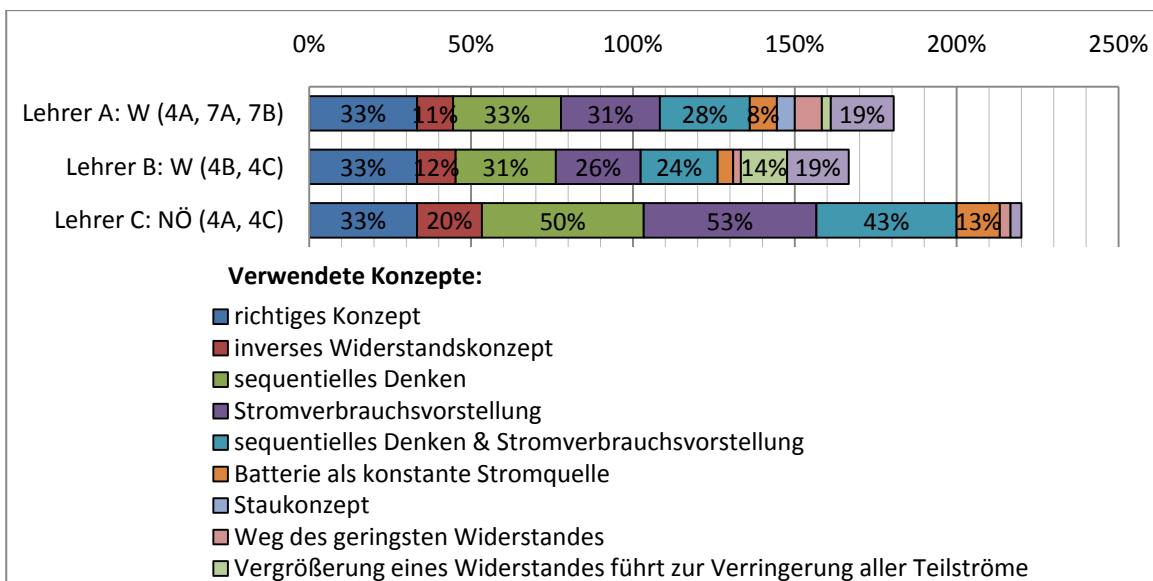


Abb. 43: Anwendungswahrscheinlichkeit der Konzepte bei den Items 1_u, 4b_u und 5_u

Oben stehendes Diagramm zeigt, auf der Betrachtungsebene der Lehrer, mit welcher Wahrscheinlichkeit ihre SchülerInnen die unterschiedlichen Konzepte zur Lösung der Widerstands-Items herangezogen haben. Da immer wieder mehrere Konzepte parallel verwendet wurden summieren sich die Teilwahrscheinlichkeiten auf einen Wert > 100%.

Abbildung 43 zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Konzepthäufigkeiten, die bei den SchülerInnen der einzelnen Lehrer auftreten. Während die Werte der beiden Wiener Schulen (Lehrer A und Lehrer B) ähnlich sind, sind zu den Ergebnissen der Klassen von Lehrer C signifikante Unterschiede zu erkennen. Die ProbandInnen von Lehrer C wenden alternative Konzepte insgesamt häufiger an als die anderen Teilgruppen (vgl. Balkenlängen in Abb. 43). Besonders auffällig kommt dies beim sequenziellen Denken, bei der Stromverbrauchsvorstellung und deren Kombination zum Ausdruck. Deren Anteile liegen bei Lehrer C um etwa 20% über jenen der beiden anderen Lehrer. Auch das

inverse Widerstandskonzept kommt bei den SchülerInnen von Lehrer C öfter vor. Das von mir gefundene und formulierte Staukonzept trat nur bei SchülerInnen von Lehrer A auf. Interessant ist, dass die Anteile der alternativen Konzepte keinen Einfluss auf den Anteil der richtigen Konzeptwahl zu haben scheint. Bei allen drei Teilgruppen wurde das richtige Konzept in Relation gleich oft verwendet (33%).

Bereits Abbildung 42 lässt vermuten, dass zwischen der Zugehörigkeit zu einer Klasse und der Wahl der Präkonzepte ein Zusammenhang besteht. Auf der Schülerebene konnte dies allerdings bei der Ausarbeitung der dritten Forschungsfrage ausgeschlossen werden. Auf der Klassen- bzw. Lehrerebene lassen sich weitere Untersuchungen anstellen:

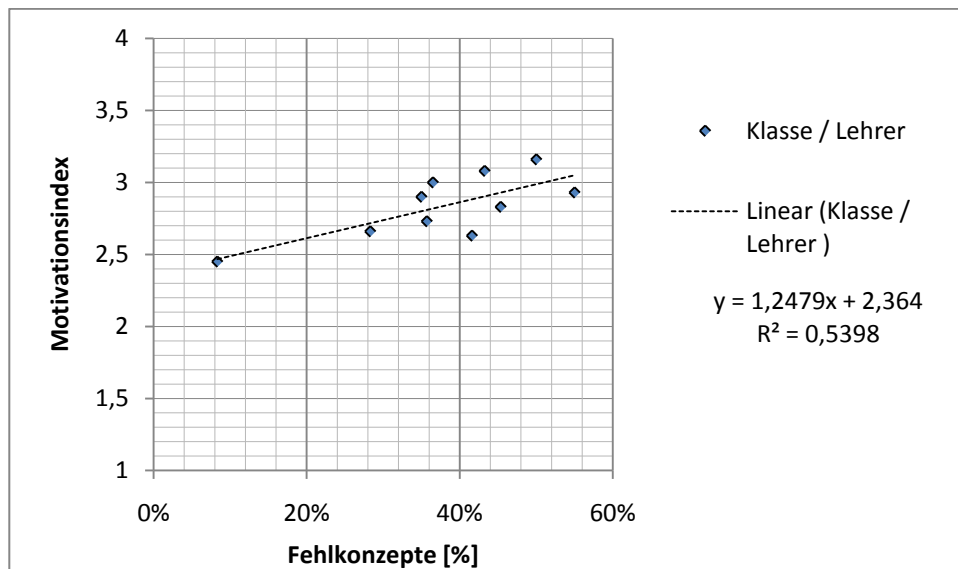


Abb. 44: Zusammenhang des Anteils angewandter Fehlkonzepte und des Motivationsindex auf Klassen- und Lehrerebene

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil angewandter Fehlkonzepte bei Interview-Item 1_u, 4b_u und 5_u (Abszisse) und den Werten des Motivationsindex (Ordinate) auf Klassen- und Lehrerebene. Zur Auswertung wurden die Ergebnisse der SchülerInnen herangezogen von denen ein Interview vorliegt (N=41).

Die Ergebnisse auf SchülerInnenebene zeigen keine klaren Ergebnisse und auch auf der Klassen- und Lehrerebene lassen sich noch keine klaren Zusammenhänge abbilden. Der bisher noch nicht erreichte R^2 -Wert von 0,54 zeigt aber, dass auf dieser Ebene zumindest ein größerer Zusammenhang besteht als auf der bisher untersuchten Schülerebene. Es fällt jedoch wieder auf, dass entgegen der Annahme, dass bei höherer Motivation weniger Fehlkonzepte zur Anwendung kommen, genau das Gegenteil der Fall ist (siehe Steigung der Regressionsgerade in Abb. 44).

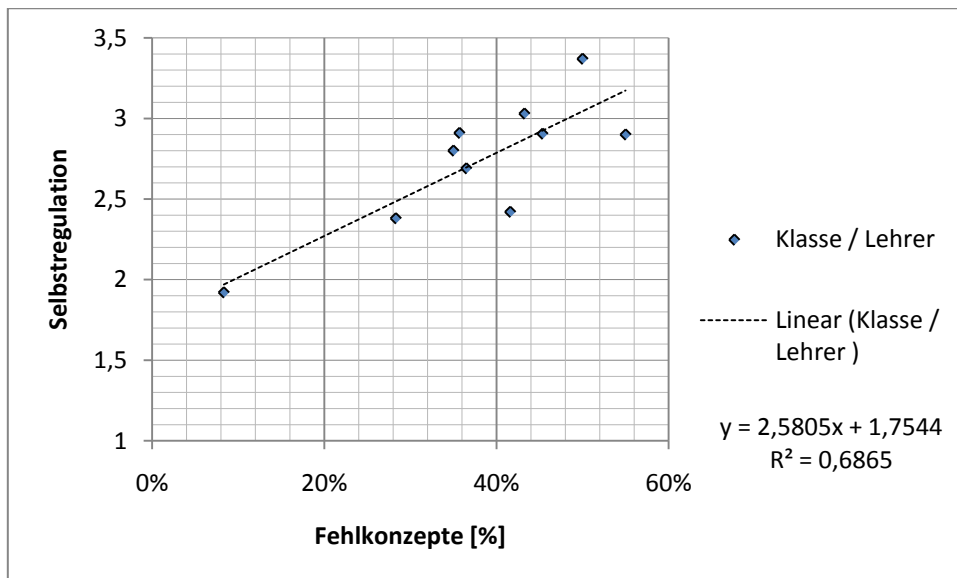


Abb. 45: Zusammenhang des Anteils angewandter Fehlkonzepte und des Selbstregulationsindex auf Klassen- und Lehrerebene

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil angewandter Fehlkonzepte bei Interview-Item 1_u, 4b_u und 5_u (Abszisse) und den Werten des Selbstregulationsindex (Ordinate) auf Klassen- und Lehrerebene. Zur Auswertung wurden die Ergebnisse der SchülerInnen herangezogen von denen ein Interview vorliegt (N=41).

Die in Abbildung 45 angelegte Regressionsgerade weist durch einen R^2 -Wert von 0,68 eine leichte Abhängigkeit der Variablen hin. Es können 68% der Varianz der Fehlkonzeptwerte durch den Selbstregulationsindex erklärt werden. Die Steigung der Geraden zeigt wiederum, dass ein höherer Wert für die Selbstregulation zu einem höheren Anteil an verwendeten Fehlkonzepten bei den Items 1_u, 4b_u und 5_u führt.

Weitere Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen dem Anteil an verwendeten Fehlkonzepten und anderen Indizes aus dem Motivationsfragebogen herzustellen versuchen, waren weniger erfolgreich. Folgende Tabelle gibt die R^2 -Werte und die Steigung der Regressionsgerade und damit die Qualität des Zusammenhangs zwischen den Variablen auf der Klassen- und Lehrerebene wieder:

Tabelle 17: Qualität des Zusammenhanges zwischen dem Anteil an verwendeten Fehl-konzepten und den Skalen des Motivations-fragebogens

Zusammenhang zwischen Anteil der verwendeten Fehlkonzepte und ...	Steigung	R ²
Motivationsindex	1,25	0,54
Selbstregulation	2,58	0,68
Schulisches Selbstkonzept	1,16	0,2
Physikalisches Selbstkonzept	1,8	0,34
Intrinsische Motivation	0,43	0,03
Selbstwirksamkeit	1,1	0,32
Konzentration und Ausdauer	1,11	0,16
Ergebniserwartung	0,84	0,28
Fachliche Zielorientierung	0,607	0,18

Oben stehende Tabelle gibt mit den Werten für die Steigung und Qualität (R²-Werte) der Regressionsgeraden, das Ausmaß der Zusammenhänge zwischen den angeführten Variablen wieder. Über einen leichten statistischen Zusammenhang spricht man in der Regel erst ab einem R²-Wert > 0,6.

Die stärksten Zusammenhänge ergeben sich beim Selbstregulationsindex und beim physikalischen Selbstbild (siehe *Tabelle 17*). Zwischen allen Skalen und dem Anteil der verwendeten Fehlkonzepte besteht ein positiver Zusammenhang (siehe positive Steigungswerte). Das bedeutet, dass wenn ein Skalenwert steigt auch der Anteil an den verwendeten Fehlkonzepten steigt.

Während auf der Schülerebene bei Forschungsfrage 3 keine klaren Zusammenhänge zwischen Motivation, Selbstbild usw. und den angewandten Fehlkonzepten hergestellt werden konnten, wurde nun klar, dass auf der Klassen und Lehrerebene diese Zusammenhänge, wenn auch nur im geringen Ausmaß bestehen. Der von der Lehrperson ausgehende Unterricht hat auf die Konzepte einen größeren Einfluss als das Selbstbild und die Motivation einzelner SchülerInnen. Diese Untersuchung unterstreicht erneut die Bedeutung der Unterrichtsqualität.

Forschungsfrage 5

Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Antwortrevisionen und Motivation und Selbstbild von SchülerInnen und Schülern?

Beim Interview hatten die Testpersonen die Möglichkeit ihre Antworten vom Fragebogen zu überdenken und gegebenenfalls zu revidieren. Wurde dies nicht gemacht kann man diese Entscheidung entweder damit begründen, dass sich die Person sicher ist die richtige Antwort gewählt zu haben, oder aber das sich die Person nicht sicher ist, sich jedoch nicht weiter mit der Problemstellung auseinandersetzen möchte. Dieses, sich mit einer Frage noch einmal beschäftigen wollen, sollte im Motivationsfragebogen herausgearbeitet werden können.

Dafür wurde die Zahl der Antwortrevisionen für jede Testperson ermittelt und mit den verschiedenen Indizes des Motivationsfragebogens in Beziehung gesetzt um zu untersuchen, ob zwischen einzelnen Variablen ein Zusammenhang erkennbar ist.

Insgesamt kam es bei den Interviews zu 86 Antwortrevisionen, was einen Durchschnitt von 1,91 Umentscheidungen pro Person ergibt. Die Unterschiede zwischen Buben und Mädchen sind mit 1,92 zu 1,9 zu vernachlässigen. Es wurden also die Antworten von beinahe zwei Items der 5 geändert.

Der Vergleich der Daten, für die Umentscheidungen mit den verschiedensten Skalen des Motivationsfragebogens brachte keine klaren Ergebnisse. Als einziges möchte ich hier den Vergleich mit dem allgemeinen Motivationsindex anführen (siehe *Abb. 46*).

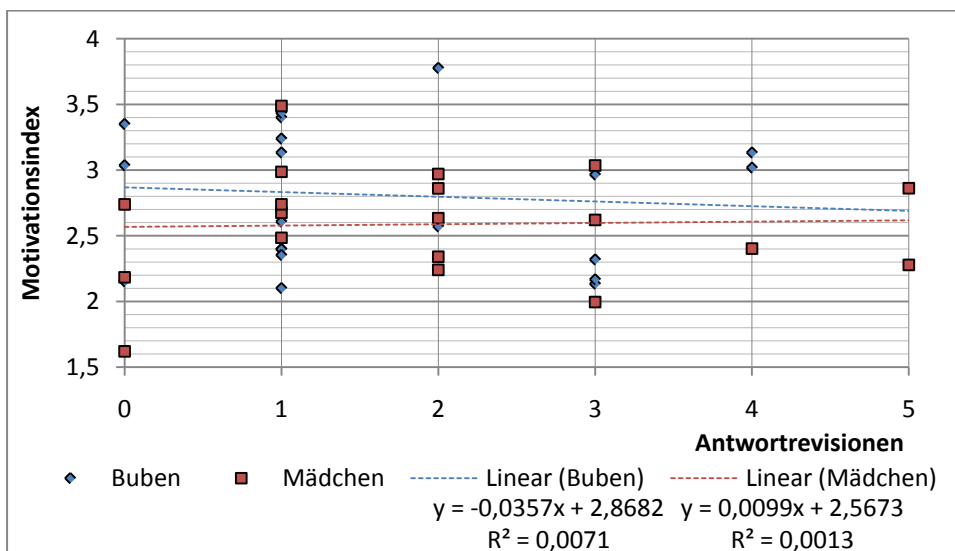


Abb. 46: Häufigkeit der Antwortrevisionen in Abhängigkeit zum Motivationsindex

Oben stehendes Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Zahl der Antwortrevisionen pro Person (Abszisse) und deren Motivationsindex (Ordinate). Es wurden die Daten von denjenigen SchülerInnen untersucht die Fragebogen und Interview absolvierten (N=41).

Die Werte der beiden Regressionsgeraden weisen auf keine Korrelation der Eigenschaften hin. Auch der Vergleich mit den Werten für Konzentration und Ausdauer, intrinsische Motivation, physikalisches und schulisches Selbstkonzept usw. brachten keine deutlichen Ergebnisse (siehe *Tabelle 18*).

Die niedrigen R^2 -Werte deuten darauf hin, dass kein Zusammenhang zwischen der Neigung die Antworten zu revidieren und der Motivation und dem Selbstbild der SchülerInnen bestehen.

Tabelle 18: Überblick über die Ergebnisse vom Vergleich der Antwortrevisionen mit den Skalen des Motivationsfragebogens

	Geschlecht	Steigung	R^2
Motivationsindex	m	- 3,6%	0,007
	w	+ 0,1%	0,0013
Intrinsische Motivation	m	- 5,1%	0,046
	w	+ 1,2%	0,0008
Konzentration und Ausdauer	m	+ 2,6%	0,004
	w	+ 12,1%	0,02
Physikalisches Selbstkonzept	m	+ 12,8%	0,038
	w	+ 0,3%	2E-05
Schulisches Selbstkonzept	m	- 6,5%	0,011
	w	+ 1,2%	0,0008
Ergebniserwartung	m	-2,3%	0,0023
	w	+5,3%	0,0155

Oben stehende Tabelle zeigt die Werte der Regressiongeraden die sich beim Vergleich der einzelnen Skalen mit den Werten der Antwortrevisionen ergeben. Die Steigungswerte geben an, um wie viel Prozent sich der jeweilige Skalenwert verändern würde wenn die Zahl der Antwortrevision um den Wert eins steigt. Der R^2 -Wert gibt das Ausmaß der Varianz der Werte wieder. Ist der Wert kleiner 0,6, so liegt kein statistischer Zusammenhang vor.

7.2 Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse

- Der Methodenmix aus Fragebögen und anschließender Interviewführung ermöglicht die Entwicklung einer zweiten Stufe der Fragebögen und der dazugehörigen Entscheidungsdistraktoren, die es ermöglichen Schülervorstellungen zu identifizieren. Diese zweite Fragebogenstufe macht die Durchführung von Interviews für zukünftige Studien unnötig, was zu einer immensen Zeitersparnis führt. Es ist jedoch auch in Zukunft darauf zu achten ob die ausgewählten Erklärungsdistraktoren zu den davor gegebenen Antworten der ersten Stufe passen. Erst dieser Abgleich gibt darüber Sicherheit, ob die gewählten Antworten auch mit dem angekreuzten Konzept übereinstimmen und nicht willkürlich angekreuzt wurde.

- Die vorliegende Arbeit konnte ein noch nicht in der Literatur behandeltes Fehlkonzept aufspüren. Beim „*Staukonzept*“, das beim elektrischen Widerstand zur Anwendung kommt, wird davon ausgegangen, dass sich der elektrische Strom wie bei einem Verkehrsstau, vor einem Hindernis (hier Widerstand) staut. Dadurch wird die Stromstärke vor dem Widerstand vergrößert. Nach dem Hindernis nimmt die Stromstärke wieder ab. Die hier erwähnte Reinform des Staukonzepts konnte nur 2-mal festgestellt werden und stellt somit eine Randerscheinung dar.
- Motivation und Selbstbild haben keinen signifikanten Einfluss auf die Fehlkonzepte einzelner SchülerInnen. Es zeigt sich bei allen im Motivationsfragebogen erhobenen Indizes, dass ein Anstieg dieser ebenso mit einem Zuwachs der angewandten Fehlkonzepte einhergeht. Dieses Ergebnis ist insofern überraschend, da ein Zuwachs dieser Indizes eine positive Entwicklung widerspiegelt. Demnach sollte dies zu einem besseren Ergebnis führen, was aber nicht zutrifft.
- Die Klassenzugehörigkeit und damit der Unterricht haben einen Einfluss auf die Fehlkonzepte der SchülerInnen. Es zeigt sich abermals, dass höhere Indexwerte aus dem Motivationsfragebogen zu mehr Fehlkonzepten führen. Die Anteile an richtig gegebenen Antworten werden durch den Unterricht weniger beeinflusst als die Wahl der alternativen Konzepte.
- Es konnte kein Einfluss von Motivation und Selbstbild auf das Auftreten von Antwortrevisionen festgestellt werden.
- Signifikante geschlechterspezifische Unterschiede sind weder beim Testerfolg noch bei der Zahl der Antwortrevisionen oder der Wahl der Fehlkonzepte zu erkennen. Einzig die Ergebnisse des Motivationsfragebogens lassen deutliche Abweichungen erkennen. So erzielen die Mädchen in den Kategorien fachliche Zielorientierung und Selbstregulation deutlich bessere Ergebnisse als die Buben. Auch ihr schulisches Selbstkonzept und ihr Notendurchschnitt sind, wenn auch nur knapp, besser als die ihrer Kollegen. Beim physikalischen Selbstkonzept und der intrinsischen Motivation weisen die Buben hingegen erheblich bessere, bei den Kategorien Ergebniserwartung und Konzentration und Ausdauer immer noch deutlich bessere Werte auf. Der Motivationsindex liegt insgesamt bei den Buben höher.

8 Folgerungen für die Schulpraxis

Durch die Weiterentwicklung des Testinstruments und die damit verbundene thematische Erweiterung, wurde ein weiterer Schritt getan, um den Einsatz eines umfangreiches Test- und Kontrollinstrument zur Elektrizitätslehre in der Schule zu implementieren. Die von dieser Arbeit behandelten Teilgebiete umfassen den elektrischen Widerstand, Parallel- und Serienschaltungen und das Erkennen eines Stromkreises als System. Für diese Bereiche kann das Kontrollinstrument in Zukunft eingesetzt werden. Weitere Test-Items, zu anderen Thematiken der Elektrizitätslehre, befinden sich zum Teil noch in der Entwicklung und können nach ihrer Fertigstellung mit den Test-Items dieser Arbeit zu einem umfassenderen Instrument ergänzt werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stellen in der Schulpraxis sowohl für Lehrkräfte als auch für SchülerInnen eine große Hilfe dar. Der Schulalltag ist oft sehr hektisch und lässt den LehrerInnen nur selten Zeit zu kontrollieren, ob und wie das Gelernte verstanden wird. Durch reguläre Tests erhält man in der Regel keine oder nur wenige Kenntnisse über die Vorstellungen die sich in den Köpfen der Lernenden manifestieren und Einzelgespräche, die hierfür mehr Klarheit schaffen würden, sind zeitintensiv und deshalb für den Unterricht nicht geeignet. Die Vorstellungen werden durch eine Vermischung des Unterrichts und den Alltagsvorstellungen geformt und sind genauso individuell wie die Alltagsvorstellungen selbst. Da die alternativen Konzepte zeitlich sehr resistent sind und oft in höhere Klassen mitgetragen werden, wirken sie sich bei der späteren Fortsetzung der Elektrizitätslehre negativ auf das Verständnis des neuen Stoffes aus. Deshalb sollten sie möglichst schnell identifiziert und mittels Interventionsmaßnahmen ausgemerzt werden.

Genau an diesem Punkt setzt unser Testinstrument an. Am Ende der Elektrizitätslehre sollte eine Evaluierung der Fehlkonzepte durch das Testinstrument angesetzt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung dienen dabei einerseits als Interventionskatalog um die jeweiligen Konzepte abzubauen, andererseits können sie als Quelle für etwaige Unterrichtsverbesserungen von der Lehrkraft herangezogen werden.

9 Bedeutung der Untersuchung für die eigene Berufspraxis

Bei der Datenerhebung in den Schulen wurde mir sehr schnell klar, dass SchülerInnen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre auf viele Schwierigkeiten stoßen. Die Schwierigkeiten ergeben sich jedoch zumeist nicht wegen der Komplexität des Stoffgebietes, sondern eher weil im Regelunterricht einfach die Zeit fehlt Verständnisschwierigkeiten einzelner SchülerInnen offenzulegen und darauf einzugehen. Ich hatte bei vielen Kindern den Eindruck es mit intelligenten lernwilligen SchülerInnen zu tun zu haben, doch selbst diese hatten oft die gleichen Probleme mit den Fragestellungen wie jene die keinen motivierten Eindruck bei mir hinterließen. Meine Arbeit unterstreicht diesen Eindruck da zwischen der Motivation und dem Selbstbild der Kinder kein signifikanter Zusammenhang mit dem Testergebnis oder den verwendeten Fehlkonzepten hergestellt werden konnte. Vor den Fehlkonzepten scheinen die SchülerInnen gleich zu sein.

Es stellte sich jedoch auch heraus, dass nicht nur Fehlkonzepte oder fehlendes Wissen für ein schlechtes Abschneiden beim Test verantwortlich sind. Viele Kinder - ob mit deutscher oder nicht-deutscher Muttersprache war dabei egal - hatten einfach große Probleme die Aufgabenstellung zu verstehen. Diese Schwäche bei der Lesekompetenz ist spätestens seit den PISA-Testergebnissen bekannt und stellt vermutlich in fast allen Unterrichtsfächern ein Problem dar. Diese Probleme konnten allerdings durch die Interviews beseitigt werden.

Ein weiteres Problem stellte die oft fehlende Motivation und Leistungsbereitschaft der Kinder dar. Viele verwechselten die Datenerhebung mit einer Freistunde, was es oft schwierig machte die Testpersonen zu motivieren. Besonders bei den Interviews war dies eine Hürde die nicht immer genommen werden konnte. Es kostete vielen SchülerInnen eine große Überwindung ihre Gedanken und Vorstellungen zu artikulieren und vor allem in einen Redefluss zu kommen. Viele waren nicht in der Lage einen grammatikalisch richtigen Satz zu bilden oder mehr als einsilbige Antworten zu geben.

Trotzdem schienen die meisten Testpersonen den Zweck meiner Befragung als durchaus sinnvoll und auch notwendig zu beurteilen, da die meisten selbst das Gefühl hatten auf diesem Gebiet sehr unsicher zu sein. Dabei schrieben sie den Themen der Elektrizitätslehre, nicht zuletzt wegen des täglichen Umgangs damit, große Bedeutung zu und deuteten in den Gesprächen immer wieder an, dass man sich da besser auskennen sollte als sie es tun. Die Interviewsituation selbst schien den meisten nicht unangenehm zu sein. Anfangs schämten sich einige für ihre vermeintlich schlechten Leistungen, was sich aber schnell als unnötig herausstellte. Im Laufe des Gesprächs wurden die meisten Testpersonen lockerer und merkten, dass ich nicht zum Meckern gekommen bin, sondern um ihnen zu helfen. Der Umgang mit den meisten Testpersonen war sehr locker, fast schon freundschaftlich und es gab immer wieder was zu lachen. Für meine, auf mich mit immer größeren Schritten zukommende, zukünftige Tätigkeit als Lehrer wäre, so denke ich, ein so kollegiales Verhältnis zu den SchülerInnen nicht passend.

Die Interviews boten mir einen tiefen Einblick in die Denkvorgänge der Testpersonen. Diese nachzuvollziehen stellte nicht immer eine leichte Aufgabe dar, war aber überaus

interessant und hilfreich für meine zukünftige Lehrtätigkeit. Ich stellte dabei fest, dass man der Täuschung des ersten Eindrucks widerstehen sollte und es wichtig ist Geduld zu üben. Erst wenn das Vertrauen zu den SchülerInnen aufgebaut ist, können sie frei von Ängsten ihre Gedanken preisgeben, was für die Untersuchung von großer Bedeutung war.

Das Testinstrument halte ich persönlich für eine große Hilfe für die erfolgreiche Vermittlung der Elektrizitätslehre, von der sowohl die Lehrkräfte als auch die SchülerInnen profitieren können. Ich selbst habe vor das Instrument in meinen zukünftigen Klassen anzuwenden und mich gegebenenfalls noch tiefer, möglicherweise in Form einer Dissertation, mit dem Thema zu beschäftigen. Zunächst wartet allerdings die aufregende Aufgabe des Unterrichtens auf mich, die ich kommenden Herbst in Angriff nehmen werde.

10 Literaturverzeichnis

AMELANG, M. & SCHMIDT-ATZERT, L. (2006): *Psychologische Diagnostik und Intervention*. Heidelberg: Springer-Verlag

Internetzugriff:

<http://www.springerlink.com/content/978-3-540-28462-8#section=463419&page=1>

[Stand 07.04.2011]

von AUFSCHNAITER, C. & S. (2005): *Von Lernervorstellungen zu Lernprozessen: Entwicklung und Relevanz prozessorientierter Forschungsprogramme in der Fachdidaktik*. In: WELLENSIEK, A., WELZEL, M., NOHL, T. (Hrsg.): *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo Vadis?* Berlin: Logos, S. 136

AUSUBEL, D.P. (1968): *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, and Winston

CHABAY, R. & SHERWOOD, B. (1995): *Electric & Magnetic Interactions*. New York: Wiley

DUIT, R. (2002a). *Alltagsvorstellungen und Physik lernen*. In: E. KIRCHER, SCHNEIDER (Hrsg.): *Physikdidaktik in der Praxis*. Berlin: Springer, S. 1-26

Internetzugriff:

http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/Alltagsvorstellungen_und_Physiklernen.pdf

[Stand 28.03.2011]

DUIT, R. (2002b): *Naturwissenschaftliches Wissen und Alltagstheorien*. In: NUISSL, E. (Hrsg.): *Wenn Wissenschaft mehr als Wissen schafft*. Bonn: Lemmens (u.a.), S. 128-130

ECKSTEIN, P. (2008): *Angewandte Statistik mit SPSS - Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*. 6. überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Gabler

Internetzugriff:

<http://www.gabler.de/Buch/978-3-8349-0823-0/Angewandte-Statistik-mit-SPSS.html>

[Stand 14.04.2011]

ENGELHARDT, P. V. & BEICHNER, R. J. (2004): *Students' understanding of direct current resistive electrical circuits*. In: *American Journal of Physics*, Vol. 72, 1, S. 98-115

Internetzugriff:

<http://www.ncsu.edu/per/Articles/Engelhardt&Beichner.pdf>

[Stand 05.04.2010]

FREDETTE, N. & LOCHHEAD, J. (1980): *Student conceptions of simple circuits*. In: *The Physics Teacher*, 18(3), S. 194-198

HEINZE, T. (2001): *Qualitative Sozialforschung: Einführung, Methodologie und Forschungspraxis*. Oldenburg: Wissenschaftsverlag

JOHSUA, S. (1984): *Students' interpretation of simple electrical diagrams*: In: Eur. J. Sci. Educ. 6 (3), S. 271–275

JUNG, W. (1998): *Phänomenologisches versus physikalisches optisches Schema als Interpretationsinstrument bei Interviews*. In: Physica Didactica. Hildesheim, Berlin: Franzbecker Verlag, S. 35-46

KIRCHER, E., GIRWIDZ, R. & HÄUSSLER, P., (Hrsg.) (2001): *Physikdidaktik*. Berlin: Springer 2009 (2.Auflage)

Internetzugriff:

<http://www.springerlink.com/content/978-3-642-01601-1#section=619115&page=1>

[Stand 30.03.2011]

KOHLI, M. (1978): *“Offenes“ und “geschlossenes“ Interview. Neue Argumente zu einer alten Kontroverse*. In: Soziale Welt, 29/1978, Göttingen: Otto Schwarz Verlag, S. 1-25

McDERMOTT, L. C. et al. (1996): *Physics by Inquiry*. Vol. II. New York: Wiley

MUCKENFUSS, H. & WALZ, A. (1992): *Neue Wege im Elektrikunterricht. Vom Tun über die Vorstellung zum Begriff*. 2. überarbeitete Aufl. Köln: Aulis

MÜLLER, R., WODZINSKI, R. & HOPF, M., (Hrsg.) (2004): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis

NIEDDERER, H. & GOLDBERG, F. (1995): *Lernprozesse beim elektrischen Stromkreis*. In: DUIT, R. et al. (Hrsg.): *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Jahrgang 1. Essen, S. 73-82

Internetzugriff:

ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/1995/S.73-86_Niedderer_Goldberg_95.pdf

[Stand 04.04.2011]

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. In: Science Education, 66(2), 211-227

Internetzugriff:

http://ci.unlv.edu/files/Week6_Posner_et_al_Optional.pdf

[Stand 29.03.2011]

PSILLOS, D., KOUMARAS, P. & VALASSIADES, O. (1987): *Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits*. In: Research in Science and Technological Education. 5 (2), S. 185-199

Internetzugriff:

http://pdfserve.informaworld.com/569634__746596322.pdf

[Stand 06.04.2011]

REINHOFFER, B. (2000): *Heimatkunde und Sachunterricht im Anfangsunterricht. Entwicklungen, Stellenwert, Tendenzen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

von RHÖNECK, C. (1986): *Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis – und zu den Begriffen Strom Spannung und Widerstand*. In: Naturwissenschaft im Unterricht - Physik/Chemie 34, Nr. 13, S. 10-14

von RHÖNECK, C. (2005): *Schülervorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen*. In: WELLENSIEK, A., WELZEL, M., NOHL, T. (Hrsg.): *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo Vadis?* Berlin: Logos

URBAN-WOLDRON, H. (2009): *Fördert computerunterstützter Unterricht Lernmotivation und kognitive Lernaktivitäten?* Begleitforschung von Projekten des IMST Fonds zum Lernen von Physik mit neuen Medien. Universität Klagenfurt

URBAN-WOLDRON, H., HOPF, M. (2010): *Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre*, In: DUIT, R. et al. (Hrsg.): *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (submitted)

URBAN-WOLDRON, H., HOPF, M. (submitted): *Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre*

VIARD, J. & KHANTINE-LANGLOIS, F. (2001): *The Concept of Electrical Resistance - How Cassirer's Philosophy, and the Early Developments of Electric Circuit Theory, Allow a Better Understanding of Students' Learning Difficulties*. In: Science and Education 10(3). S. 267-286

11 Onlinequellen

- http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/index.html
Homepage der Universität München zur Einführung in die Elektrizitätslehre [Stand 05.05.2011]
- <http://aeccp.univie.ac.at/forschung-und-projekte/>
Homepage des Österreichischen Kompetenzzentrums für Didaktik der Physik (aeccp) zu deren Forschungs und Projektinhalten [Stand: 14.04.2011]
- <http://www.bmukk.gv.at/medienpool/791/ahs16.pdf>
Homepage des Österreichischen Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur: Lehrplan Physik der AHS-Unterstufe [Stand: 05.05.2011]

12 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufgabe vom Rhöneck Test zum Stromverbrauch	7
Abb. 2: Aufgabe vom Rhöneck Test zur lokalen Argumentation	7
Abb. 3: Aufgabe vom Rhöneck Test zum sequentiellen Denken	8
Abb. 4: Aufgabe vom Rhöneck Test zu Spannungen am geschlossenen Stromkreis	9
Abb. 5: Aufgabe vom Rhöneck Test zur Vorstellung $I = \text{konstant}$	10
Abb. 6: Aufgabe vom Rhöneck Test zum elektrischen Widerstand	10
Abb. 7: Beispiel eines Pfadmodells.....	22
Abb. 8: Test-Item 1	31
Abb. 9: Test-Item 2	33
Abb. 10: Test-Item 3.....	34
Abb. 11: Test-Item 4	35
Abb. 12: Test-Item 5.....	36
Abb. 13: Antwortschema von Test-Items 1 und 1_u nach Geschlechtern.....	40
Abb. 14: Erfolgsquoten von Item 1 und 1_u nach Klassen	41
Abb. 15: Vergleich meiner Ergebnisse mit jenen von AECCP-Test	42
Abb. 16: Antwortschema von Test-Item 2 und 2_u nach Geschlechtern	47
Abb. 17: Erfolgsquoten von Item 2 und 2_u nach Klassen / Geschlecht	48
Abb. 18: Antwortschema von Test-Item 3 und 3_u nach Geschlechtern	49
Abb. 19: Erfolgsquoten von Test-Item 3 und 3_u nach Klassen	50
Abb. 21: Antwortschema von Item 4b und 4b_u nach Geschlechtern	52
Abb. 20: Anzahl der richtig eingezeichneten Stromstärken in Item 4a und 4a_u nach Geschlechtern	52
Abb. 22: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 4a und 4a_u	53
Abb. 23: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 4b und 4b_u	54
Abb. 24: Antwortschema nach Geschlechtern von Item 5 und 5_u	57
Abb. 25: Erfolgsquoten nach Klassen von Item 5 und 5_u	58
Abb. 26: Prozentuelles Auftreten der Konzepte bei elektrischen Widerstandskonzept nach Klasse / Geschlecht.....	77
Abb. 27: Zusammenhang des Testerfolgs von der Motivation	
(nach Klassen/Geschlecht)	79
Abb. 28: Zusammenhang des Testerfolgs mit der Motivation (nach SchülerInnen).....	80
Abb. 29: Zusammenhang Notendurchschnitt und Testerfolg	
(nach Klassen/Geschlecht)	81
Abb. 30: Zusammenhang Notendurchschnitt und Testerfolg (nach SchülerInnen).....	82
Abb. 31: Zusammenhang des Testerfolges vom Selbstregulation (nach Klassen / Geschlecht)	83
Abb. 32: Zusammenhang des Testerfolges von der Selbstregulation (nach SchülerInnen).....	84
Abb. 33: Zusammenhang des Testerfolges vom schulischen Selbstkonzept	
(nach Klassen / Geschlecht)	85
Abb. 34: Zusammenhang des Testerfolges vom physikalischen Selbstkonzept	
(nach Klassen / Geschlecht)	86
Abb. 35: Zusammenhang des Testerfolges von der Ergebniserwartung	
(nach Klassen / Geschlecht)	87
Abb. 36: Zusammenhang des Testerfolges von der Ergebniserwartung	
(nach SchülerInnen).....	88
Abb. 37: Zusammenhang des Testerfolges von der fachlichen Zielorientierung	
(nach SchülerInnen).....	89
Abb. 38: Zusammenhang des Testerfolges von der fachlichen Zielorientierung	
(nach Klassen / Geschlecht)	90
Abb. 39: Zweistufiges Test-Item 5	92
Abb. 40: Zweistufiges Test-Item 2/3	97
Abb. 41: Zusammenhang SchülerInnenmotivation und Häufigkeit der gewählter Fehlkonzepte bei Item 1_u, 4b_u und 5_u.....	106

<i>Abb. 42: Zusammenhang intrinsischer Motivation und Häufigkeit der gewählter Fehlkonzepte bei Item 1_u, 4b_u und 5_u.....</i>	107
<i>Abb. 43: Anwendungswahrscheinlichkeit der Konzepte bei den Items 1_u, 4b_u und 5_u.....</i>	108
<i>Abb. 44: Zusammenhang des Anteils angewandter Fehlkonzepte und des Motivationsindexes auf Klassen- und Lehrerebene</i>	109
<i>Abb. 45: Zusammenhang des Anteils angewandter Fehlkonzepte und des Selbstregulationsindexes auf Klassen- und Lehrerebene.....</i>	110
<i>Abb. 46: Häufigkeit der Antwortrevisionen in Abhängigkeit zum Motivationsindex.....</i>	112

Die Abbildungen 1-6 wurden alle aus folgender Arbeit entnommen:
RHÖNECK, C. (1986), S.11-14

Abbildung 7 wurde aus folgender Arbeit entnommen:

Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2010), S. 11

Alle anderen Abbildungen wurden vom Verfasser dieser Arbeit hergestellt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

13 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Überblick der Testinstrumente zur Evaluierung von Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre</i>	23
<i>Tabelle 2: Stichprobe</i>	27
<i>Tabelle 3: Themencluster des Motivationsfragebogens</i>	28
<i>Tabelle 4: Kreuztabelle zu Test-Item 1</i>	41
<i>Tabelle 5: Bedeutung ausgewählter Antwortmöglichkeiten bei Item 1</i>	43
<i>Tabelle 6: Kreuztabelle zu Test-Item 4b</i>	54
<i>Tabelle 7: Kreuztabelle zu Test-Item 4b_u</i>	54
<i>Tabelle 8: Erklärung der Antwortkombinationen von Test-Item 4b und 4b_u</i>	55
<i>Tabelle 9: Kreuztabelle zu Test-Item 5</i>	58
<i>Tabelle 10: Kreuztabelle zu Test-Item 5_u</i>	58
<i>Tabelle 11: Erklärung der Antwortkombinationen von Test-Item 5 und 5_u</i>	59
<i>Tabelle 12: Revision der Ergebnisse von Test-Item 5</i>	65
<i>Tabelle 13: Gegenüberstellung der Ergebnisse von Item 4b_u und 5_u</i>	70
<i>Tabelle 14: Erklärung einzelner Antwortkombinationen aus Item 4b_u und 5_u</i>	71
<i>Tabelle 15: Konzeptwechsel bei den Test-Items 1_u, 2_u, 4_u und 5_u</i>	73
<i>Tabelle 16: Häufigkeit der Konzepte bei den Test-Items 1_u, 4b_u und 5_u nach Klassen / Geschlechtern</i>	75
<i>Tabelle 17: Qualität des Zusammenhanges zwischen dem Anteil an verwendeten Fehlkonzepten und den Indizes des Motivation-sfragebogens</i>	111
<i>Tabelle 18: Überblick über die Ergebnisse vom Vergleich der Antwortrevisionen mit den Skalen des Motivations-fragebogens</i>	113

Alle Tabellen wurden vom Verfasser dieser Arbeit hergestellt.

14 Interview Transkriptverzeichnis

<i>Transkript 1: sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung</i>	44
<i>Transkript 2: Batterie als konstante Stromquelle, sequentielles Denken</i>	45
<i>Transkript 3: Staukonzept, Stromverbrauchsvorstellung</i>	46
<i>Transkript 4: Staukonzept</i>	46
<i>Transkript 5: sequentielles Denken, Stromverbrauchsvorstellung, Weg des geringsten Widerstandes</i>	56
<i>Transkript 6: Widersprüchliches Konzept</i>	60
<i>Transkript 7: Staukonzept, Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle</i>	61
<i>Transkript 8: Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme.</i>	61
<i>Transkript 9: Vergrößerung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme.</i>	62
<i>Transkript 10: inverses Widerstandskonzept</i>	62
<i>Transkript 11: Weg des geringsten Widerstandes, Batterie als konstante Stromquelle..</i>	63
<i>Transkript 12: Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken</i>	63
<i>Transkript 13: Batterie als konstante Stromquelle od. sequentielles Denken</i>	64
<i>Transkript 14: Inverses Widerstandskonzept → Richtiges Widerstandskonzept</i>	66
<i>Transkript 15: Inverses Widerstandskonzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zu Verringerung aller Teilströme</i>	66
<i>Transkript 16: Widersprüchliches Konzept → Erhöhung eines Widerstandes führt zur Verringerung aller Teilströme</i>	67
<i>Transkript 17: Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken</i>	68
<i>Transkript 18: Widersprüchliches Konzept → sequentielles Denken</i>	68
<i>Transkript 19: Beispielinterview 1 zu Distraktor 1 von Item 5</i>	93
<i>Transkript 20: Beispielinterview 2 zu Distraktor 1 von Item 5</i>	93
<i>Transkript 21: Beispielinterview 1 zu Distraktor 2 von Item 5</i>	94
<i>Transkript 22: Beispielinterview 2 zu Distraktor 2 von Item 5</i>	94
<i>Transkript 23: Beispielinterview 3 zu Distraktor 2 von Item 5</i>	95
<i>Transkript 24: Beispielinterview 1 zu Distraktor 3 von Item 5</i>	95
<i>Transkript 25: Beispielinterview 1 zu Distraktor 4 von Item 5</i>	95
<i>Transkript 26: Beispielinterview 2 zu Distraktor 4 von Item 5</i>	96
<i>Transkript 27: Beispielinterview 1 zu Distraktor 5 von Item 5</i>	96
<i>Transkript 28: Beispielinterview 1 zu Distraktor 1 von Item 2/3</i>	98
<i>Transkript 29: Beispielinterview 2 zu Distraktor 1 von Item 2/3</i>	99
<i>Transkript 30: Beispielinterview 3 zu Distraktor 1 von Item 2/3</i>	99
<i>Transkript 31: Beispielinterview 1 zu Distraktor 2 von Item 2/3</i>	99
<i>Transkript 32: Beispielinterview 2 zu Distraktor 2 von Item 2/3</i>	100
<i>Transkript 33: Beispielinterview 3 zu Distraktor 2 von Item 2/3</i>	100
<i>Transkript 34: Beispielinterview 4 zu Distraktor 2 von Item 2/3</i>	100
<i>Transkript 35: Beispielinterview 1 zu Distraktor 3 von Item 2/3</i>	101
<i>Transkript 36: Beispielinterview 2 zu Distraktor 3 von Item 2/3</i>	101
<i>Transkript 37: Beispielinterview 1 zu Distraktor 4 von Item 2/3</i>	102
<i>Transkript 38: Beispielinterview 2 zu Distraktor 4 von Item 2/3</i>	102
<i>Transkript 39: Interview 1 zum Staukonzept (Reinform)</i>	104
<i>Transkript 40: Interview 2 zum Staukonzept (Reinform)</i>	105
<i>Transkript 41: Interview 3 zum Staukonzept (Mischform)</i>	105

15 Anhang

A - Motivationsfragebogen

Lernmotivation und Interesse im Physikunterricht

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Bitte fülle den Fragebogen vollständig und selbständig aus. Bei den Fragen handelt es sich nicht um Wissensfragen sondern um Fragen zu dem Fach Physik im Allgemeinen.

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. Welche Note hast du in Physik im letzten Semester?

- A 1 C 3 E 5
B 2 D 4 F nicht beurteilt
-

2. Geschlecht

- A männlich B weiblich
-

3. Wie alt bist du?

- A 11 C 13 E 15 G 17 I >18
B 12 D 14 F 16 H 18
-

4. Ist Deutsch deine Muttersprache?

- A ja B nein
-

Gib bitte bei allen folgenden Fragen an, wie sehr du den vorgegebenen Aussagen zustimmst.

5. Beim Lernen von Physik setze ich mir eigene Ziele, die ich erreichen möchte.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau

6. Ich kann selbst gut erkennen, wie gut ich gerade in Physik bin.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

7. Ich stelle mir beim Lernen von Physik Fragen, um sicherzustellen, dass ich den Stoff auch wirklich verstanden habe.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

8. Selbst wenn der Lernstoff langweilig und uninteressant ist, arbeite ich ihn bis zum Ende durch.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Wie schätzt du deine Leistungsfähigkeit in der Schule ein?

9. Ich weiß in der Schule die Antwort auf eine Frage schneller als die anderen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

10. Ich kann in der Schule auf viele Sachen selbst draufkommen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

11. Es fällt mir leicht, Aufgaben zu lösen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau

12. In der Schule gehöre ich zu den guten SchülerInnen

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Wie schätzt du deine Fähigkeiten in Physik ein?

13. Physik würde ich lieber machen, wenn das Fach nicht so schwer wäre.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

14. Obwohl ich mir Mühe gebe, fällt mir Physik schwerer als vielen anderen MitschülerInnen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

15. Kein Mensch kann alles. Für Physik habe ich einfach keine Begabung.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

16. Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich von vornherein; "das versteh ich nie!"

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Mit welcher Einstellung gehst du an die Lösung von Aufgaben in Physik heran?

17. Die Lösung schwieriger physikalischer Aufgaben gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

18. Schwierigkeiten bei Lösen physikalischer Aufgaben sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen kann.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

19. Wenn ich mit einer physikalischen Aufgabe konfrontiert werde, habe ich meist mehrere Ideen, wie ich damit fertig werde.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

20. Ich bin sicher, dass ich die schwierigsten Aufgaben in Physik lösen kann.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Wie schätzt du deine Erfolgsaussichten in Physik ein?

21. In Physik bin ich wahrscheinlich gut, auch ohne das ich dafür lerne.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

22. In Physik brauche ich wahrscheinlich nicht viel zu tun, da ich so etwas meist sofort verstehe.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
C stimmt eher D stimmt ganz genau

23. Ich bin mir sicher, dass ich den schwierigen Stoff in Physik irgendwann schon kapieren werde, auch wenn ich nichts dafür mache.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

24. Ich kann mich darauf verlassen, dass ich den Lernstoff gut verstehe, wenn ich arbeite.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

25. Wahrscheinlich werde ich Physik nicht schaffen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

26. Auch wenn ich mich in Physik noch sehr lange anstreng, habe ich wohl keine Chance da wirklich gut zu werden.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

27. Wenn ich mir in Physik Mühe gebe, dann werde ich das wahrscheinlich auch können.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

In Physik viel zu können und gut zu sein ist für mich wichtig, ...

28. ... damit ich auf meine Leistungen stolz bin.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

29. ... damit ich mit mir zufrieden sein kann.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

30. ... damit ich sehe was ich schaffen kann.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

31. ... damit ich mir selbst bewiesen habe, dass ich es kann.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

32. ... damit ich sehe was und wie viel ich dazugelernt habe.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Wie sieht es mit deiner Anstrengungsbereitschaft und Aufmerksamkeit beim Lernen von Physik aus?

33. Ich habe Probleme mich für das Lernen von Physik zu motivieren.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

34. Das Lernen von Physik erscheint mir zu anstrengend.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

35. Wenn Schwierigkeiten beim Physiklernen auftauchen, strenge ich mich automatisch mehr an, ohne dass ich mich dazu zwingen muss. A

- stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

36. Wenn Schwierigkeiten beim Physiklernen auftauchen, kann ich mich nur mit großer Mühe zum Weiterlernen bewegen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

Ich arbeite und lerne im Fach Physik, ...

37. ... weil mir das Lernen in Physik Freude macht. A

- stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

38. ... weil ich neue Dinge lernen möchte.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

39. ... weil ich es genieße, mich mit dem Fach Physik auseinanderzusetzen.

- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

40. ... weil ich gerne Aufgaben aus dem Fach Physik löse.

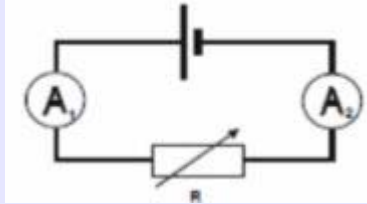
- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht
C stimmt eher D stimmt ganz genau
-

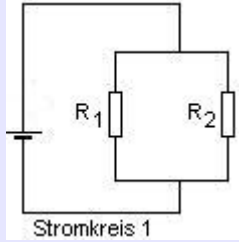
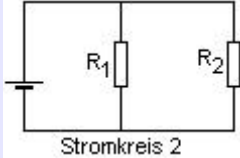
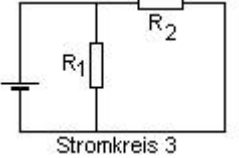
41. ... weil ich gerne über Dinge aus dem Fach Physik nachdenke.

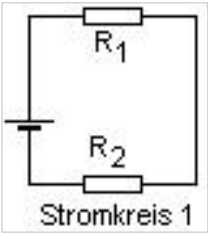
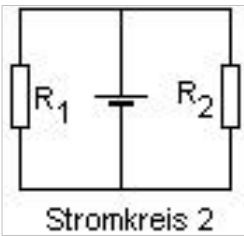
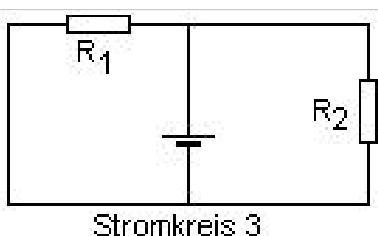
- A stimmt überhaupt nicht B stimmt eher nicht C
 stimmt eher D stimmt ganz genau
-

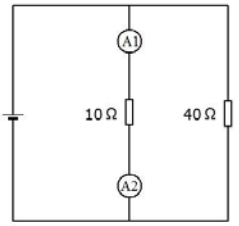
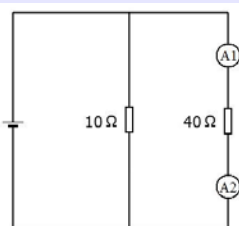
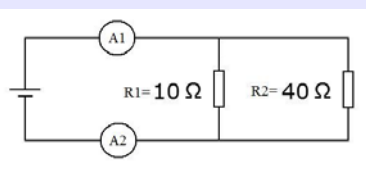
Vielen Dank für deine Mitarbeit !!!

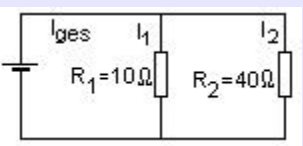
B - Physikalischer Fragebogen / Kognitiver Fragebogen

1	Der Stromkreis rechts besteht aus zwei Amperemetern und einem regelbaren Widerstand. Beide Amperemeter zeigen die Stromstärke an. Nun wird der Widerstand vergrößert.			
	1a	Wie verändert sich dadurch die Anzeige von Amperemeter A ₁ ?		1b
	<input type="checkbox"/>	Sie wird größer.	<input type="checkbox"/>	Sie wird größer.
	<input type="checkbox"/>	Sie bleibt gleich.	<input type="checkbox"/>	Sie bleibt gleich.
	<input type="checkbox"/>	Sie wird kleiner.	<input type="checkbox"/>	Sie wird kleiner.
1c	Wie erklärst du deine Entscheidung?			
	<input type="checkbox"/>	Ein größerer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleinerer Widerstand.		
	<input type="checkbox"/>	Es ist dieselbe Batterie; daher liefert sie denselben Strom.		
	<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke überall im Stromkreis.		
	<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Sie beeinflusst daher den Strom vor dem Widerstand nicht.		
	<input type="checkbox"/>	Eine Vergrößerung des Widerstands führt zu einer Verringerung der Stromstärke nach dem Widerstand. Daher wird der Strom vor dem Widerstand größer.		

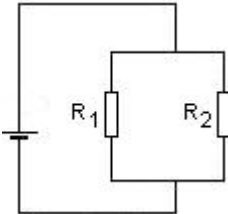
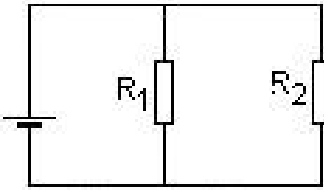
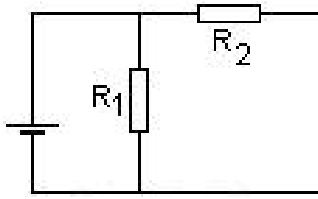
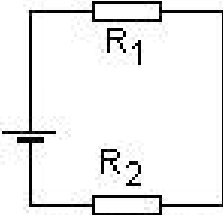
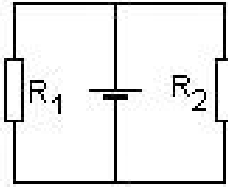
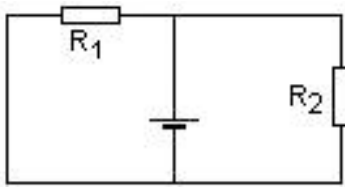
2	In welcher Schaltung oder in welchen Schaltungen (siehe Abbildungen rechts) sind die Widerstände R ₁ und R ₂ parallel zur Batterie geschaltet?				
	<input type="checkbox"/>	Stromkreise 1, 2 und 3			
	<input type="checkbox"/>	Stromkreis 2			
	<input type="checkbox"/>	Stromkreis 1			
	<input type="checkbox"/>	Stromkreise 1 und 2			
	<input type="checkbox"/>	Stromkreise 2 und 3			
<input type="checkbox"/>	Stromkreise 1 und 3				

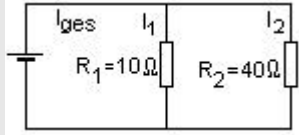
3	Betrachte die Schaltkreise und beantworte folgende Frage: Wie sind die Widerstände geschaltet?	
Stromkreis 1:		
Stromkreis 2:		
Stromkreis 3:		
		
Stromkreis 1	Stromkreis 2	Stromkreis 3

4a	Betrachte die Schaltkreise unten. Zeichne die Stromrichtung(en) in alle Schaltkreise ein.
4b	In den verschiedenen Schaltkreisen sind vor und nach einem Widerstand Amperemeter (A1 & A2) eingebaut die die dazugehörigen Stromstärken (I_1 & I_2) messen. Was wird eine Messung der Stromstärke vor und nach den Widerständen ergeben?
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 1</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 1</p> <input type="checkbox"/> I_1 ist größer als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 ist kleiner als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 und I_2 sind gleich groß
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 2</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 2</p> <input type="checkbox"/> I_1 ist größer als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 ist kleiner als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 und I_2 sind gleich groß
 <p style="text-align: center;">Schaltkreis 3</p>	<p style="text-align: center;">Schaltkreis 3</p> <input type="checkbox"/> I_1 ist größer als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 ist kleiner als I_2 <input type="checkbox"/> I_1 und I_2 sind gleich groß

5	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_{ges}?		
	Die Stromstärke I_1 ...	Die Stromstärke I_2 ...	Die Stromstärke I_{ges} ...
<input type="checkbox"/>	wird größer	<input type="checkbox"/>	wird größer
<input type="checkbox"/>	wird kleiner	<input type="checkbox"/>	wird kleiner
<input type="checkbox"/>	bleibt gleich	<input type="checkbox"/>	bleibt gleich

C - Ausgearbeitete zweistufige Test-Items

E8a		Betrachte die unten angeführten Stromkreise und gib an ob deren Widerstände parallel oder in Serie zu einander geschaltet sind.	
			
Schaltkreis 1	Schaltkreis 2	Schaltkreis 3	
<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	
			
Schaltkreis 4	Schaltkreis 5	Schaltkreis 6	
<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<input type="checkbox"/> Serienschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	
E8b		Wie erklärst du dir deine Entscheidung?	
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung hat der Strom mindestens zwei Möglichkeiten durch den Stromkreis zu fließen. Die Widerstände müssen dabei nicht parallel zueinander angeordnet sein.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Serienschaltung liegen die Widerstände nicht parallel zu einander.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Parallelschaltung müssen die Widerstände parallel zueinander angeordnet sein und sie müssen sich in einem extra Schaltkreis befinden.		
<input type="checkbox"/>	Bei einer Serienschaltung befinden sich alle Widerstände auf dem gleichen Draht.		

D2a		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} ...
<input type="checkbox"/>	wird größer	<input type="checkbox"/>	wird größer
<input type="checkbox"/>	wird kleiner	<input type="checkbox"/>	wird kleiner
<input type="checkbox"/>	bleibt gleich	<input type="checkbox"/>	bleibt gleich
D2b		Wie erklärst du deine Entscheidung?	
<input type="checkbox"/>	Durch eine Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert. Daher werden I_2 und I_{ges} verringert. Da R_1 unverändert bleibt, bleibt auch I_1 gleich.		
<input type="checkbox"/>	Durch eine Erhöhung von R_2 werden I_1 und I_2 verringert und in Folge auch der Gesamtstrom I_{ges} .		
<input type="checkbox"/>	Eine Batterie liefert immer die gleich Stromstärke wodurch sich bei einer Erhöhung von R_2 an den Strömen I_1 , I_2 und I_{ges} nichts ändert.		
<input type="checkbox"/>	Ein großer Widerstand braucht mehr Strom als ein kleiner. Durch die Erhöhung von R_2 wird der Gesamtwiderstand vergrößert, wodurch I_2 und I_{ges} ansteigen. I_1 bleibt gleich groß da sich R_1 nicht ändert.		
<input type="checkbox"/>	Wenn R_2 vergrößert wird fließt weniger Strom durch ihn hindurch und I_2 wird kleiner. Daher muss mehr Strom über R_1 fließen, weshalb sich I_1 vergrößert		

D - Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Roman Sebastian Binder
Geburtsdatum	09.05.1981
Geburtsort	München
Adresse	Orchideenstraße 12, 4481 Asten
Staatsbürgerschaft	Österreich
Kontakt	rbinder@gmx.at

Ausbildung

1987-1991	Volksschule VS, Asten
1991-1995	Kollegium Aloisianum AHS, Linz
1995-2001	HTL II Linz, Paul-Hahn-Straße – Ausbildungszweig Maschinenbau
2002-2003	Studium Meteorologie und Geophysik, Uni Wien
2003-2011	Lehramtsstudium Physik, Chemie (Chemie vorerst nicht abgeschlossen)
2005-2011	Lehramtsstudium Physik, Geographie und Wirtschaftskunde Abschluss beider Lehramtsstudien im Juli 2011

Berufliche Tätigkeiten:

Juli 1996	Erema GmbH, Ansfelden: Maschinenbau-Praktikum
Juli 1997	Eisenbeiss GmbH, Enns: Maschinenbau-Praktikum
Juli 1998	Eisenbeiss GmbH, Enns: Werkstätentätigkeit, Arbeitsvorbereitung
August 1999	Hofstätter GmbH, Arbeiten in Gastronomie und Logistik
August 2000	Hofstätter GmbH, Arbeiten in Gastronomie und Logistik
Oktober 2001 - September 2002	Zivildienst im Altenpflegeheim Sonnenhof, Leonding: Alten- und Krankenpfleger
Studienzeit	regelmäßige Beschäftigung bei Fa. Hoffstätter GmbH: Elektriker regelmäßige Beschäftigung bei Fa. GFK SE: Telefoninterviewer