

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Hauptschulen und Realschulen im Fach Physik, eingereicht dem Amt für Lehrerbildung – Prüfungsstelle Gießen –.

Thema:

Erprobung und Evaluation von Schülerversuchen zu elektrischen Stromkreisen

Verfasser: Sebastian Birx
Berggasse 22
36399 Nieder-Moos

Gutachterin: Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	4
Kapitel 1: Theoretischer Hintergrund	6
1.1 Warum braucht man Planungsmodelle	6
1.2 Welche unterschiedlichen Ansätze gibt es?	6
1.2.1 Vorüberlegungen	7
1.2.2 Das Berliner Modell	8
1.2.3 Das Hamburger Modell	10
1.2.4 Das Modell der didaktischen Rekonstruktion	11
1.2.5 Grundraster zur Stundenplanung	13
1.3 Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Planungsmodelle	14
1.4 Erläuterung des selbst gewählten Planungsrahmens	15
Kapitel 2: Entwicklung der Experimentierreihe	18
2.1 Planungsschritt 1 – Das Thema der Experimentierreihe festlegen	18
2.2 Planungsschritt 2 – Die Bedingungsanalyse	19
2.2.1 Die fachliche Klärung	19
2.2.2 Erfassung der Lernerperspektiven	27
2.3 Planungsschritt 3 – Die Didaktische Strukturierung	29
2.3.1 Die Sozialstruktur	29
2.3.2 Methodischer Gang	30
2.3.3 Die Zielstruktur	31
2.4 Planungsschritt 4 – Den Verlauf planen	32
Kapitel 3: Fragestellung der Arbeit	36
Kapitel 4: Datenerhebung und Methodisches Vorgehen	39
4.1 Zusammensetzung der Probanden	39
4.2 Erprobung der Einheit	39
4.3 Erhebung der Daten	40
4.4 Auswertung der Daten	41

Kapitel 5: Ergebnisse der Arbeit	42
5.1 Analyse der Videodaten	42
5.2 Auswertung der Arbeitsblätter	60
5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	65
Kapitel 6: Zusammenfassung und Konsequenzen für die zukünftige Planung von Physikunterricht	74
Literaturverzeichnis	76
Anhang	

Einleitung

Eine Welt ohne Elektrizität wäre heute nicht mehr denkbar. In allen Lebensbereichen des Alltags finden sich technische Einrichtungen und Geräte, die ohne Elektrizität nicht mehr funktionieren würden. Diese technischen Errungenschaften basieren immer auf physikalischen Grundlagen. Es ist daher für modernen Physikunterricht unvermeidlich, diese physikalischen Grundlagen aufzugreifen und den Schülern¹ die enge Verzahnung von Physik und Technik vor Augen zu führen.

In dieser Arbeit soll die Erprobung und anschließende Evaluation von Schülerversuchen in elektrischen Stromkreisen im Vordergrund stehen. Gerade die grundlegenden physikalischen Zusammenhänge der Elektrizitätslehre lassen sich nicht einfach theoretisch in die Köpfe der Schüler transferieren. Hier müssen die Schüler aktiv am Unterricht beteiligt sein, damit sie sich ihr Wissen und ihre Fähigkeiten selbst konstruieren und aneignen können. Dies hat natürlich Konsequenzen für die Planung von Unterricht. Denn ein Physikunterricht, in dem Schüler selbst direkt aktiv werden, verlangt eine andere, eine genauere Planung. Die Schüler müssen in so einem Unterricht selber experimentieren, d.h. Experimente aufbauen, durchführen, beobachten und beschreiben, um daraus Ergebnisse und Zusammenhänge herzuleiten. Dies alles verlangt in der Planung von Physikunterricht genaue Vorüberlegungen, welche Lernziele erreicht werden sollen, welche Lehr- und Lernvoraussetzungen sowohl auf fachlicher als auch auf Schülerseite berücksichtigt werden müssen und wie dies alles in der konkreten Planung des Stundenverlaufs umgesetzt werden kann. Natürlich ist keine Planung perfekt und es wäre vermessen zu sagen, dass nach einem Durchlauf schon von einer perfekten Stunde gesprochen werden kann. Denn das, was in der Planung theoretisch erdacht wurde, muss im Unterricht der praktischen Überprüfung durch die Schüler standhalten und meist werden hier erst die Fehler der Planung und Konzeption sichtbar. Moderner Physikunterricht fordert daher auch eine genaue Evaluation der Ergebnisse und der Planung des Unterrichts, um darauf Konsequenzen für weiteren Physikunterricht abzuleiten.

¹ Der Begriff Schüler umfasst sowohl Schülerinnen als auch Schüler

Zu Beginn dieser Arbeit wird daher erläutert, wieso Unterricht überhaupt Planungsmodelle braucht, welche verschiedenen theoretischen Ansätze es gibt und welcher Planungsrahmen Grundlage dieser Arbeit ist. Im nächsten Schritt werden die einzelnen Planungsschritte gemäß dem vorherigen selbst gewählten Planungsrahmens dargestellt. Anschließend werden die konkreten Fragestellungen der Arbeit dargelegt, auf deren Grundlage die Evaluation der Erprobung erfolgen soll. Das fünfte Kapitel enthält eine kurze Beschreibung, auf welche Weise die Experimentierreihe erprobt wurde und wie die Auswertung der Daten erfolgte. Im darauf folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der der Arbeit zusammengestellt und auf die Fragestellungen wechselseitig bezogen. Zum Schluss werden die Ergebnisse noch einmal kurz zusammengefasst, um daraus Konsequenzen für die zukünftige Planung von Physikunterricht abzuleiten.

Kapitel 1: Theoretischer Hintergrund

1.1 Warum braucht man Planungsmodelle?

Die Unterrichtsplanung gehört zum Grundrepertoire eines jeden Lehrers². Um aber überhaupt Unterricht planen zu können, braucht man zum einen eine gute Idee, beispielsweise einen passenden Alltagsbezug, und zum anderen Methoden, um seine Ideen auch umsetzen zu können. Die Planungsmodelle bilden dabei das Grundgerüst für das Entwickeln bzw. Planen von Unterricht.

Am Anfang der Planung stehen zunächst eine oder mehrere Ideen über das, was man in seinem Unterricht umsetzen möchte. Nun liegt es am Lehrer, seine Ideen aufzuschreiben und diese durch systematisches Vorgehen auszuarbeiten und so für den Unterricht brauchbar zu machen. Durch das Abarbeiten von mehreren Schritten des gewählten Planungsmodells lässt der Lehrer seine Gedanken, Ideen, Erfahrungen und Eingebungen aber auch seine Fragen und Unklarheiten in den geplanten Unterrichtsverlauf einfließen. Im weiteren Verlauf der Planung werden diese dann wie ein Puzzle zusammengefügt, um so ein immer klarer werdendes Bild des Unterrichts zu erhalten. Dabei fungieren die Planungsmodelle wie „Kochrezepte“ und bieten die Möglichkeit, sich an ihnen entlang zu hangeln um zu dem gewünschten Ergebnis, dem fertig geplanten Unterrichtsverlauf, zu kommen. Aber wie „Kochrezepte“ sind sie keine starre Vorgabe, an die man sich unter allen Umständen halten muss, sondern sie lassen die Möglichkeit offen, sich je nach Situation von dem Modell zu lösen und sich an die Gegebenheiten anzupassen.

1.2 Welche unterschiedlichen Ansätze gibt es?

In der Literatur lassen sich eine Vielzahl von Planungsmodellen zur Unterrichtsplanung finden. Im Folgenden Abschnitten werden vier dieser Modelle näher erläutert, nämlich das „Berliner Modell“ von Paul Heimann und Wolfgang Schulz, das „Hamburger Modell“ von Wolfgang Schulz nach Wilhelm H. Petersen, das Modell der „Didaktischen Rekonstruktion“ von Ullrich Kattmann und das „Grundraster zur Stundenplanung“ von Hilbert Meyer.

² Der Begriff Lehrer umfasst sowohl Lehrerinnen als auch Lehrer.

1.2.1 Vorüberlegungen

Alle vier Modelle lassen sich auf ein „klassisches“ kybernetisches Kreislaufmodell“ (Meyer, 2007, S. 96) zurückführen. Dieses Kreislaufmodell lässt sich auch auf die Unterrichtsplanung anwenden und liegt den meisten anderen Modellen zur Unterrichtsplanung zugrunde, wird aber dort in verschiedenen Formen näher ausgeführt.

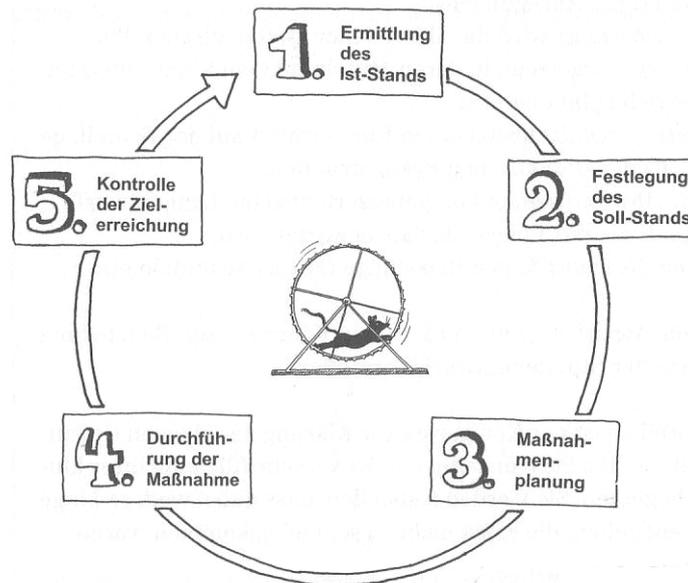


Abb. 1.1: „klassisches“ kybernetisches Kreislaufmodell (aus Meyer, 2007, S. 98)

Bei diesem klassischen Modell wird im ersten Schritt der „Ist-Stand“, d.h. die Ausgangslage ermittelt. Dabei werden „die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen“ (Meyer, 2007, S. 96) sowohl bei den Lehrern als auch bei den Schülern erfasst. Im zweiten Schritt werden die Ziele und Themen festgelegt, die den „Soll-Stand“ beschreiben. Aus diesen Zielen und Themen wird schließlich die Aufgabenstellung entwickelt. Bei der „Maßnahmenplanung“ wird die Zielstellung mit der Methodenwahl in Einklang gebracht um daraus den Unterrichtsverlauf zu erstellen. Der vierte Punkt des Kreislaufes ist die „Durchführung der Maßnahme“ bzw. des Unterrichts. Hier werden die in den ersten drei Punkten gewonnen Erkenntnisse und getroffenen Entscheidungen in konkrete Handlungsabläufe umgesetzt.

Der letzte Punkt des Kreislaufes beschäftigt sich mit der Kontrolle bzw. Auswertung der Ergebnisse. Hier ist zu überprüfen, ob die im zweiten Punkt gesteckten Ziele auch erreicht worden sind oder wenn nicht, was die Gründe dafür waren.

1.2.2 Das Berliner Modell

Das Berliner Modell von Heimann und Schulz setzt sich aus sechs Strukturmomenten³ zusammen, die „in ihrem Zusammenwirken Unterricht als absichtvolles pädagogisches Geschehen“ (Heimann & Schulz, 1972, S. 23) konstituieren. Diese Strukturmomente werden in sich gegenseitig beeinflussende Kategorien zusammengefasst (siehe Abb. 2.2), wobei sich die kognitiven und affektiven Voraussetzungen und die sozio-kulturellen Voraussetzungen der Kategorie „Lehr-Lernvoraussetzungen“ und die Entscheidungsfelder Ziele, Inhalt, Methode und Medien der Kategorie „Variablen des Unterrichts“ zuordnen lassen.

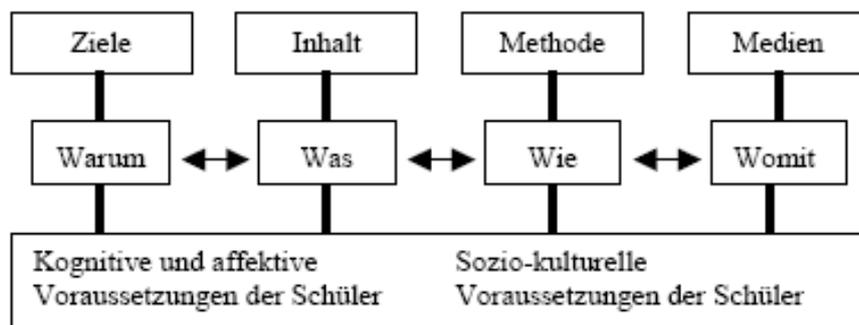


Abb. 1.2: Berliner Modell (aus Duit, 2004a, S. 1)

Im Folgenden werden diese sechs Strukturmomente näher erläutert.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kognitive und affektive Voraussetzungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die kognitiven und affektiven Voraussetzungen der Schüler und Lehrer bestehen aus vorgeprägten Erfahrungen. Diese setzen sich aus deren „Begabung und deren geistige und körperliche Entwicklung“ (Kircher, 2007, S. 297) zusammen.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sozio-kulturelle Voraussetzungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die sozio-kulturellen Voraussetzungen berücksichtigen die verschiedenen sozialen und kulturellen Hintergründe, die die Schüler in ein Klasse besitzen und die im Unterricht natürlich zu berücksichtigen sind.

³ Einige Begriffe aus dem Berliner Modell von Heimann und Schulz werden ersetzt mit Begriffen von Kircher, Peterßen und Duit

Kircher ergänzt diese beiden Voraussetzungen noch durch die „Allgemeinen Lernvoraussetzungen“ (Kircher, 2007, S. 298), die die Alltagsvorstellungen der Lernenden über Physik beinhaltet. Diese drei Voraussetzungen bedingen Folgen für den Unterricht, die in den nun folgenden Variablen des Unterrichts zu berücksichtigen sind.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ziele 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Variable „Ziele“ beschreibt die pädagogische Absicht des Unterrichts. Der Lehrer versucht bei Schülern „Lernprozesse in der kognitiven, der emotionalen oder der pragmatischen Dimension anzuregen und zu steuern“. (Schulz & Heimann, 1972 , S. 25)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhalt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Variable „Inhalt“ fragt nach den Gegenständen und Inhalten des Unterrichts. Sie lässt sich in drei Bereiche einteilen: Wissenschaft, Techniken oder Pragmata. Diese ergeben in Verbindung mit der Intention die Unterrichtsziele.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Methode 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Methode beschreibt die Verfahrensweise, mit der die Thematik und die Intention im Unterricht umgesetzt werden sollen. Heimann und Schulz gliedern diese Variable in fünf Unterpunkte auf: <ol style="list-style-type: none"> 1. Methodenkonzeption 2. Artikulationsschemata 3. Sozialformen des Unterrichts 4. Aktionsformen des Lehrens 5. Urteilsformen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Als Medien werden alle Materialien und Unterrichtsmittel bezeichnet, die vom Lehrenden verwendet werden, um die Ziele, Inhalte und Methoden im Unterricht umzusetzen.

Die vier Variablen sind grundsätzlich alle gleichwertig und bei allen Vorüberlegungen zu berücksichtigen. Da sie aber alle miteinander in Interdependenz stehen, haben bestimmte Entscheidungen bei den Zielen, den Inhalten, den Methoden oder den Medien Konsequenzen für die anderen Variablen. Wird zum Beispiel als zentrale Methode die Gruppenarbeit gewählt, so hat diese Variable in der Planung Vorrang vor den anderen Variablen und schränkt die Entscheidungsfreiheiten in den anderen Variablen ein.

1.2.3 Das Hamburger Modell

Bei seinem Hamburger Modell unterscheidet Schulz drei Planungsebenen: die Perspektivplanung, die Umrissplanung und die Prozessplanung.

Die Perspektivplanung ist über einen längeren Zeitraum, z.B. über ein Schuljahr angelegt. Schulz hält diese längerfristige Planung für unabdingbar, da die Lehrpläne und Bildungsstandards „oft so allgemein gehalten sind, daß sie nicht ohne weiteres in konkreten Unterricht übersetzt werden können“ (Peterßen, 2000, S. 97). Die Ebene der Umrissplanung bildet den Kern des Hamburger Modells. Schulz unterscheidet hier als großen äußeren Rahmen die „Produktions- und Herrschaftsverhältnisse“. Der nächste Rahmen beinhaltet die „institutionellen Bedingungen“ wie Lehrpläne, Verordnungen usw. Der innere Rahmen „Unterricht“ schließt die Unterrichtsziele (UZ), die Ausgangslage (AL), die Vermittlungsvariablen (VV) und die Erfolgskontrolle (EK) ein.

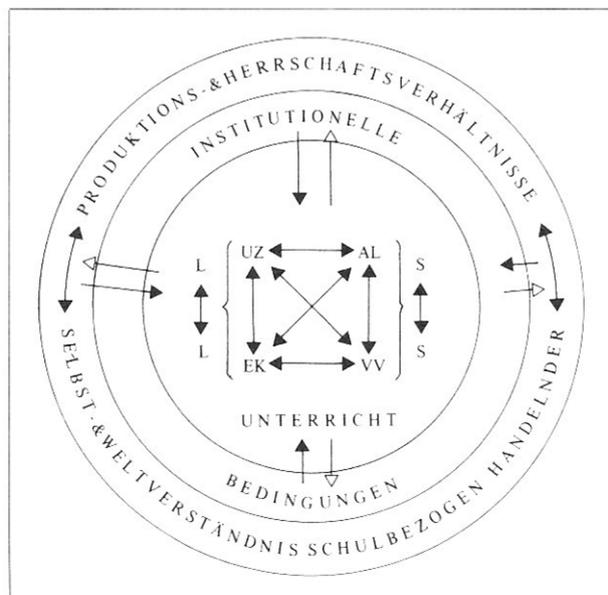


Abb. 1.3: Hamburger Modell (aus Peterßen, 1982, S. 100)

Unterrichtsvariablen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Unterrichtsziele beinhalten dabei die Intentionen und die Thematik
<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Ausgangslage versucht die Lernvoraussetzungen in die Planung mit einzubeziehen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Vermittlungsvariablen sind die Methoden, Phasen und Sozialformen, mit denen die Unterrichtsziele erreicht werden sollen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Erfolgskontrollen sollen den Lehrern und Schülern dazu anhalten, den bisherigen Unterrichtsverlauf zu reflektieren, um in die weitere Planung noch korrigierend eingreifen zu können

In der Prozessplanung sollen schließlich die in der Umrissplanung erarbeiteten Sachverhalte, Ziele und Erkenntnisse in konkrete Prozesse transformiert werden, die direkt im Unterricht nutzbar sind.

Das Hamburger Modell wurde von Schulz nach seinem Berliner Modell entwickelt. Deshalb lassen sich Gemeinsamkeiten mit dem Berliner Modell feststellen, z.B. bei den benutzten Begriffen und Kategorien. Es werden aber auch signifikante Unterschiede deutlich. So spricht Schulz in seinem Hamburger Modell von „Handlungsbereichen“ (vgl. Peterßen, 1982, S. 99) die er in seinem Berliner Modell noch „Entscheidungsfelder“ nennt. Diese veränderte Begriffswahl macht deutlich, dass es sich bei dem Berliner Modell um eine lernzielorientierte Unterrichtsplanung handelt. Der Lehrer trifft in seiner Planung Entscheidungen, die er dann durch Wahl der geeigneten Lern- und Unterrichtsziele umzusetzen versucht. Der Begriff „Handlung“ impliziert, dass der Lehrer nicht mehr alleine über den Unterrichtsverlauf entscheidet, sondern vielmehr mit seinen Schülern in „gemeinsamem Handeln“ (Peterßen, 1987, S. 96) den Unterricht entwickelt. Schulz strebt mit seinem Hamburger Modell also eher den offenen Unterrichtsentwurf an.

1.2.4 Das Modell der didaktischen Rekonstruktion

Die didaktische Rekonstruktion ist ein Planungsmodell, das die Ideen des Strukturmomentenmodells und der Didaktischen Analyse verbindet. Um dies zu erreichen, werden drei Ebenen (auch „Untersuchungsrahmen“ genannt) miteinander verknüpft: die „didaktische Strukturierung“, die „fachliche Klärung“ und die „Erfassung von

Lernerperspektiven“. Diese Ebenen sind wie bei den beiden vorherigen Modellen nicht voneinander unabhängig, sondern sie sind miteinander verknüpft und stehen in wechselseitiger Abhängigkeit.

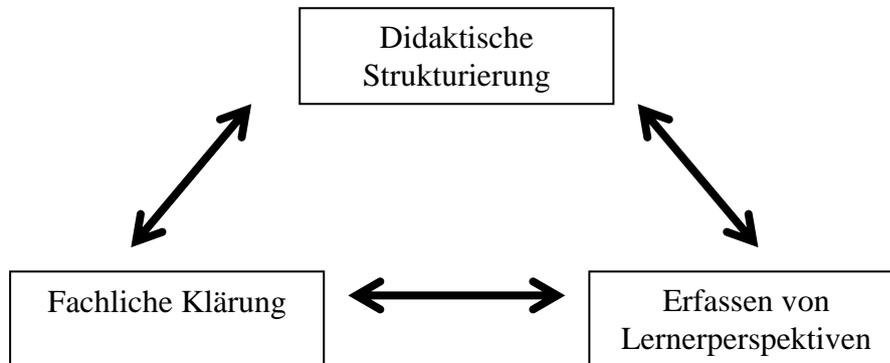


Abb. 1.4: Didaktische Rekonstruktion (in Anlehnung an Kattmann)

Auf der Ebene der fachlichen Klärung soll der Lehrende die fachwissenschaftliche Dimension des gewählten Themas beleuchten. Hierzu zählen vor allem wissenschaftliche Theorien, Aussagen und Methoden. Diese werden auf ihre Herkunft, Funktion und Bedeutung hin untersucht, aber auch im Bezug auf ihre Grenzen, den Alltagsbezug und den lebensweltlichen Vorstellungen.

Die Erfassung von Lernerperspektiven befasst sich mit der Berücksichtigung und Untersuchung von Lernvoraussetzungen. Zu diesen Lernvoraussetzungen gehören kognitive, affektive und psychomotorische Komponenten. Ebenso enthalten alle Lernvoraussetzungen auch eine individuelle emotionale und biografische Komponente. Um dies alles erfassen zu können, müssen Fragen nach den von Schülern entwickelten Vorstellungen über fachbezogene Kontexte, nach ihren Erklärungsmustern, nach den ihren Vorstellungen zugrunde liegenden Erfahrungen, nach ihrer Auffassung von Wissenschaft und nach den Korrespondenzen zwischen ihren lebensweltlichen und den wissenschaftlichen Vorstellungen gestellt werden.

Die didaktische Strukturierung ist der Planungsprozess, in dem die Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen getroffen werden. In diesen Planungsprozess werden die fachliche Klärung und die Lernerperspektiven berücksichtigt und miteinander verknüpft.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

„Grundlegend für die Didaktische Rekonstruktion ist die Erkenntnis, dass fachlich geklärte Vorstellungen der Wissenschaft und lebensweltliche Vorstellungen von Lernenden als gleichwertig geltende Konstrukte zu gelten haben und in Beziehung zueinander gleichermaßen als Quelle für die Didaktische Rekonstruktion dienen müssen.“ (Kattmann, 2001, S. 96)

1.2.5 Grundraster zur Stundenplanung

Als letztes Modell stelle ich das „Grundraster der Stundenplanung“ von Hilbert Meyer vor, das in sechs aufeinander aufbauende Stufen unterteilt ist.



Abb. 1.5: Grundraster (aus Meyer, 2007, S. 103)

Auf der untersten Stufe wird die Schaffung einer vorbereiteten Umgebung wie z.B. einer bestimmten Sitzordnung oder die richtige Ausstattung des Materialpools gefordert.

Auf der nächsten Stufe wird das Thema der Stunde festgelegt und eine erste noch grobe Aufgabenstellung der Stunde formuliert. Mit dieser Entscheidung wird bestimmt, was die Schüler in dieser Stunde lernen sollen und sie beeinflusst nach Meyer alle weiteren Entscheidungen die im Verlauf der Planung noch getroffen werden müssen.

In der Bedingungsanalyse werden sowohl die ermittelten Lern- und Lehrvoraussetzungen als auch die Lehrpläne, Richtlinien und Bildungsstandards mit einbezogen.

Auf der Stufe der didaktischen Strukturierung soll aus den dort getroffenen Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen ein Zusammenhang hergestellt werden, der für die konkrete Planung des Stundenverlaufes nutzbar ist.

Die vierte Stufe ist die eigentliche Planung des exakten Stundenverlaufes. Hier münden alle vorher getroffenen Entscheidungen in einen konkreten Ablaufplan, der im Unterricht dann umgesetzt werden soll.

Auf der letzten Stufe sollen schon Vorüberlegungen zur Analyse und Auswertung des Stundenverlaufes gemacht werden. Hat man seine Lernziele erreicht oder welche Stellen im Unterricht muss man sich genauer anschauen, da man vielleicht schon bei der Planung mit Problemen gerechnet hat.

1.3 Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Planungsmodelle

Wie schon in Kapitel 1.2.1 kurz dargelegt, lassen sich alle vier Modelle auf das klassische kybernetische Kreislaufmodell zurückführen. Bei allen werden die Lernvoraussetzungen der Schüler d.h. die Schülervorstellungen und ihr Vorwissen zu dem im Unterricht zu behandelten Thema aber auch soziale und psychomotorische Komponenten miteinbezogen. Genau so verlangen alle Modelle mehr oder weniger deutlich die fachliche Klärung und Diskussion der fachwissenschaftlichen Zusammenhänge. Besonders bei den Modellen der Didaktischen Rekonstruktion von Kattmann und dem Grundraster von Meyer werden diesen beiden Punkten besondere Bedeutung beigemessen, da sie dort explizit erwähnt werden. Ebenso besitzen bei allen Modellen die Unterrichts- bzw. Lernziele einen hohen Stellenwert. Bei Meyer und Schulz (im Hamburger Modell) werden diese sogar namentlich in ihren Modellen genannt, während sie im Berliner Modell indirekt mit Intention

und Inhalt gemeint werden und bei Kattmann in der Ebene der „Didaktischen Strukturierung“ eingeflochten sind.

Genau wie beim Kreislaufmodell gibt es bei allen Planungsmodellen den Punkt Maßnahmenplanung. Kattmann und Meyer greifen diesen Punkt in der Didaktischen Strukturierung auf, während Schulz dies in seinen beiden Modellen in „Methodik und Medien“ und „Vermittlungsvariablen“ eingliedert.

Lediglich bei der Interdependenz der einzelnen Bereiche lassen sich Unterschiede feststellen. In den Modellen von Schulz und Kattmann beeinflussen sich alle Bereiche gegenseitig und die Entscheidung in einer Ebene hat Konsequenzen für die anderen. Bei Meyer hingegen bauen alle Stufen aufeinander auf und eine Entscheidung auf einer bestimmten Stufe hat Konsequenzen für die nächste Stufe der Planung, aber nicht die vorherige.

1.4 Erläuterung des selbst gewählten Planungsrahmens

Bei der Planung der Experimentierreihe zu „Schülerversuche im elektrischen Stromkreis“ habe ich mich an das Modell zur Grobplanung von Meyer angelehnt, da mir dieses durch meine bisherigen Schulpraktika schon vertraut war. So konnte ich mich direkt an dieser mir bekannten Planungsstruktur entlang bewegen und musste mir nicht ein neues Planungsmodell erarbeiten, von dem ich nicht wusste, ob ich es erfolgreich umsetzen konnte. Des Weiteren ist Meyers Planungsmodell sehr kleinschrittig aufgebaut, was die Umsetzung erleichtert.

Aus dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion benutze ich die Untersuchungsrahmen der „fachlichen Klärung“ und der „Erfassen von Lernerperspektiven“. Kattmann erläutert die beiden Rahmen sehr genau und wirft dabei interessante Fragestellungen auf. Diese Fragestellungen lassen die beiden Untersuchungsrahmen sich besser für den naturwissenschaftlichen Unterricht als die Ausführungen in Meyers Grobplanung, die doch eher allgemein gehalten sind. Beide lasse ich aber in die Grobplanung von Meyer mit einfließen, um in dem von mir gewählten Planungsrahmen weiterarbeiten zu können.

Das Hamburger und das Berliner Modell spielen in meiner Planung keine Rolle, da sie doch sehr abstrakt gehalten und für mich wenig greifbar sind. So sind zum Beispiel die

Lehr- Lernvoraussetzungen im Berliner Modell unter den Begriffen kognitiv-affektive und sozio-kulturelle Voraussetzungen zusammengefasst und werden nur wenig erläutert. Diese doch sehr abstrakte Begriffswahl nimmt ihnen aber die Bedeutung, die sie im Physikunterricht innehaben.

Die von Meyer zu Beginn gewählte Stufe „Eine vorbereitete Umgebung schaffen“ entfällt in meiner Planung, da ich diese Experimentierreihe als isolierte Einheit entwickelt habe und deshalb die Lehr- und Lernumgebung nicht beeinflussen kann. Dies wäre nur möglich, wenn ich über einen längeren Zeitraum mit den Probanden in immer dem gleichen Raum arbeiten würde. Der erste Schritt, das Festlegen des Themas und das Vorformulieren der Aufgabenstellung, werden durch die Themenwahl meiner Examensarbeit und ihre Einbettung in den Verlauf der Vorlesungsreihe schon vorgeben. Dies erleichtert mir das weitere Vorgehen, da ich mich direkt mit der Planungsebene der Bedingungsanalyse beschäftigen und schon eingrenzen kann.

Für die Bedingungsanalyse habe ich aus den oben beschriebenen Gründen die Untersuchungsrahmen der Didaktischen Rekonstruktion gewählt.

Bei der didaktischen Strukturierung verwende ich Hilbert Meyers eigene Erweiterung des Planungsmodells, das Didaktische Sechseck. In diesem Sechseck gliedert Meyer die Didaktische Strukturierung in sechs Dimensionen:

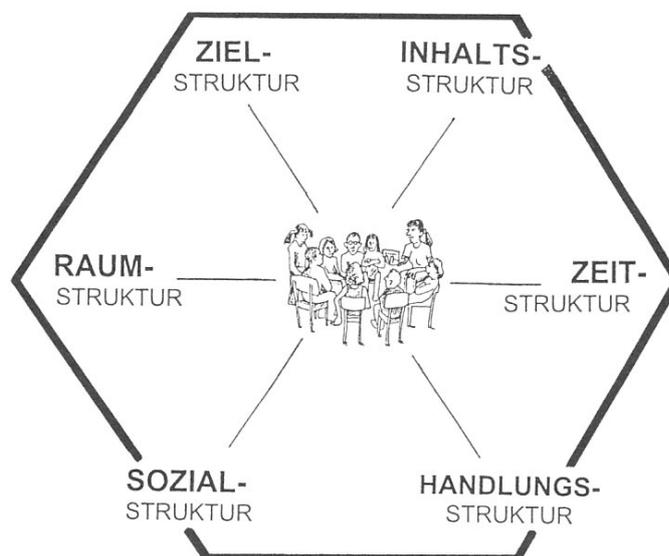


Abb. 1.6: Didaktisches Sechseck (aus Meyer, 2007, S. 178)

In dieser Erweiterung kommen die Abhängigkeiten zwischen den Dimensionen auf der Ebene der didaktischen Strukturierung deutlicher zum Vorschein. Die Sozialstruktur ist durch die Gruppenarbeit aufgrund der vorherrschenden Lehr- und Lernumgebung schon

vorgeben. Dies beeinflusste maßgeblich die Handlungsstruktur und die Sozialstruktur. So sind diese beiden Punkte nicht gleichberechtigt, sondern die Sozialstruktur bedingt die weiteren Entscheidungen. Ein Tatbestand, der häufig im Physikunterricht anzutreffen ist. Aufgrund des vorgegebenen Themas meiner Arbeit und die Einbettung der Arbeit in die Vorlesungsreihe erhalte ich einen ersten Anhaltspunkt für meine Lernziele. Diese lassen sich nach der fachlichen Klärung und der Analyse der Lernerperspektiven nun genauer definieren.

In meiner Planung fließen die Inhalts-, Zeit-, Raum- und Handlungsstruktur in dem methodischen Gang zusammen, was die Planung insoweit erleichtert, da ich auf der Ebene der Stundenverlaufsplanung nicht mehr sechs Dimensionen zusammenführen muss, sondern nur noch drei.

Schlussendlich münden alle Aspekte in der vierten und letzten Planungsebene der Verlaufsplanung in den konkreten Ablauf der Experimentierreihe.

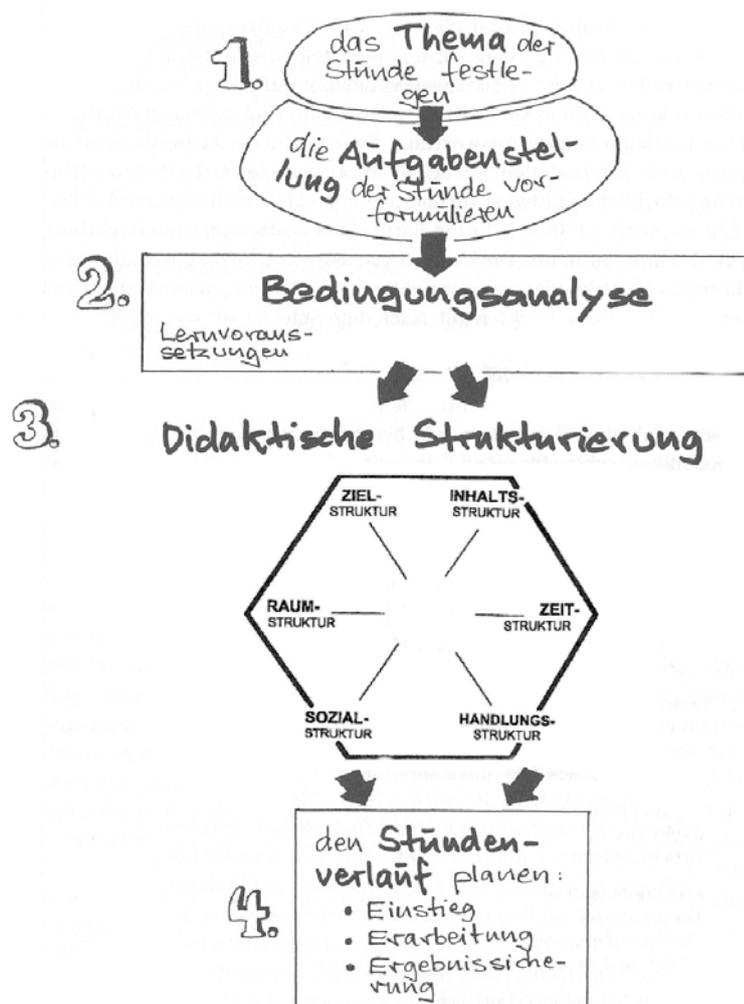


Abb. 1.7: Der selbst gewählte Planungsrahmen (in Anlehnung an Hilbert Meyer)

Kapitel 2: Entwicklung der Experimentierreihe

Bei der Planung verwende ich das Grundraster von Hilber Meyer mit einigen Änderungen (siehe Abb. 1.7), wie sie in Kapitel 1.4 beschrieben sind.

2.1 Planungsschritt 1 – Das Thema der Experimentierreihe festlegen

Das Thema der Arbeit lautet „Erprobung und Evaluierung von Schülerversuchen in elektrischen Stromkreisen“. Somit bin ich bei der Themenauswahl zu Beginn der Planung schon festgelegt. Durch die Inhalte des Verlaufsplanes der Vorlesungsreihe kann ich das Themenfeld „elektrische Stromkreise“ auf bestimmte Inhalte begrenzen, um den zeitlichen Rahmen von einer Doppelstunde für die Erprobung, den ich zur Verfügung habe, nicht zu sprengen. Thema der Einheit soll das Messen in elektrischen Stromkreisen sowie die Darstellung von Regelmäßigkeiten der Messwerte sein. Dieses Thema kann in die folgende Gliederung unterteilt werden:

- Messen der Stromstärke an verschiedenen Stellen und für verschiedenen Widerstände im einfachen Stromkreis
- Messen der Spannung für verschiedene Widerstände im einfachen Stromkreis
- Verhalten von Messwerten in Parallel- und Reihenschaltung
- Kenngrößen von einfachen Bauteilen (Spannung und Widerstand)

Nach dieser ersten Eingrenzung ergibt sich im Folgenden ein Grobziel und ein übergreifendes Feinziel, die mir bei der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektiven helfen sollen und die mir als Grundlage dienen werden, um später die Feinziele genauer definieren zu können.

Das Grobziel lautet:

„Die Schüler sind kompetent im Umgang mit elektrischen Einrichtungen des Alltags“

Das übergreifende Feinziel lautet:

„Die Schüler sollen experimentell Stromstärke und Spannung in verschiedenen Stromkreisen bestimmen und die Regelmäßigkeiten der Messwerte angeben können.“

2.2 Planungsschritt 2 – Die Bedingungsanalyse

Bei der Bedingungsanalyse benutze ich die Untersuchungsrahmen „Fachliche Klärung“ und „Erfassen von Lernerperspektiven“. Diese sind besser für den naturwissenschaftlichen Unterricht geeignet als die doch sehr allgemein ausgeführten Punkte in Hilbert Meyers Planung.

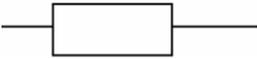
2.2.1 Die fachliche Klärung

Zu Beginn der fachlichen Klärung formuliere ich zuerst einige Leitfragen, um das weitläufige Themenfeld „elektrische Stromkreise“ einengen zu können

1. Was ist Stromstärke? / Was ist Spannung? / Was ist der elektrische Widerstand?
2. Welche Gesetze und Regeln beschreiben das Verhalten von Spannung, Strom und Widerstand in Stromkreisen?
3. Welche Schaltzeichen gibt es?
4. Wie messe ich die Stromstärke, wie die Spannung?
5. Welche Geräte verwende ich und welche Eigenschaften habe diese?
6. Welche grundlegenden Stromkreise unterscheide ich und wie verhalten sich Stromstärke und Spannung darin?

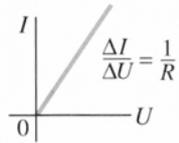
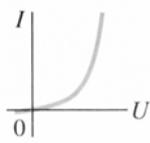
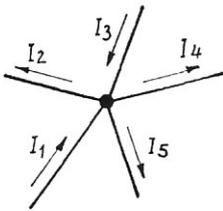
Diese Fragen arbeite ich nun der Reihe nach ab, um so eine erste fachliche Klärung zum dem Verhalten von Messwerten in einem einfachen Stromkreis, der Reihen- und der Parallelschaltung zu erhalten. Diese Klärung lässt sich durch weitere Unterpunkte ergänzen, wenn sich bei der Analyse neue fachwissenschaftliche Fragen aufdrängen, die für die Planung der Experimentierreihe wichtig sind. Da diese Experimentierreihe für die Sekundarstufe I konzipiert wird, werde ich die fachliche Klärung auf dem Niveau der Sekundarstufe I halten. Zur Vertiefungen s. z.B.:

- Metzler Physik
- Giancoli. Physik
- Grundgebiete der Elektrotechnik I
- Erlebnis Physik

1. Wichtige Grundbegriffe	
elektrischer Strom ⁴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formelzeichen I ▪ Definition: $I = \frac{dQ}{dt}$ ▪ mit Q = elektrischer Ladung und t = Zeit ▪ Einheitszeichen: Ampère [A]
elektrische Spannung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formelzeichen U ▪ Definition ▪ Einheitszeichen: Volt [V]
elektrischer Widerstand ⁵	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formelzeichen R ▪ Definition: $R = \frac{U}{I}$ ▪ Einheitszeichen: Ohm [Ω] ▪ Schaltzeichen 
elektrische Leistung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formelzeichen P ▪ Definition: $P = U \cdot I$ ▪ Einheitszeichen: Watt [W]
2. Gesetze und Regeln	
Ohmsches Gesetz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Quotient aus der über dem Bauteil anliegenden Spannung U und der durch ihn fließende Stromstärke I heißt elektrischer Widerstand R ▪ $R = \frac{U}{I}$ ▪ „Der Widerstand eines Leiters ist bei konstanter Temperatur konstant, d.h. er hängt nicht von der Stromstärke oder der Spannung ab.“ (Nanova & Novotny, 2006, Versuch 6, S.11) ▪ Das Gesetz gilt nur für Ohmsche Leiter, d.h. für Leiter, bei denen der Widerstand R von der Spannung unabhängig ist. Bei diesen Ohmschen Widerständen ist die Strom-Spannungskennlinie linear. (s. Abb. 2.1)

⁴ für weitere Erläuterungen siehe Giancoli (2006). S.851 ff.

⁵ für weitere Erläuterungen siehe Giancoli (2006). S.852 ff.

	<p>Für viele Materialien und Bauteile wie z.B. die Diode ist der Widerstand aber spannungs- oder stromabhängig und die Kennlinie nichtlinear (s. Abb. 2.2).</p>  <p>Abb. 2.1: Strom – Spannungskennlinie eines ohmschen Widerstandes (aus Giancoli, 2006, S. 853)</p>  <p>Abb. 2.2: Strom – Spannungskennlinie einer Diode (aus Giancoli, 2006, S. 853)</p>
<p>1. Kirchhoffsches Gesetz</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auch Knotenregel genannt ▪ Sind mehrere Leitungen in einem Punkt miteinander leitend verbunden, so ist die Summe der zufließenden Ströme ist gleich der gleich der Summe der abfließenden Ströme ▪ $\sum I_{zu} = \sum I_{ab}$  <p>Bsp.: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$</p> <p>Abb. 2.3: Bilanzierung von Strömen an einem Knoten (aus Nanova & Novotny, 2006, S. 13)</p>
<p>2. Kirchhoffsches Gesetz</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ auch Maschenregel genannt ▪ In einem geschlossenen Umlauf (Masche) ist die Summe der anliegenden Spannungsabfälle gleich Null. ▪ $\sum U = 0$

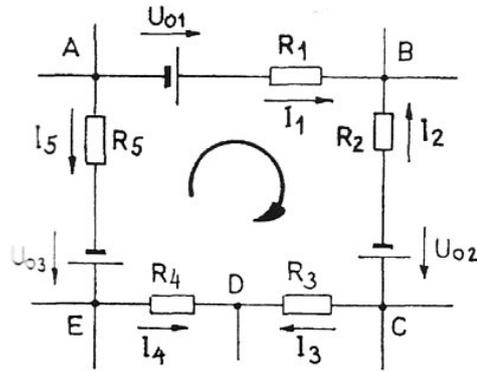


Abb. 2.4: Stromstärken und Spannungen in einer Masche mit verschiedenen Widerständen

(aus Nanova & Novotny, 2006, S. 13)

Bsp.:

$$U_{01} + R_1 I_1 - R_2 I_2 + U_{02} + R_3 I_3 - R_4 I_4 - U_{03} - R_5 I_5 = 0$$

4. Spannungs- und Strommessung

Spannungsmessung

- Die Spannung wird mit einem Voltmeter gemessen.
- Das Voltmeter wird parallel geschaltet.
- Schaltzeichen:



Strommessung

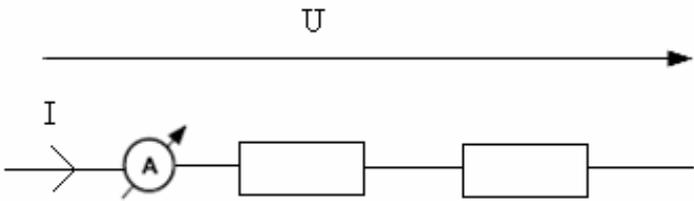
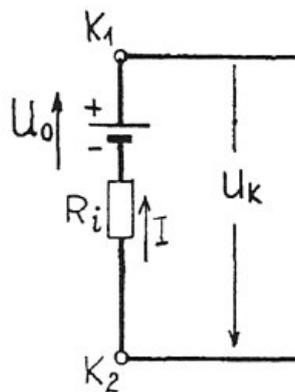
- Der elektrische Strom wird mit einem Ampèremeter gemessen.
- Das Ampèremeter wird in Reihe geschaltet.
- Schaltzeichen:

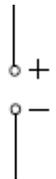


5. Geräte

Ampèremeter

- Das Ampèremeter muss einen sehr kleinen Innenwiderstand haben, da sonst der Gesamtwiderstand nicht erhöht wird und damit die elektrische Stromstärke sinkt, was die Messung verfälschen würde.

	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"> $R_i = \text{Innenwiderstand Ampèremeter}$ $R = \text{Widerstand des elektrischen Bauteils}$ </p> <p style="text-align: center;">Abb. 2.5: Ersatzschaltbild eines Ampèremeters</p> <p style="text-align: center;"> $I = \frac{U}{R_i + R}$ Je größer R_i, desto kleiner der gemessene Strom I </p> <ul style="list-style-type: none"> Bei den verwendeten digitalen Ampèremetern muss für größere Ströme als 200mA der Innenwiderstand durch Umstecken erhöht werden, damit das Gerät nicht beschädigt wird
<p>Voltmeter</p>	<ul style="list-style-type: none"> Das Voltmeter muss einen sehr großen Innenwiderstand haben, da sonst der Strom durch das Messgerät sehr klein wird und die gesamte Spannung am elektrischen Bauteil abfällt.
<p>Spannungsquelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> Jede Spannungsquelle hat selbst einen (relativ kleinen) Widerstand, den so genannten Innenwiderstand R_i. Die an den Klemmen K_1 und K_2 anliegende Spannung U_k ist nach der <p>Maschenregel:</p> <p style="text-align: center;">$U_k = U_0 - I \cdot R_i$</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p style="text-align: right;">Abb. 2.6: Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle mit Innenwiderstand (aus Nanova & Novotny, 2006, S. 14)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Klemmenspannung U_k wird maximal, wenn der Spannungsquelle kein Strom I entnommen wird: ▪ $U_k = U_0$ ▪ Den maximalen Strom I_k aus einer Spannungsquelle erhält man, wenn man die Klemmen „kurzschließt“ ▪ $I_k = \frac{U_0}{R_i}$ ▪ Schaltzeichen: 
Generator ⁶	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaltzeichen:  ▪ Der Generator wandelt mechanische in elektrische Energie um. ▪ In einer in einem Magnetfeld rotierenden Leiterschleife wird eine Spannung U_{ind} induziert. ▪ Nach dem Faraday'schen Gesetz ist die induzierte Spannung: ▪ $U_{ind} = -\frac{d\phi}{dt} = U_0 \sin \omega t \quad \text{mit } U_0 = nBA\omega$ ▪ D.h. die Spannung hängt bei fester Spulenfläche A und konstantem Magnetfeld B von der Winkelgeschwindigkeit ω ab.
Leuchtdiode ⁷	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Leuchtdiode⁸ ist ein Halbleiterbauteil, das den elektrischen Strom nur in eine Richtung hindurch lässt. ▪ Die LED ist ein nicht Ohmscher Widerstand und damit von der Spannung abhängig (s. Abb. 3.2) Bei 5V Spannung wird bei der verwendeten LED ein Strom von etwa 3mA gemessen, was einem Widerstand von ca. 1700Ω entspricht.
6. Stromkreise	
einfacher Stromkreis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der einfache Stromkreis besteht aus einer Spannungsquelle und einem elektrischen Bauteil (Widerstand).

⁶ für weitere Erläuterungen siehe Giancoli (2006). S.990 ff.

⁷ für weitere Erläuterungen siehe Giancoli (2006). S.1395 ff.

⁸ im weiteren Verlauf kurz LED genannt

- Die Spannung $U_{\text{Widerstand}}$ über dem Bauteil ist immer ungefähr so groß wie die eingestellte Spannung U_{Quelle} , wenn der Widerstand R des Bauteils deutlich größer als der Innenwiderstand R_i der Spannungsquelle ist. (Dann wird

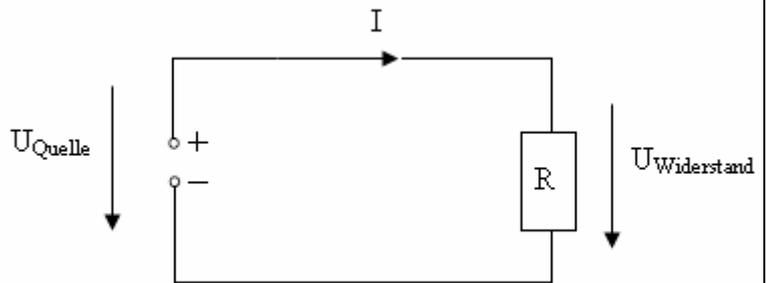
$$\frac{R_i}{R_i + R} \text{ sehr klein und } U_{\text{Widerstand}} \approx U_{\text{Quelle}})$$

- $U_{\text{Widerstand}} = U_{\text{Quelle}} - U_{\text{Quelle}} \frac{R_i}{R_i + R}$

- Die Stromstärke I hängt von der Größe des Widerstands R und der eingestellten Spannung ab.

- $I = \frac{U_{\text{Quelle}}}{R}$

- Schaltbild:



- Abb. 2.7: Ersatzschaltbild eines einfachen
- Stromkreises

Reihenschaltung

- Schaltbild:

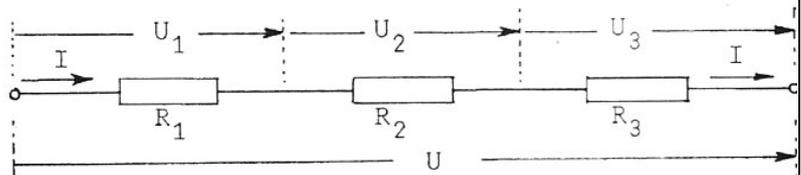
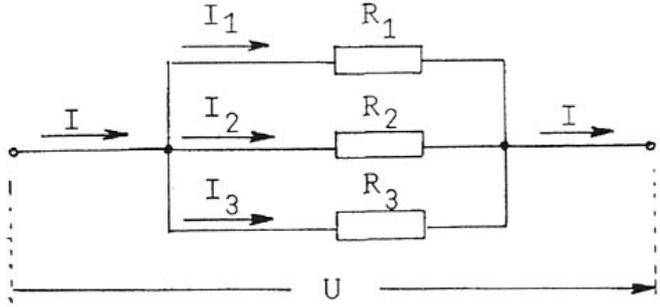


Abb. 2.8: Ersatzschaltbild einer Reihenschaltung (aus Nanova & Novotny, 2006, S. 16)

- In der Reihenschaltung ist die Summe aller Spannungsabfälle gleich dem Gesamtspannungsabfall

Bsp.: $U_{\text{Gesamt}} = U_1 + U_2 + U_3$

	<ul style="list-style-type: none"> Der Strom I ist nach der Knotenregel in allen Widerständen gleich groß. $U_{Gesamt} = U_1 + U_2 + U_3$ <ul style="list-style-type: none"> $\Leftrightarrow R_{Gesamt} \cdot I = R_1 I + R_2 I + R_3 I$ $\Leftrightarrow R_{Gesamt} = R_1 + R_2 + R_3$
Parallelschaltung	<ul style="list-style-type: none"> Schaltbild:  <p style="text-align: center;">Abb. 2.9: Ersatzschaltbild einer Parallelschaltung (aus Nanova & Novotny, 2006, S. 16)</p> <ul style="list-style-type: none"> Für einen Knoten der Parallelschaltung gilt: $I = I_1 + I_2 + I_3$ <ul style="list-style-type: none"> Die Spannung U ist nach der Maschenregel an alle Widerständen gleich. $I = I_1 + I_2 + I_3$ <ul style="list-style-type: none"> $\Leftrightarrow \frac{U}{R_{Gesamt}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$ $\Leftrightarrow \frac{1}{R_{Gesamt}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

2.2.2 Erfassung der Lernerperspektiven

Die Analyse der Schülervorstellungen hat für die Planung von Physikunterricht eine zentrale Bedeutung. Alle Schüler besitzen bereits durch vielfältige Alltagserfahrungen geformte Vorstellungen über Begriffe und Phänomene, die im Unterricht behandelt werden sollen. Diese Schülervorstellungen sind sowohl Anknüpfungspunkte als auch Lernhemmnisse für die Lernprozesse bei Schülern, da man im Physikunterricht tief an diesen durch Alltagserfahrungen entstandenen Vorstellungen rüttelt. Sie helfen dem Lehrer zu verstehen, warum Schüler bei Experimenten die „Dinge“ so sehen wie sie sie sehen und warum sie Deutungen und Erklärungen heranziehen, die in der ersten Betrachtung völlig irrational erscheinen, aber für die Schüler die logische Schlussfolgerung aus diesen Experimenten sind.

Um an die Schülervorstellungen im Unterricht anknüpfen zu können, bieten sich zwei Lernwege an. Der kontinuierliche Lernweg zeichnet sich dadurch aus, dass man „bruchlos“ von den Schülervorstellungen zur physikalischen Sichtweise überzugehen versucht. Dabei versucht man, von Schülervorstellungen, die nicht viel von der physikalischen Sichtweise abweichen, zu der richtigen physikalischen Beschreibung überzugehen, ohne bei den Schülern einen „kognitiven Konflikt“ zu erzeugen. Bei dem diskontinuierlichen Weg nutzt man eben diesen kognitiven Konflikt aus. Man stellt die Schülervorstellungen der tatsächlichen physikalischen Sichtweise gegenüber und zeigt, dass zwischen Vorhersage und Ergebnis etwas nicht übereinstimmt (vgl. Duit, 2004a, S. 2)

Im Folgenden werden nun die Schülervorstellungen, die für die Planung der Experimentierreihe wichtig sind, genannt:

„ein Draht genügt“ (Duit, 2005, S. 10)

Einige Schüler glauben, dass ein leitender Draht zwischen Quelle und Verbraucher genügt. Dies liegt vermutlich daran, dass im Haushalt meist nur ein Kabel von der Steckdose zum Elektrogerät führt und man nicht sofort erkennt, dass in diesem Kabel mehrere Drähte stecken.

„Stromverbrauchsvorstellung“
Die vielleicht am weitesten verbreitete Schülervorstellung ist die Stromverbrauchsvorstellung. Die Schüler glauben, dass der elektrische Strom in einem elektrischen Bauteil verbraucht bzw. vermindert wird. Dies liegt daran, dass der Begriff Strom im Alltag eher für Energie verwendet wird.
„Stromflussvorstellung“
Diese Schülervorstellung gehört eigentlich mit zur Verbrauchsvorstellung. Ich halte es aber für angebracht, sie aber hier als eigenen Punkt zu führen, da sie sich in der Experimentierreihe doch bei mehreren Probanden beobachten lässt. Die Schüler sind der Meinung, dass der Strom von der Quelle zum Verbraucher fließt, ähnlich einem Wasserfluss. Dabei wird der Strom meist als ein Fluss von Elektronen beschrieben, die in der Quelle oder in den Drähten gespeichert bzw. vorhanden sind und als Plus- oder Minusstrom durch den Verbraucher hindurch fließen (Duit, 2005, S. 10).
„Differenzierung von Strom und Spannung“ (Rhöneck, 1986, S.167)
Oft wird der Spannungsbegriff nicht ausreichend vom Strombegriff unterschieden. Die Spannung wird als eine Eigenschaft des elektrischen Stromes angesehen.
„Lokale Argumentation“
Bei der lokalen Argumentation fokussieren die Schüler ihre Aufmerksamkeit meist auf nur einen Punkt im Stromkreis und beachten nicht, dass der Stromkreis immer als System gesehen werden muss. So sind Schüler der Meinung, dass eine Batterie in einem Stromkreis einen ganz bestimmten konstanten elektrischen Strom liefert und sich z.B. die Änderung an irgendeinem Widerstand in diesem Stromkreis nicht auf die elektrische Gesamtstromstärke auswirkt.
„Sequentielle Argumentation“
Hier lassen sich zwei Vorstellungen ausmachen. Zum einen gibt es bei den Schüler ein „vor“ und ein „nach“ dem elektrischen Bauteil, d.h. es lässt sich ein Unterschied feststellen, wenn der Strom in das elektrische Bauteil „hineinfließt“ und dann wieder „herauffließt“. Zum anderen argumentieren die Schüler, dass eine „Änderung „vorne“ im Stromkreis sich auf den hinteren Teil auswirkt, aber eine Änderung „hinten“ sich nicht auf den vorderen Teil auswirkt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Schülervorstellungen und ihre Einbettung in den Unterricht eine zentrale Rolle in der Planung des Unterrichts einnehmen müssen. Kattmann wird dieser Schlussfolgerung in seinem Modell der didaktischen Rekonstruktion dadurch gerecht, in dem er die Schülervorstellungen zusammen mit der fachlichen Klärung zu dem Fundament seiner Planung macht (siehe Kapitel 1.4, Abb. 1.4). Ich folge diesem Modell nicht ganz. Ich hebe zwar wie Kattmann die Bedeutung der Schülervorstellungen hervor, biete seinen Ansatz in das Modell von Meyer ein, da ich dieses für die praktische Planung von Unterricht besser geeignet halte (vgl. Kapitel 1.2.5).

2.3 Planungsschritt 3 – Die Didaktische Strukturierung

Auf der dritten Planungsebene münden die bei der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektiven gewonnen Erkenntnisse in die didaktische Strukturierung. Dabei sind zuerst die nicht veränderlichen äußeren Voraussetzungen zu beachten, da diese Konsequenzen für die anderen Dimensionen auf dieser Ebene haben.

2.3.1 Die Sozialstruktur

Bei der Sozialstruktur halte ich mich an die in den letzten Vorlesungen vorherrschende Sozialform, die Gruppenarbeit. Zum einen sind bei der Gruppenarbeit mehr Lernende aktiv an der Durchführung beteiligt, zum anderen können sie sich wesentlich freier äußern, ohne Scheu davor vielleicht etwas Falsches zu sagen. Meyer beschreibt dies folgendermaßen: „Der Gruppenunterricht ist geeignet, die Schülerinnen ... zum selbständigen Denken, Fühlen und Handeln zu ermutigen.“ (Meyer, 1987, S. 245)

Ein weiterer Grund, um der vorgegebenen Sozialform zu folgen, ist die Art der Datenerhebung. Da bei der Datenerhebung zwei Gruppen mit je einer Videokamera aufgezeichnet werden, ist es wichtig, dass die Probanden miteinander über die Aufgaben und die Physik, die „dahinter steckt“, sprechen, so dass ihre Lernwege transparent für den Beobachter werden. Gerade diese qualitativen Aussagen lassen sich mittels Videostudium analysieren, um die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Optimierung der Experimentierreihe zu nutzen.

2.3.2 Methodischer Gang

Die Sozialform Gruppenarbeit bedingt zum großen Teil auch die Handlungsstruktur und damit den methodischen Gang. So wird die Experimentierreihe in Anlehnung an einen Handlungsorientierten Unterricht geplant werden. Bei der Gruppenarbeit stehen die Handlungen der Studenten im Vordergrund, was sowohl einen ganzheitlichen und schüleraktiven Unterricht bedingt. Die Studenten sollen Sachverhalte nicht nur theoretisch „mit dem Kopf“ erfassen, sondern ganzheitlich mit allen Sinnen. Deshalb sollen in allen Aufgaben die Probanden die Experimente selbst aufbauen, durchführen und auswerten. Hier muss allerdings angemerkt werden, dass es sich bei dieser Vorgehensweise eher um Handelnden Unterricht statt Handlungsorientiertem Unterricht handelt. Beim Handelnden Unterricht „stehen die materiellen Handlungen immer am Anfang der Lernprozesses; ebenso grundsätzlich steht am Schluß die >>rein<< geistige, ... Problembewältigung“ (Meyer, 1991, S. 356). Beim Handlungsorientierten Unterricht hingegen steht am Beginn „ein eher kognitiver, ... Planungsprozeß und am Schluß das Produkt materieller Handlungen“ (Meyer, 1991, S. 356).

Im methodischen Gang sollen zu Beginn jeder Aufgabe die Experimente zuerst aus einer vorbereiteten Materialkiste aufgebaut werden. Der Materialpool wird deshalb vorgegeben, da es zu viel Zeit benötigen würde, wenn die Probanden die benötigten Materialien in der Sammlung suchen müssten. Zudem müsste jede Gruppe überprüft werden, ob sie die richtigen Materialien verwendet, was zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde, worunter die Durchführung der Experimente leiden würde. Als nächstes sollen die Experimente durchgeführt werden und die Studenten sollen ihre Beobachtungen festhalten und beschreiben. Danach sollen sie aus ihren Beobachtungen Erkenntnisse und Regelmäßigkeiten gewinnen. Diese werden dann eigenständig von ihnen in Merksätzen und Merk-Matrizen gesichert.

Die ersten vier Aufgaben werden zu Beginn sehr detailliert erklärt, um eine Einführung in die verwendeten Geräte und die angestrebte Durchführung und Auswertung zu geben. Die weiteren Aufgaben sind dann etwas weniger kleinschrittig beschrieben und fordern von den Probanden die Anwendung der in den Anfangsaufgaben erworbenen Erkenntnisse und Fähigkeiten. Obwohl alle Aufgaben in ihrer Grundstruktur vorgegeben sind, liegt die Durchführung, die Auswertung und die Ergebnissicherung in der Hand der Probanden und von außen wird nur beratend, aber nicht steuernd eingegriffen.

2.3.3 Die Zielstruktur

Bei der Zielstellung greife ich auf die im ersten Planungsschritt in Kapitel 2.2 festgelegten Themen der Experimentierreihe und die in Kapitel 2.3.2 erfassten Lernerperspektiven zurück. Dabei werden als Vorerfahrungen bestimmte Kompetenzen wie der Aufbau von einfachen Stromkreisen, reiner Parallel- und Reihenkreise sowie die Integration von Bauteilen in diese Stromkreise vorausgesetzt. Grundlage für diese Vorerfahrungen ist die Erprobung einer Aktionsbox zu elektrischen Stromkreisen, die im Rahmen einer anderen Examensarbeit (vgl. Rahn, 2008) entwickelt und einer vorherigen Sitzung in diesem Kurs erprobt wurde. Auf dieser Grundlage formuliere ich eine Reihe von Feinzielen, anhand derer im nächsten Planungsschritt die Aufgaben entworfen werden. Diese Lernziele bauen aufeinander auf, so dass sich ein logischer und konsistenter Ablauf der Aufgaben ergeben soll. Die Feinziele werden so formuliert, dass deutlich wird, welche fachbezogenen Kenntnisse und Fähigkeiten die Studierenden im Verlauf der Bearbeitung des Materials erwerben sollen.

Diese Feinziele beziehen sich alle auf den einfachen Stromkreis:

- Feinziel 1: Die elektrische Stromstärke ist im einfachen Stromkreis überall gleich.
- Feinziel 2: Das Ampèremeter wird in Reihe geschaltet.
- Feinziel 3: Alle Lampen enthalten Angaben, denen entnommen werden kann, wie hell eine Lampe leuchtet.
- Feinziel 4: Der Widerstand ist eine Kenngröße von elektrischen Bauteilen und wird über den Quotienten aus Spannung und Strom berechnet.
- Feinziel 5: Widerstand und elektrischer Strom stehen in Abhängigkeit zueinander, je größer / kleiner R , desto kleiner / größer I .
- Feinziel 6: Ein Voltmeter wird parallel geschaltet.
- Feinziel 7: Die gemessene Spannung ist ungefähr so groß wie die an der Spannungsquelle eingestellte Spannung.
- Feinziel 8: Die Spannung kann nur über dem elektrischen Bauteil, die elektrische Stromstärke nur vor oder hinter dem elektrischen Bauteil gemessen werden.

Die folgenden Feinziele beziehen sich auf die Reihenschaltung:

- Feinziel 9: Die elektrische Stromstärke ist überall gleich groß.
- Feinziel 10: Der elektrische Strom wird nicht verbraucht.
- Feinziel 11: Die Summe der Einzelspannungen ergibt ungefähr die Gesamtspannung.
- Feinziel 12: Je größer der Widerstand eines Lämpchen, desto größer ist der abfallende Teil der Gesamtspannung und umso heller leuchtet das Lämpchen.

Diese Feinziele beziehen sich auf die Parallelschaltung:

- Feinziel 13: Die Spannungen in der Parallelschaltung sind ungefähr so groß wie die eingestellte Spannung.
- Feinziel 14: Die Strom teilt sich in der Parallelschaltung auf, wobei die Summe der Einzelströme den Gesamtstrom ergeben.

Diese Feinziele beziehen sich auf den Generator:

- Feinziel 15: Die Erhöhung der Stromstärke geht einher mit dem Kurbeln gegen einen höheren Widerstand.
- Feinziel 16: Die Erhöhung der Spannung geht einher mit schnellerem Kurbeln.

2.4 Planungsschritt 4 – Den Verlauf planen

Im letzten Schritt münden die Dimensionen der Didaktischen Strukturierung in die konkrete Verlaufsplanung. Dabei gliedere ich die Feinziele so auf, dass zusammengehörige Lernziele in einer Aufgabe vereint werden. So passen zum Beispiel die Feinziele eins bis drei in eine gemeinsame Aufgabe, ohne diese inhaltlich zu überladen. Auch werden bestimmte Feinziele (wie zum Beispiel Feinziel 5) mehrmals in verschiedenen Aufgaben aufgegriffen, denn nicht jedes Feinziel lässt sich sofort über eine einzelne Aufgabe erreichen.

Da die Experimentierreihe als Gruppenarbeit durchgeführt werden soll, bei der nur beratend, aber nicht steuernd eingegriffen werden soll, habe ich mich für Arbeitsaufträge auf Arbeitsblättern entschieden. Diese Arbeitsblätter sollen sowohl den Einstieg, die

Erarbeitungsphase und die Ergebnissicherung enthalten, so dass die Probanden möglichst autonom arbeiten können. Sie sollen sich nur bei Verständnisschwierigkeiten oder Problemen bei den Experimenten, die immer bei einem ersten Testlauf entstehen, an die Betreuer wenden.

Im Folgenden wird der Inhalt der einzelnen Aufgaben kurz erklärt und welche Feinziele diesen Aufgaben zu Grunde liegen.

Aufgabe 1
<ul style="list-style-type: none">▪ Zu Beginn der ersten Aufgabe gibt es eine kurze technischen Einführung:<ul style="list-style-type: none">➤ Wie sieht ein Multifunktionsgerät aus?➤ Welche Einstellungen müssen vorgenommen werden, damit es als Ampèremeter arbeitet?➤ Was muss am Netzgerät beachtet werden?➤ Wie wird ein Ampèremeter geschaltet?▪ Dann soll ein einfacher Stromkreis aufgebaut werden, in dem die Stromstärke vor und hinter dem Lämpchen gemessen werden soll. Diese Messung soll für verschiedene Lämpchen wiederholt werden.▪ Die Studenten sollen ihre Ergebnisse und was ihnen daran auffällt notieren.▪ Dieser Aufgabe liegen die Feinziele 1-3 zu Grunde.
Aufgabe 2
<ul style="list-style-type: none">▪ In dieser Aufgabe wird der Widerstand als Kenngröße eines elektrischen Bauteils eingeführt. Die Studenten sollen aus Angaben von U und I, die auf den Bauteilen stehen, den Widerstand der Bauteile berechnen.▪ Dieser Aufgabe liegt Feinziel 4 zur Grunde.
Aufgabe 3
<ul style="list-style-type: none">▪ Bei Aufgabe 3 werden verschiedene Bauteile nacheinander in einen einfachen Stromkreis eingebaut und die Stromstärke vor und hinter jedem Bauteil gemessen. Danach sollen die Messwerte mit den Widerständen der Bauteile aus Aufgabe 2 verglichen und die Abhängigkeit der Stromstärke von Widerstand erkannt werden.▪ Hier sollen die Feinziele 1 und 5 erreicht werden.

Aufgabe 4

- Hier wird zuerst erklärt, welche Einstellungen man vornehmen muss, um das Multimeter als Voltmeter nutzen zu können.
- Jetzt sollen die Studenten erkennen, wie ein Voltmeter geschaltet wird.
- Danach soll bei fest eingestellter Spannung am Netzgerät die Spannung über den einzelnen Bauteilen gemessen und mit der Spannung am Netzgerät verglichen werden.
- Am Ende der Aufgabe sollen ihre Erkenntnisse aus Aufgabe 3 und 4 zusammenfassen.
- Die Aufgabe wurde anhand der Feinziele 5-7 geplant.

Aufgabe 5

- Die Studenten sollen die Spannung über den Kabeln und über dem Widerstand in einem einfachen Stromkreis messen und dabei erkennen, dass man die Spannung nur über dem Widerstand messen kann.
- Am Ende der Aufgabe sollen die Studenten noch einmal zusammenfassen, wie man Stromstärke und Spannung messen kann.
- Für die Planung liegen die Feinziele 2, 6 und 8 zu Grunde.

Aufgabe 6.1

- In der Aufgabe 6.1 und 6.2 sollen die Regelmäßigkeiten der Messwerte in der Reihenschaltung erarbeitet werden.
- Im ersten Teil der Aufgabe werden zwei bzw. drei gleiche Lämpchen in Reihe geschaltet und die Stromstärke an verschiedenen Punkten im Stromkreis gemessen.
- Dieser Aufgabe liegen die Feinziele 5, 8 und 9 zu Grunde.

Aufgabe 6.2

- In diesem Teil sollen die Spannungen über den einzelnen elektrischen Bauteilen gemessen werden. Dabei sollen erst gleiche, dann verschieden Lämpchen verwendet und die Messergebnisse ausgewertet werden.
- Nun soll zusammengefasst werden, wie sich Spannung und Strom in der Reihenschaltung verhalten.
- Hier sollen die Feinziele 9, 11 und 12 erreicht werden.

Aufgabe 7.1

- In Aufgabe 7 wird die Parallelschaltung betrachtet. Im der ersten Teilaufgabe sollen über gleichen und verschiedenen Lämpchen die Spannungsabfälle gemessen werden und mit der Quellspannung verglichen werden.
- Dies entspricht dem Feinziel 13

Aufgabe 7.2

- Diese Aufgabe ist wiederum zweigeteilt. Im ersten Teil soll die elektrische Stromstärke in verschiedenen Punkten in der Parallelschaltung gemessen werden und miteinander verglichen werden.
- Dieser Aufgabe liegen die Feinziele 5, 10 und 14 zu Grunde.
- Im zweiten Teil sollen die Erkenntnisse aus den Aufgaben 6.1 und 6.2 sowie 7.1 und 7.2 in einer Matrix zusammengefasst werden.
- In diesem Teil werden die Feinziele 9, 11, 13 und 14 wieder aufgegriffen.

Aufgabe 8

- Im ersten Teil der Aufgabe sollen die Stromstärken und die Spannungen in einer Reihen- und Parallelschaltung mit zwei gleichen Lämpchen gemessen werden. Als Spannungsquelle dient dabei ein Handgenerator, der mal schneller mal langsamer gedreht werden soll.
- Im zweiten Teil wird neben einem einfachen Stromkreis eine Parallel- und Reihenschaltung aufgebaut, die abwechselnd mit dem Handgenerator betrieben werden sollen. In allen Schaltungen sollen die Lämpchen gleich hell leuchten und die Studenten sollen ihre Erfahrungen beim Drehen des Handgenerators aufschreiben.
- Die Ergebnisse sollen in einer Matrix zusammengefasst werden.
- Dieser Aufgabe liegen die Feinziele 15 und 16 zu Grunde.

Aufgabe 9

- Diese Aufgabe dient als Zusatzaufgabe für besonders schnelle Probanden. Hier sollen die erworbenen Fähigkeiten, z.B. wie man Spannung und Stromstärke misst, in einer unbekanntem Schaltung angewandt werden.
- Dieser Aufgabe liegen die Feinziele 2, 6, 7 und 8 zu Grunde.

Kapitel 3: Fragestellung der Arbeit

In diesem Abschnitt wird der Versuch unternommen, auf der Basis der Planungsmodelle und der Entwicklung der Experimentierreihe, die in den vorherigen Kapiteln dargestellt wurden, Fragestellungen zu entwickeln, auf deren Grundlage die Auswertung der erhobenen Daten erfolgen soll. Dabei werfen vor allem die einzelnen Planungsschritte des selbst gewählten Planungsrahmens in Kapitel 2 Fragen auf, die in der Auswertung beantwortet werden sollen.

Die im zweiten Schritt des selbst gewählten Planungsrahmens auf der Ebene der Bedingungsanalyse untersuchten Schülervorstellungen lassen eine Vielzahl von Fragestellungen zu, die eine zentrale Rolle in der Auswertung der Fragen einnehmen:

Frage 1: Lassen sich die in Kapitel 2.2.2 dokumentierten Schülervorstellungen bei den untersuchten Probanden während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?

Frage 2: Finden sich bei der Auswertung der Daten vielleicht Vorstellungen, die nicht in Kapitel 2.2.2 berücksichtigt wurden, aber bei der Bearbeitung der Aufgaben bei den Probanden auftreten?

Frage 3: Gibt es Hinweise, dass sich die vorgefundenen Vorstellungen im Laufe der Experimentierreihe verändern?

Frage 4: Entwickeln sich im Verlauf der Experimentierreihe aufgrund bestimmter Aufgaben neue Schülervorstellungen?

Frage 5: Lässt sich erkennen, auf welche Weise sich die Schülervorstellungen verändern? Führt der kontinuierliche oder diskontinuierliche Lernweg zu einer Veränderung?

Mit Frage 5 wird die Frage nach den Lernwegen gestellt. Zusätzlich zu den anderen Fragen sollten auch immer die Lernwege an sich untersucht werden. Diese Frage lässt

sich in dieser Untersuchung vermutlich nur tangieren, da sie aus Zeitgründen nicht der Zielsetzung der Arbeit entspricht.

Die fachliche Klärung spielt bei der Entwicklung der Fragestellungen zwar nur eine untergeordnete Rolle. Es soll jedoch untersucht, ob sich von der Klärung abweichende (nicht ausreichend geklärte) Aspekte finden lassen.

Frage 6: Sind bei der fachlichen Klärung einige Aspekte unberücksichtigt geblieben? Sind aufgrund dieser Aspekte bestimmte Experimente plötzlich ganz anders verlaufen und die Probanden zu ganz anderen Schlüssen gekommen?

Die Überprüfung der Lernziele hat wie die Analyse der Schülervorstellungen zentrale Bedeutung für die Entwicklung der Fragestellungen. Im selbst gewählten Planungsrahmen nimmt die Festlegung der Ziele auf der Ebene der didaktischen Strukturierung eine wichtige Rolle ein, die in dieser Untersuchung betont wird. Das zu Beginn der Unterrichtsplanung formulierte Grob- und das übergeordnete Feinziel sind weniger direkt überprüfbar. Das Grobziel ist in dieser Experimentierreihe nicht zu erreichen, da es auf eine langfristige Entwicklung abzielt, das übergeordnete Feinziel sollte jedoch in erster Näherung erreicht werden.

Frage 7: Werden die Lernziele, die für jede der einzelnen Aufgaben formuliert wurden, alle erreicht?

Frage 8: Wieso wird ein Lernziel nicht erreicht? Passt das Lernziel nicht zu der Aufgabe oder die Aufgabe nicht zu den Lernzielen?

Eine weitere Fragestellung auf der Ebene der didaktischen Strukturierung, die durch die Untersuchung beantwortet werden muss, ist die Frage nach dem methodischen Gang.

Frage 9: Gibt es in der Untersuchung Hinweise darauf, dass das gewählte methodische Vorgehen zum Erreichen der Lernziele gut bzw. weniger gut geeignet ist?

Ebenfalls auf der Ebene der didaktischen Strukturierung befindet sich die Inhaltsstruktur. Hier rücken besonders die benutzten Materialien in den Fokus der Aufmerksamkeit. Diesen werden von Heimann und Schulz in ihrem Berliner Modell unter dem Begriff „Medien“ in den „Variablen des Unterrichts“ als eigenständiger Punkt angeführt. Diese Bedeutung wird bei der Entwicklung der Fragestellung berücksichtigt, obwohl im selbst gewählten Planungsrahmen diesem Punkt keine solche Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Eignung der Materialien hat aber bei der Untersuchung von Physikunterricht eine wichtige Bedeutung. Meist besteht nur selten die Möglichkeit, dass die Lehrer aus dem Materialpool frei auszuwählen können. Zu oft sind sie an das gebunden, was in den Schulsammlungen vorhanden ist. So soll in dieser Untersuchung geklärt werden, ob die verwendeten Materialien und Geräte für die Bearbeitung der Aufgaben geeignet sind oder ob für die zukünftige Zusammenstellung von Materialsammlungen oder die Auswahl von Materialien für Aufbau von Experimenten neue Überlegungen angestellt werden müssen.

Frage 10: Sind die in der Experimentierreihe benutzten Materialien sinnvoll?

Frage 11: Können mit den verwendeten Materialien und Geräten die Lernziele erreicht werden?

Frage 12: Ergeben sich aus der Untersuchung Konsequenzen für den zukünftigen Entwurf von Schülerexperimenten?

Abschließend lässt sich sagen, dass die Entwicklung der Experimentierreihe eine Vielzahl von Fragen aufgeworfen hat. Die Beantwortung dieser Fragestellungen ist für die Weiterentwicklung und Optimierung dieser Reihe von zentraler Bedeutung, um in weiteren Durchläufen bessere Ergebnisse erzielen zu können. Denn keine Unterrichtsreihe ist bei der ersten Umsetzung gleich perfekt. Es erfordert immer eine genaue Evaluation des Unterrichtsgeschehens, damit Probleme und neue Ansatzpunkte erkannt werden, die dann in der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.

Kapitel 4: Datenerhebung und Methodisches Vorgehen

4.1 Zusammensetzung der Probanden – Gruppe

Die Experimentierreihe wurde mit Lehramtstudenten aus dem Haupt- und Realschulbereich L2 und dem Sonderschulbereich L5 erprobt, die als ein Fach Arbeitslehre studieren. Die Studenten befinden sich alle im zweiten Fachsemester oder höher und besuchen die Vorlesung „Einführung in die Technik“ bei Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter. Über die fachlichen Kenntnisse und Voraussetzungen der Probanden können keine genauen Aussagen getroffen werden, jedoch dürften sich die meisten inhaltlichen Kenntnisse der Studenten auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre höchstens auf Mittelstufenniveau bewegen. Diese Einschätzung lässt sich u.a. dadurch begründen, dass eine Reihe von Studierenden explizit zu Beginn der Lehrveranstaltung angegeben hat, Physik so schnell wie möglich in der Oberstufe abgewählt zu haben.

4.2 Erprobung der Einheit

Die Erprobung der Einheit umfasste zwei Termine á 90 Minuten. Anschließend wurden Teile der Arbeit an einem dritten Termin noch einmal zusammengefasst. Der dritte Termin wird aber im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet. An der ersten Erprobung nahmen 15 Studenten, an der zweiten Erprobung 16 Studenten teil. Die Studenten wurden bei der Durchführung unterstützt von Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter, Dr. Steffen Frank und Christian Rogge, sowie an einem der beiden Termine von mir. Zu Beginn der Experimentierreihe teilten sich die Studenten selbstständig in fünf Kleingruppen auf, in denen sie schon in den Wochen zuvor gearbeitet hatten.

Aus Datenschutzgründen werden in dieser Arbeit keinen Namen genannt, sondern die Gruppen mit Zahlen von eins bis fünf bezeichnet. In den beiden Gruppen, die mit je einer Videokamera aufgezeichnet werden, werden die Probanden zur besseren Unterscheidung mit Buchstaben gekennzeichnet. Die Gruppen setzen sich folgendermaßen zusammen und verteilen sich wie folgt im Raum:

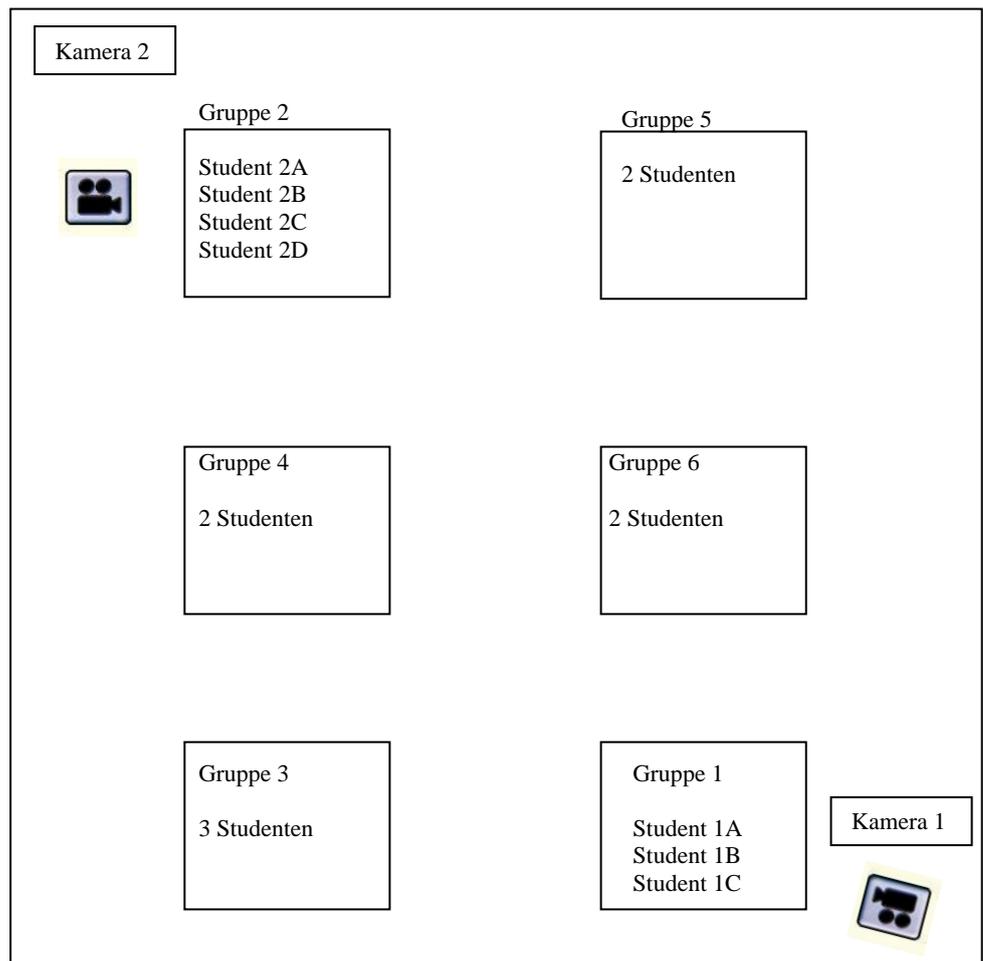


Abb. 4.1 Zusammensetzung der Gruppen⁹ und die Raumstruktur

4.3 Erhebung der Daten

Die Gruppen 2 und 5 wurden während der Experimentierreihe mit je einer stationären Videokamera¹⁰ aufgezeichnet und wobei der Ton über jeweils ein Mikrofon, das direkt über den Gruppentischen hing, aufgenommen wird. Die aufgezeichneten Filme wurden am Computer analysiert und aussagekräftige Sequenzen transkribiert. Die Videoerhebung wird deshalb genutzt, da die Handlungen der Probanden so in Bild und Ton erfassbar werden, was eine genauere qualitative Auswertung der Daten ermöglicht. Zudem gehören

⁹ Student 2D war nur in der zweiten Sitzung anwesend.

¹⁰ Die Standorte von Kamera 1 und Kamera 2 sind in Abb. 4.1 eingezeichnet.

Videoerhebungen in Lehr-Lernsituationen mittlerweile zu den gebräuchlichen Verfahren in fachdidaktischen Ansätzen (Duit et al., 2003).

Neben der Videoerhebung werden die in der „Entwicklung der Experimentierreihe“ in Kapitel 2 entwickelten Arbeitsblätter für die Auswertung genutzt. Diese Arbeitsblätter wurden von den einzelnen Gruppen mit Namen versehen, bearbeitet und am Ende der Durchführung eingesammelt.

4.4 Auswertung der Daten

Bei Auswertung der Daten wurden die während des Verlaufs aufgezeichneten Videos der beiden Gruppen nacheinander analysiert. Die Aussagen wurden geschlechtsunabhängig untersucht, deshalb wurden bei der Kennzeichnung der Probanden keine Hinweise auf deren jeweiliges Geschlecht gegeben. Bei dieser qualitativen Untersuchung lagen die in Kapitel 4 entwickelten Fragestellungen zu Grunde, um daraufhin wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse festzustellen.

Im zweiten Schritt werden die Arbeitsblätter ausgewertet. Hier steht vor allem im Vordergrund, welche Aussagen und Formulierungen sich in den Aufgaben und Ergebnissen der Gruppen finden lassen.

In Kapitel 5.3 werden die beiden Analyseschritte wechselseitig aufeinander bezogen und die Ergebnisse zusammengefasst, um darauf Aussagen zu den Fragestellungen der Arbeit abzuleiten.

Kapitel 5: Ergebnisse der Arbeit

5.1 Analyse der Videodaten

Bei der Videoanalyse werden wichtige und erwähnenswerte Ergebnisse und Erkenntnisse nach Aufgaben untergliedert zusammengestellt, um eine bessere Übersicht zu erhalten. Beide Gruppen bearbeiten die Aufgabenblätter bis einschließlich Aufgabe 7.2. Diese Aufgabe wird jedoch nur teilweise bearbeitet.

Aufgabe 1: Stromstärke in einem einfachen Stromkreis mit verschiedenen Lämpchen messen
--

- 1.1 Zu Beginn fällt sofort auf, dass die optische Fülle des Aufgabenmaterials einige Probanden abschreckt. Noch bevor das Aufgabematerial genau gelesen wird, sind in Gruppe 2 die Aussagen zu hören:
- 2A: *„Ich glaub auch, dass es schwerer wird als beim letzten Mal.“*
- 2B: *„Ich auch“* Dies lässt die Motivation sinken, was in einem
- 2B: *„Ich versteh schon den ersten Satz nicht.“*
- mündet und eine negative Grundeinstellung impliziert.
- 1.2 Beide Gruppen erkennen aus der Schaltskizze, dass das Ampèremeter in Reihe in die Schaltung eingebaut werden muss. Gruppe 1 hat jedoch dabei einige Schwierigkeiten.
- 1C: *„Wenn da nur eine Lampe ist, dann kann man doch gar nicht sagen, ob in Reihe oder nicht.“ [...]*
- 1B: *„Das ist in Reihe.“* (fährt Schaltskizze mit ihrem Finger nach)
- 1C: *„Wie, wie wird das mit einer Lampe aussehen, wenn das parallel wär?“*
- 1A: *„Genau so.“*
- 1B: *„Sind bei Parallelschaltung nicht immer zwei ... Lampen?“*
- Diese Aussagen zeigen, dass schon bestimmte Begriffe wie „in Reihe“ oder „Parallelschaltung“ vorhanden sind, d.h. auf ein gewisses Vorwissen aufgebaut werden kann. Jedoch liegt kein gesichertes Vorwissen zu

Grunde, so dass im Verlauf der Experimentierreihe einige Vorstellungen zu den Begriffen „in Reihe“ oder „Parallelschaltung“ aktiviert, andere jedoch revidiert werden müssen.

- 1.3 Sehr interessant ist das Vorgehen von Gruppe 2 bei der Messung. Sie bauen das Messgerät nicht vor und hinter dem Lämpchen in den einfachen Stromkreis ein, sondern vertauschen bei den Messungen lediglich die Anschlüsse am Messgerät. Dies führt dazu, dass bei den Messwerten das Vorzeichen immer wechselt. Die Probanden schließen daraus aber, dass sich das Vorzeichen vor und hinter dem Lämpchen ändert.

2A: *„Minus, genau das Gegenteil dazu.“*

[...]

2B: *„Soll ich jetzt Plus oder Minus da hinschreiben? Das Gegenteil kennen wir ja dann immer.“*

Wie Gruppe 2 bemerkt auch Gruppe 1, dass sich das Vorzeichen ändert.

1C: *„...?.. ändert sich's ja von Plus zu Minus [gemeint ist das Vorzeichen].“*

Anhand dieser Aussagen lässt sich erkennen, dass im Prinzip bei den Probanden die Vorstellung schon vorhanden ist, dass die Stromstärke vor und hinter dem Lämpchen gleich groß ist. Sie unterscheiden aber dennoch zwischen +0,2A und -0,2A. Aufgrund dieser Unterscheidung kommen die Probanden zu der Annahme, dass das Bauteil die Stromrichtung umdreht.

2A: *„Strom dreht sich in der Lampe um. Er fließt in die eine bzw. andere Richtung.“*

Diese Aussage verdeutlicht, dass hier die Stromflussvorstellung zu Grunde liegt (vgl. Kapitel 2.2.2). Der Strom wird als eine fließende Strömung gedeutet. Hier müsste im Physikunterricht zum einen die Frage aufgegriffen werden, in welche Richtung der Strom abfließt, wenn er von beiden Seiten in die Lampe fließt. Zum anderen müssten die Probanden die Anschlüsse des Messgerätes einfach tauschen um zu erkennen, dass die Stromrichtung auch von der Beschaltung des Messgerätes abhängt.

- 1.4 Auch Gruppe 1 gibt nicht explizit an, dass die Stromstärke im einfachen Stromkreis vor und hinter den Lämpchen gleich ist, obwohl dies aus ihren

Messwerten zu entnehmen ist. Bei ihnen schwankt der Messwert vor dem Lämpchen zwischen 0,19 - 0,2A. Hinter dem Lämpchen messen sie 0,19A. Daraufhin ändern sie den ersten Messwert auf 0,19A und wenden schon implizit an, dass die Stromstärke im einfachen Stromkreis überall gleich ist.

- 1.5 Gruppe 1 vermutet, dass es einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Lämpchen und den gemessenen unterschiedlichen Stromstärken gibt.

1A: *„...?..muss was mit den Lämpchen zu tun...?.., wenn das eine Lämpchen mehr Strom braucht.“*

[...]

1B: *„... die Lämpchen haben doch immer Wattverbrauch glaub ich.“*

Diese Vermutung kann in diesem Versuch noch nicht überprüft werden, da die Probanden die Größe Widerstand noch nicht kennen. Jedoch wird dieser Zusammenhang in Aufgabe 3 wieder aufgegriffen und untersucht.

Aufgabe 2: Messen von Widerständen mit dem Multifunktionsgerät

- 2.1 Hier muss zuerst angeführt werden, dass die Überschrift nicht zur Aufgabe passt, da die Aufgabe kurz vor der Erprobung noch geändert wurde.

- 2.2 Zu Beginn der Aufgabe sollen die Probanden sich die Kenndaten auf den Bauteilen genauer anschauen. Auf der Diode finden die Probanden keine Angaben und die Daten auf dem Ventilator sind von Hand aufgeklebt. Die Wattangabe auf der Halogenlampe verwirrt Gruppe 1, da sie mit diesem Begriff noch nichts assoziieren können.

1B: *„Was bedeutet das 20 Watt?“*

1A: *„Keine Ahnung.“*

Hier wäre es sinnvoller gewesen, nur solche Bauteile auszuwählen, auf denen die Angaben maschinell aufgedruckt sind und die Bedeutungen der Einheiten den Probanden bekannt sind.

2.3 Das folgende Beispiel zeigt, wie die Vielzahl von Begriffen wie Volt, Ampère und Ohm die Probanden den Versuch nicht positiv erleben lassen.

2B: *„Das ist schwer.“*

Betreuer: *„Warum ist es schwer?“*

[...]

2B: *„Das was wir das letzte Mal, das war ja richtig einfach. ..?.. Aber jetzt, das ist zu viel auf einmal. ..?.. Viel zu viel mit Ampère und mit ..?.. Volt.“*

Es wäre didaktisch sinnvoller gewesen, den Widerstand als Kenngröße eines elektrischen Bauteiles einzuführen, anstatt ihn über die Volt- und Spannungsangaben auf den Bauteilen ausrechnen zu lassen. Des Weiteren sollte vielleicht nicht gleich zu Beginn der Elektrizitätslehre von Ampère-, Volt- und Ohmmeter gesprochen werden, sondern zuerst die Begriffe Strom- bzw. Spannungsmessgerät verwendet werden, bis sich die Verwendung der Einheiten Ampère, Volt und Ohm bei den Probanden gefestigt hat.

Aufgabe 3: Stromstärke im einfachen Stromkreis mit verschiedenen Widerständen messen
--

3.1 Bei dieser Aufgabe fällt in der Analyse sofort auf, dass beide Gruppen das zweite Messgerät aus ihrer Materialkiste nicht benutzen. Offensichtliche Gründe hierfür sind keine zu erkennen. Hier müsste ein Hinweis an die Gruppen erfolgen, da mit beiden Messgeräten ein besserer Vergleich der Messwerte möglich ist.

3.2 Gruppe 2 beachtet den Sicherheitshinweis und „dreht“ die Spannung am Netzgerät immer auf 0V zurück, jedoch schalten sie das Netzgerät danach immer aus und vor der nächsten Messung wieder an. Hier müsste bei der Einführung ein Hinweis erfolgen, dass das Netzgerät während der Durchführung angeschaltet bleiben soll, da das Gerät immer erst „warm laufen“ muss, um stabile Messwerte zu liefern.

- 3.3 Gruppe 2 verwendet die im ersten Versuch erzielte (falsche) Erkenntnis, dass das Bauteil die Stromrichtung und damit das Vorzeichen umdreht und benutzt diese Erkenntnis, ohne auf die Messwerte in der Schaltung zu achten.
- 2A: *„Ist es [das Ampèremeter] jetzt vor oder hinter dem Bauteil?“*
- 2B: *„[...]Minus ist hinter.“*
- 3.4 Gruppe 2 misst im einfachen Stromkreis mit Halogenlampe vor dem Bauteil 1,05A, sie notieren sich diesen Wert aber nicht. Nach dem Bauteil messen sie 1,06A und ergänzen nun den fehlenden Wert zu 1,06A.
- 2B: *„Aber das andere [Messgerät] war 05 [gemeint ist 1,05A].“*
- 2A: *„Ne, ne. Das war auch 1,06.“*
- Die Gruppe geht intuitiv davon aus, dass die Stromstärke vor und nach dem Bauteil gleich groß ist.
- 3.5 Gruppe 1 kommt zu dem gleichen Ergebnis. Auch sie messen die Stromstärke vor der Halogenlampe und vermuten, dass die Stromstärke dahinter gleich ist, sich jedoch das Vorzeichen laut ihrer Vorstellung ändern muss.
- 1C: *„0,97[Ampère].“*
- 1A: *„Also wir können es jetzt auch noch mal dahinter [messen], [...].“*
- 1B: *„Aber dann ist es nur wie Minus.“*
- 3.6 Die Benutzung der LED bereitet den Probanden Schwierigkeiten. Gruppe 2 sucht zu Beginn der Aufgabe zuerst auf ihrem Arbeitsblatt nach einem Hinweis, in welche Richtung die LED angeschlossen wird. Da sie keinen Hinweis finden, versuchen sie sich an eine Definition aus einer vorangegangene Vorlesung zu erinnern,
- 2A: *„Wisst ihr noch, wie das hier war? Das lange [Anschlussbeinchen] zu Plus [Pluspol]?“*
- [...]
- 3B: *„Das lange war Minus.“* (blättert in seinen Unterlagen)

Dieses Beispiel zeigt, dass die Probanden zu Beginn der Experimentierreihe noch Hemmungen haben, im Experiment einfach etwas auszuprobieren. Denn bei der LED gibt es nur zwei Möglichkeiten, wie sie in den Stromkreis integriert werden kann. Dennoch bemühen die Probanden erst ihre Unterlagen, bevor im Experiment fortfahren.

- 3.7 Der Messbereich des Multimeters muss auf Milliampère umgestellt werden, um den Strom durch die Diode messen zu können. Das Umstecken des Messbereiches ist problematisch, da die direkte Einsicht fehlt, wieso der vorher gewählte Messbereich nicht mehr ausreicht.

(Betreuer stellt den Messbereich des Ampèremeters um)

2B: *„Kannst du mir mal jetzt sagen, was die [Betreuerin] jetzt da gemacht hat? [...]. Das versteh ich jetzt nicht.“*

2A: *„Machen wir jetzt einfach weiter.“*

- 3.8 Gruppe 1 hat ebenfalls Schwierigkeiten, die LED anzuschließen. Auch sie versuchen einen Rückbezug zur vorangegangenen Sitzung herzustellen.

1C: *„Lang [Anschlussbeinchen] war Minus, kurz war Plus.“*

Sie bringen die LED aber alleine zum Leuchten und messen einen Strom.

Als die LED kurz erlischt, stellt ein Proband fest:

1C: *„Jetzt hat sich's [die Anschlussbeinchen] berührt, jetzt ist es ein Kurzschluss.“*

Dies zeigt, dass diese Gruppe weniger Hemmungen in der Durchführung des Experimentes hat und hier von einem Proband ein Rückbezug zum Vorwissen aus einer vorausgegangenen Sitzung hergestellt wird

- 3.9 Beide Gruppen folgern aus dem Vergleich der Widerstandswerte mit den gemessenen Stromstärken in Aufgabeteil a), dass Widerstand und Stromstärke antiproportional im einfachen Stromkreis zusammenhängen. Allerdings ist ein leichtes Hinführen zu diesem antiproportionalen Zusammenhang durch einen Betreuer nötig.

Betreuerin: *„Versuchen sie mal einen Satz. Je größer hier.“*

1B: *„Der Widerstand.“*

Betreuerin: *„Um so [kurze Pause] hier.“*

1C: *„Je größer desto kleiner.“*

Betreuerin: *„Mit Einheit[...] auch noch“*

1A: *„Je größer der Widerstand, umso kleiner die Stromstärke.“*

- 3.10 In Aufgabeteil b) vermutet Gruppe 1, dass die Stromstärke bei 0A bleibt, da kein „Gerät“ bzw. Widerstand eingebaut wird, obwohl sie vorher den antiproportionalen Zusammenhang festgestellt hat. Bei der Überprüfung ihrer Vermutung stellen die Probanden aber fest, dass diese nicht stimmt. Dieser „Bruch“ lässt einen Aha-Effekt eintreten.

1C: *„Oh naja, so wenig ist das ja gar nicht.“ [...]*

1A: *„Wir lagen falsch.“*

[..]

1A: *„Das ist ganz schön viel[...].“*

1C: *„Weil der Widerstand ja klein ist[...].“*

1A: *„Stimmt, dann ist es genau umgedreht.“*

1C *„[...] desto größer ist die Stromstärke[...].“*

Durch diesen unerwarteten Bruch mit ihrer Vermutung kann Gruppe 1 wieder einen Rückbezug zu dem in 3.9 festgestellten Zusammenhang von Stromstärke und Widerstand feststellen.

- 3.11 Gruppe 2 bezieht sich in ihrer Annahme auf eine falsche Schaltung. Sie verwenden statt der Kurzschlusschaltung den einfachen Stromkreis mit Halogenlampe und bauen dort lediglich ein zusätzliches Kabel ein. Die Gruppe vermutet, dass die Stromstärke ungefähr genau so groß wie beim einfachen Stromkreis mit einem Kabel weniger sein wird. Ein Proband versucht den anderen beiden eine Erklärung zu geben.

2C: *„[...] wenn ue ein Verlängerungskabel nimmst, dann geht der Fernseher auch, oder?! [...] entweder [die Stromstärke] ein ganz klein bisschen weniger, weil bisschen was verloren geht, ansonsten bleibt's gleich.“*

Der Proband argumentiert hier mit einer Verbrauchsvorstellung, in dem er andeutet, dass im Verlängerungskabel etwas „verloren“ geht. Was genau verloren geht sagt er aber nicht.

- 3.12 Das Netzgerät erweist sich bei dieser Aufgabe als ungeeignet, da es bei ca. 1,5A abriegelt. Eigentlich müsste der Strom bei der Kurzschlusschaltung sehr groß im Vergleich zu den anderen Messwerten auf Aufgabenteil a) werden.

Aufgabe 4: Spannung im einfachen Stromkreis messen

- 4.1 Wie schon bei Aufgabe 1 zu erkennen ist, führt die Menge an Text zu negativen Erlebnisäußerungen in Gruppe 2.

2B: „*Oh man* (stöhnt).“

- 4.2 Bei diesem Versuch sind die verwendeten Widerstände problematisch. Diese sind im Vergleich zum Innenwiderstand des Netzgerätes ($R_i = 0,5\Omega$) nicht besonders hoch. Daraus folgt, dass nach

$$U_{\text{Widerstand}} = U_{\text{Quelle}} - U_{\text{Quelle}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R}$$

$$U_{\text{Widerstand}} = 5V - 5V \cdot \frac{0,5\Omega}{0,5\Omega + R}$$

die über den Bauteilen anliegende Spannung nicht genau der eingestellten Spannung entspricht, da die Widerstände R der Bauteile zwischen $7,5\Omega$ und

$34,3\Omega$ liegen und deshalb der Summand $-5V \cdot \frac{0,5\Omega}{0,5\Omega + R}$ nicht

vernachlässigt werden kann.

Bei dieser Aufgabe soll eine Spannung von 5V am Netzgerät eingestellt werden. Diese lässt sich aber nur ungefähr auf 5V einstellen, da die Justierung beim Netzgerät nicht exakt ist.

Zwar kommen beide Gruppen zu dem Ergebnis, dass die Spannungen über den Bauteilen ungefähr der eingestellten Spannung entsprechen.

Dieses „ungefähr“ müsste im Physikunterricht aber genauer untersucht werden. Würde die Leerlaufspannung nämlich direkt am Netzgerät gemessen und mit der Spannung über den Bauteilen verglichen, so würden die Probanden eine Differenz feststellen, die zunimmt, je kleiner die Widerstände der Bauteile werden. Diese Differenz widerspricht eigentlich dem 2. Kirchhoffschen Gesetz. Um diesen Konflikt zu Beginn der Elektrizitätslehre zu vermeiden und nicht gleich den Begriff Innenwiderstand thematisieren zu müssen, folgt daraus die Konsequenz, nur solche Widerstände zu verwenden, die um den Faktor 100 oder 1000 größer als der Innenwiderstand sind.

Aufgabe 5: Wo kann man die Spannungen im einfachen Stromkreis messen?

- 5.1 Bei dieser Aufgabe sollen die Probanden die Spannungen über den Zuleitungen zur Lampe messen. Bei dieser Aufgabe muss bei der nächsten Durchführung darauf geachtet werden, dass die Probanden drei Voltmeter zur Verfügung haben, um die Spannungen über den beiden Zuleitungen und der Lampe direkt miteinander vergleichen zu können, was das Notieren der Messwerte erübrigen würde.
- 5.2 Der Aufbau der Schaltung nach der ursprünglichen Schaltskizze (Abb. 5.1) sorgt für einige Verwirrung, da die Probanden nicht genau erkennen, welches der einfache Stromkreis ist und wo die Voltmeter angeschlossen werden.
- 2B: *„Jetzt wird's schwer (beim Anblick des Arbeitsblattes). Die Dinger [Schaltskizzen] werden immer komplizierter.“*

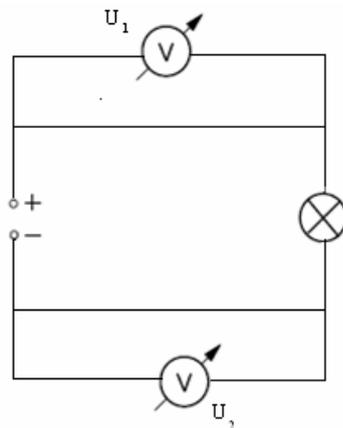


Abb. 5.1: erste Schaltskizze
aus der Durchführung

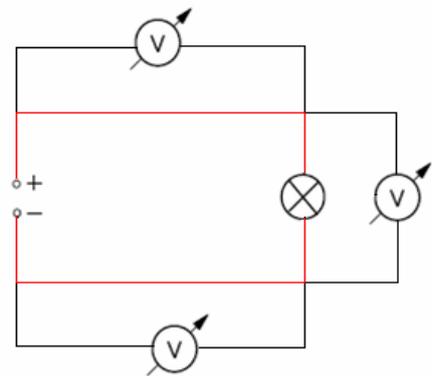


Abb. 5.2: Verbesserte Schaltskizze

Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre, den einfachen Stromkreis deutlicher hervorzuheben (s. Abb. 6.2). Jedoch könnte es sich auch um ein grundsätzliches Problem beim Transfer von Schaltskizzen zu einem realen Aufbau handeln. Dieses Problem tritt vermutlich immer dann auf, wenn die Schaltskizzen von den grundlegenden Schaltskizzen des einfachen Stromkreises, sowie der reinen Reihen- und der Parallelschaltung abweichen. Dies müsste in einer weiteren Sitzung untersucht bzw. thematisiert werden.

- 5.3 Beide Gruppen vermuten, dass die Voltmeter über den Zuleitungen 6V anzeigen. Dies dürfte darauf hindeuten, dass bei den Probanden der Spannungsbegriff nicht ausreichend vom Strombegriff getrennt ist und sie bei dieser Aufgabe eine Ähnlichkeit zu den vorherigen Aufgaben vermuten, in der sie festgestellt haben, dass die Stromstärke überall gleich ist.
- 5.4 Gruppe 1 ergänzt ihre Vermutung noch dahin, dass die Spannung U_1 größer als die Spannung U_2 ist. Hier kann einerseits vermutet werden, dass die Begriffe Strom und Spannung wieder nicht ausreichend getrennt werden und andererseits, dass bei den Probanden eine Verbrauchsvorstellung vorliegt, da es ja eine Ursache für die Spannungsdifferenz geben muss.

- 5.5 Bei dieser Aufgabe sollen die Voltmeter (siehe Abb. 5.1) parallel zu den Kabeln eingebaut werden. Bei Messgeräte zeigen 0V, da über den Kabeln ein für die Messgeräte zu geringer Spannungsabfall zu messen ist. Gruppe 2 kommt aufgrund dieser Messwerte zu dem Ergebnis, das man die Spannung prinzipiell nicht messen kann. Allerdings steht diese Erkenntnis im Widerspruch zur Aufgabe 4, in der die Probanden die Spannung über den Bauteilen gemessen haben. Der Grund für dieses Ergebnis ist die strukturelle Schwäche der Aufgabe. Diese Schwäche muss vor der nächsten Durchführung behoben werden (siehe Abb. 5.2), da es aufgrund des fehlenden Voltmeters über dem Bauteil keine Vergleichsmöglichkeit der Messwerte gibt, was zu dem falschen Ergebnis von Gruppe 2 führt. Diese falsche Erkenntnis setzt sich auch in der Zusammenfassung fort, in der diese Gruppe festhält, dass man die Spannung nicht messen kann.

Aufgabe 6.1: Stromstärke in der Reihenschaltung messen

- 6.1.1 Gruppe 2 vermutet zu Beginn sofort, dass die Stromstärke überall gleich ist. Es ist aber nicht ersichtlich, auf was sich diese Vermutung stützt. Bei der Überprüfung stellt sich durch den Vergleich der Messwerte die Korrektheit der Vermutung heraus. 2B begründet dies jedoch mit: *„Weil die eine [Lampe] ist ja nicht heller als die andere.“* Diese Aussage zeigt, dass bei dem Probanden der Strom- und Spannungsbegriff nicht ausreichend differenziert sind. Denn hier wird die Stromstärke für das gleich helle Leuchten verantwortlich gemacht und nicht die Spannung.
- 6.1.2 In Gruppe1 vermutet ein Proband, dass die Stromstärke geringer wird. 1C: *„[...] Stromstärke muss doch sinken, ...?. wenn's verbraucht wird.“* Diese Aussage weist wieder auf eine Stromverbrauchsvorstellung hin. Proband 1B entgegnet, dass die Stromstärke gleich bleiben muss, da die Lämpchen in Reihe geschaltet sind. Proband 1C antwortet jedoch, dass dies

in einer Parallelschaltung so wäre. Hier wird deutlich, dass aus dem Vorwissen ein falscher Rückschluss gezogen wird. Proband 1C hat vermutlich einmal gehört, dass in der Parallelschaltung irgendeine Größe gleich ist und bezieht darauf jetzt fälschlicherweise die Stromstärke anstatt die Spannung.

Gruppe 1 beendet hier die erste Sitzung und steigt in der darauf folgenden Woche wieder in die Aufgabe ein.

In der neuen Sitzung baut Gruppe 1 die Reihenschaltung auf und erinnert sich daran, wie die Ampèremeter geschaltet werden müssen und kann diese ohne fremde Hilfe selbst einbauen. Jedoch zeigt das Messgerät bei einer Messung nichts an, da die Hold-Taste des Multimeters aus Versehen von einem Probanden gedrückt wurde. Erst nach einigem rumprobieren lösen die Probanden das Problem selbst.

- 6.1.3 Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei einer Messung ein Ampèremeter erst ein positiven, nach dem Umstecken der Anschlüsse dasselbe Ampèremeter einen negativen Wert anzeigt. Dieses Ergebnis ist konträr zu ihrer in Aufgabe 1 gewonnen Vorstellung.

2C: *„Das versteh ich aber nicht [...], eins [ein Ampèremter] negativ, eins positiv.“*

Dieser diskontinuierliche Bruch ihrer Vorstellung verwirrt die Probanden zunächst und regt sie zum Nachdenken an. Sie messen in derselben Reihenschaltung an mehreren Stellen die Stromstärke und fallen nach dieser Messung wieder in ihre alte Vorstellung zurück, weil sie bei der wiederholten Messung vor den beiden Lämpchen einen positiven Wert und nach den drei Lämpchen einen negativen Wert messen.

- 6.1.4 Im Aufgabenteil b) stellen zwei Probanden aus Gruppe 2 einen Rückbezug zu Aufgabe 3 her und argumentieren, dass die Stromstärke sinkt, da durch eine höhere Lämpchenanzahl der Gesamtwiderstand steigt. Ein Proband zeigt jedoch eine sequentielle Argumentation.

2B: *„Ich hätte jetzt gesagt, weil der Strom auf die Lampen aufgeteilt werden muss.“*

Diese Vermutung ist wahrscheinlich darauf begründet, dass die Lämpchen alle baugleich sind und aufgrund der Reihenschaltung die Stromstärke überall gleich ist. Der Strom „weiß“ praktisch, wie er sich aufteilen muss.

6.1.5 In Aufgabenteil c) tätigen zwei Probanden aus Gruppe 1 bemerkenswerte Aussagen zu der Verbrauchsvorstellung. Sie schalten drei unterschiedliche Lämpchen in Reihe und beobachten, dass ein Lämpchen heller leuchtet wie die beiden anderen.

1A: *„In der Parallelschaltung ..?.. wesentlich heller leuchten, weil jeder seinen eigenen Stromkreis hat und die [Lämpchen] müssen sich einen [Stromkreis] ja teilen, also es wird hier geringfügig doch Strom verbraucht.“*

[...]

1C: *„Warum wird der [Strom] denn überhaupt nicht verbraucht. Ich hätte schon gedacht, dass der verbraucht wird.“*

1B: *„Dann müsste die hier [das erste Lämpchen] ja heller leuchten.“*

[...]

1C: *„ Weil sie weniger braucht um heller zu leuchten. [...] sie kriegt genau so viel wie die andern beiden, aber sie leuchtet halt heller weil sie weniger braucht.“*

Hier wird die Stromverbrauchsvorstellung sehr deutlich. Da die Probanden noch keine Aussagen über die Widerstände der Lämpchen und die über den Lämpchen abfallenden Spannungen treffen können, versuchen ihre Erkenntnisse über die Stromstärke zu deuten. Proband 1C argumentiert zwar, dass die Stromstärke überall gleich ist, dass aber die Lämpchen die Stromstärke ungleichmäßig, je nach Bauart des Lämpchens, verbrauchen.

Aufgabe 6.2: Spannung in der Reihenschaltung messen

6.2.1 Gruppe 2 versucht im zweiten Termin einen Rückbezug zur ersten Sitzung herzustellen, um eine Zusammenfassung über das Spannungsverhalten in der Reihenschaltung zu formulieren. Zwei Probanden schlagen vor, die Schaltung noch einmal aufzubauen und nachzumessen. Beim Aufbau zeigt

sich, dass sie sich zwar erinnern, dass man ein Voltmeter parallel zu dem Bauteil schalten muss, jedoch müssen sie in ihren Unterlagen blättern, da sie nicht mehr wissen, welche Eingänge des Voltmeters angeschlossen werden müssen. Sie können dabei auch keine Rückschlüsse aus den Einheitszeichen Ω , V und A ziehen, die über den Eingängen des Multimeters stehen.

- 6.2.2 Ein Proband zieht aus den Messergebnissen in dieser Aufgabe den Rückschluss.

2D: *„Die Spannung verkleinert sich mit Zunahme der Lämpchen.“*

(diktiert dem Nachbar einen Merksatz. Von den anderen Probanden wird gegen diese Feststellung kein Einspruch erhoben.)

Hier wird deutlich, dass der Rückbezug bzw. der Vergleich mit der eingestellten Spannung aus der Aufgabe nicht hervorgeht und deshalb die Probanden zu dieser Annahme kommen. Diese Aussage könnte darauf hindeuten, dass die Probanden in der Reihenschaltung den gleichen antiproportionalen Zusammenhang zwischen Spannung und Widerstand vermuten wie bei dem Zusammenhang zwischen Stromstärke und Widerstand in Aufgabe 3. Zudem zeigt sich hier, dass die Aussagen von Probanden, denen von den anderen Gruppenmitgliedern eine hohe Kompetenz in diesem Themenkomplex unterstellt wird, maßgeblichen Einfluss auf die Bewertung von Messergebnissen hat und oft von ihnen geäußerte Aussagen oder vermutete Zusammenhänge ohne kritische Prüfung übernommen werden.

- 6.2.3 Bei einem Proband aus Gruppe 2 lässt sich die Stromflussvorstellung wieder feststellen.

2C: *„Wie rum fließt denn der Strom, wissen wir das jetzt?“* (Frage an die Gruppe)

2D: *„Von Minus nach Plus.“*

[...]

2C: *„Also ist hier [Minuspol] mehr wie da [Pluspol].“*

Dies zeigt deutlich, dass hier wieder die Stromverbrauchsvorstellung anzutreffen ist. Denn wenn der Aussage nach bei Minus „mehr“ Strom vorhanden ist wie bei Plus, dann muss zwischen den beiden Punkten irgendwo Strom verloren gehen.

6.2.4 Gruppe 1 hat beim Schaltungsaufbau keine Probleme und schließt auch die Voltmeter parallel an. Sie vermuten nach der ersten Messung, dass sich die Messwerte bei der zweiten Messung nicht bzw. kaum unterscheiden. Allerdings fehlt auch bei ihnen der Vergleich mit der eingestellten Spannung am Netzgerät, deshalb vermuten sie, dass mit einer größer werdenden Anzahl der Lämpchen die Spannung in der Reihenschaltung sinkt, was wie bei Gruppe 2 ein antiproportionaler Zusammenhang von Spannung und Widerstand wäre. Deshalb müsste im Physikunterricht der Vergleich mit der Spannung am Netzgerät von allen Gruppen angestellt und gesichert werden.

6.2.5 Zu Beginn von Aufgabeteil b) stellt Gruppe 2 wieder eine Vermutung an, wie sich die Spannung bei unterschiedlichen Lämpchen in der Reihenschaltung verhält.

2D: *„Die Differenz zwischen den Spannungen ist noch größer. [...] Wenn der Widerstand vom ersten Lämpchen noch höher ist, dann kommt noch weniger Strom durch.“*

Diese Aussage deutet wie oben beschrieben darauf hin, dass sich bei den Probanden ein antiproportionaler Spannungs –Widerstandszusammenhang gebildet hat.

6.2.6 Bei der Messung mit drei unterschiedlichen Lämpchen lässt sich wieder die Stromverbrauchsvorstellung feststellen. In diesem Versuch werden drei unterschiedliche Lämpchen in Reihe geschaltet, jedoch nur die zweite Lampe leuchtet.

2C: *„...das kapiert ich nicht. ..?...wenn es [der Strom] doch von Minus nach Plus läuft, ...dann muss doch die [die Lampe direkt nach dem Minusanschluss des Netzgerätes] angehen.“*

Dies zeigt, dass hier mit der Stromverbrauchsvorstellung argumentiert wird, obwohl das Leuchten des zweiten Lämpchens dieser Vorstellung nicht entspricht und sie in Aufgabe 6.1 festgestellt haben, dass die Stromstärke in der Reihenschaltung überall gleich ist. Die Gruppe achtet nicht auf die angeschlossenen Voltmeter, anhand derer sie feststellen würden, dass an dem leuchtenden Lämpchen die größte Spannung abfällt.

Ein anderer Proband argumentiert hier, dass der Strom durch die Schaltung hindurchfließt und nur in das Lämpchen „einspeist“, das den geringsten Widerstand hat. Dies ist eindeutig eine lokale Argumentation, denn hier wird jedes Lämpchen für sich betrachtet und die Reihenschaltung nicht als ein System gesehen. Bei dieser Aufgabe wird wieder deutlich, dass der Rückbezug zur Aufgabe 6.1 fehlt.

Aufgabe 7.1: Spannungen in der Parallelschaltung messen

7.1.1 Bei Gruppe 2 fehlt in dieser Aufgabe wieder der Vergleich zwischen den gemessenen Werten und der am Netzgerät eingestellten Spannung. Hier müsste in der Aufgabe ein Hinweis eingefügt werden.

Beide Messgeräte zeigen einen leicht unterschiedlichen Wert an, dies begründet ein Proband mit der Verbrauchsvorstellung.

2D: „Das liegt wieder an den längeren Weg der Kabeln, dass da ein bisschen {Strom oder Spannung} Verlust“

Nach dem 2. Kirchhoffschen Gesetz müssten beide Spannungen aber identisch sein. Der physikalische Grund für den Unterschied zwischen beiden Spannungen sind jedoch die beiden leicht unterschiedlichen Widerstände der Lämpchen (die Probanden bauen statt zwei gleicher Lämpchen aus Versehen zwei unterschiedliche Lämpchen ein) die zusammen mit dem Innenwiderstand des Netzgerätes dazu führen, dass sich die Spannungen minimal unterscheiden.

Der Innenwiderstand R_i beträgt ungefähr 0,5V. Die eingestellte Spannung am Netzgerät hat ca. 3,73V betragen. Damit erhält man die Gleichung (siehe Kapitel 2.2.1, Spannungsquelle):

$$U_{\text{Widerstand}} = U_{\text{Quelle}} - U_{\text{Quelle}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R}$$

$$U_{\text{Lämpchen1/2}} = 3,73V - 3,73V \cdot \frac{0,5\Omega}{0,5\Omega + R_{1/2}}$$

Lämpchen 1 hat die Kenndaten 3,8V/0,3A und damit einen Widerstand von 12,7Ω. Lämpchen 2 hat die Daten 3,8V/0,07A und den Widerstand 54,3Ω. Nach der obigen Gleichung fällt deswegen an Lämpchen 1 eine Spannung von ca. 3,58V und an Lämpchen 2 eine Spannung von ca. 3,7V ab. Diese Differenz lässt die Probanden den oben genannten Verbrauch vermuten.

- 7.1.2 Der Sachverhalt in Aufgabenteil b) ist für die Probanden sehr komplex, so dass ihnen keine Integration mit bereits gemachten Erfahrungen aus anderen Aufgaben gelingt. In diesem Teil sollen zwei unterschiedliche Lämpchen parallel geschaltet werden und die Messwerte miteinander verglichen werden. Gruppe 2 erkennt zwar, dass die Messwerte ungefähr gleich sind, vergleichen diese Werte aber nicht mit der eingestellten Spannung. Die Probanden sind eher darauf fixiert, dass die beiden Lämpchen unterschiedlich hell leuchten und versuchen diesen Umstand zu erklären. Sie versuchen die Spannungsdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Lämpchen zuerst über die längeren Kabel, also über eine Verbrauchsvorstellung zu erklären, schwanken aber dann zur der Vorstellung um, dass die Stromstärke in beiden Lämpchen gleich ist. Diese Vermutung wollen sie überprüfen. Dabei zeigt sich, dass sie nicht mehr wissen, wie die Ampèremeter eingebaut werden müssen, um die Stromstärke zu messen. Nach dem sie (mit Hilfe der Betreuer) die Ampèremeter eingebaut haben, messen sie, dass die Stromstärke durch die Lämpchen ungefähr den auf den Lämpchen aufgedruckten Volt- und Spannungsabgaben entspricht. Daraus erkennen sie (mit Hilfe), dass die

Lämpchen (je nach Widerstand) unterschiedlich leuchten, wenn die Spannung gleich ist.

- 7.1.3 Gruppe 1 baut die Schaltung erneut sehr zügig auf und hat auch dem Einbau der Voltmeter parallel zu den Lämpchen keinerlei Probleme. Sie messen bei beiden Lämpchen die gleiche Spannung, allerdings stellen auch sie bei dieser Messung keinen Vergleich mit der am Netzgerät eingestellten Spannung an.
- 7.1.4 Zu Beginn von Aufgabeteil b) vermutet Proband 1C, dass die Messgeräte unterschiedliche Werte anzeigen. Die Geräte zeigen aber gleiche Werte an. Proband 1A erläutert dies damit, dass es sich ja um eine Parallelschaltung handelt und jedes Lämpchen seinen eigenen Stromkreis hat. Proband 1B ergänzt, dass sich nur bei der Reihenschaltung die Spannung über den Lämpchen ändert.

Aufgabe 7.2: Stromstärke in der Parallelschaltung messen

- 7.2.1 Proband 2D vermutet zu Beginn in Aufgabenteil a), dass die Stromstärke hinter den Lämpchen abnehmen würde. Dies deutet wieder auf die Stromverbrauchsvorstellung hin. Proband 2C entgegnet, dass die Stromstärke überall gleich sein muss und begründet das mit den Ergebnissen aus der Reihenschaltung.
- 7.2.2 Bei ihrer ersten Messung vor und hinter den parallel geschalteten Lämpchen messen sie je 0,6A. Dies bestätigt noch ihre Vermutung. Bei der zweiten Messung nach den Knoten messen sie jedoch 0,3A, was ihrer Vermutung entgegensteht. Proband 4D vermutet daher, dass sich der Strom auf beide Lämpchen aufteilt. Er vermutet weiter, dass bei drei parallelen Lämpchen sich die Gesamtstromstärke auf 0,9A erhöhen muss, da an jedem Lämpchen ja 0,3A fließen müssen.

7.2.3 Gruppe 2 vermutet, dass die Stromstärke überall gleich bleibt. Dies deutet wieder darauf hin, dass der Strom- und Spannungsbegriff nicht ausreichend differenziert sind und sie aus dem Ergebnis in Aufgabe 7.1 auf das Verhalten der Stromstärke schließen.

Da sich die zweite Sitzung dem Ende neigt, führen sie nur noch die Messungen durch und können keine Ergebnisse mehr daraus ziehen.

5.2 Auswertung der Arbeitsblätter

In diesem Abschnitt werden die Arbeitsblätter ausgewertet.

Aufgabe 1: Stromstärke in einem einfachen Stromkreis mit verschiedenen Lämpchen messen

- In der ersten Aufgabe haben alle sechs Gruppen erkannt, dass das Ampèremeter in Reihe geschaltet werden muss.
- Alle Gruppen haben vor und hinter den Lämpchen die gleiche Stromstärke gemessen. Gruppe 6 notiert unter ihren Messwerten, dass die Stromstärke hinter den Lämpchen geringer ist, obwohl das aus ihren Messwerten nicht hervorgeht. Dies deutet auf eine Stromverbrauchsvorstellung hin, die nicht durch das Experiment widerlegt werden konnte, obwohl sie zu ihrer Verbrauchsvorstellung konträre Messwerte gemessen haben.
- Die Gruppen 1, 2 und 5 notieren auf dem Aufgabenblatt, dass sich das Vorzeichen vor und hinter dem Lämpchen ändert.
- Die Gruppen 1, 2, 3 und 5 finden es erwähnenswert, dass bei einem Lämpchen eine geringere Stromstärke gemessen wird. Die Gruppen 1, 2 und 5 setzen aber die Stromstärke der Einheit gleich und sprechen von einer unterschiedlichen „Ampèrestärke“ oder „weniger Ampère“. Dies zeigt, dass die Probanden noch nicht deutlich zwischen Stromstärke und der dazugehörigen Einheit Ampère differenzieren können.
- Im Aufgabenteil c) haben alle Gruppen die Kenndaten auf den Bauteilen gefunden, jedoch nur Gruppe 1 vergleicht diese Angaben mit ihren Messergebnissen und stellt

eine Ähnlichkeit mit den Ergebnissen fest. Die anderen Gruppen haben diesen Vergleich nicht angestellt.

Aufgabe 2: Messen von Widerständen mit dem Multifunktionsgerät

- Bei dieser Aufgabe finden erneut alle Gruppen die Angaben auf den elektrischen Bauteilen.
- Alle Gruppen können die Widerstände über den Quotienten $\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}}$ bestimmen.

Aufgabe 3: Stromstärke im einfachen Stromkreis mit verschiedenen Widerständen messen

- Alle Gruppen können die Stromstärke vor und hinter den Bauteilen messen, jedoch können die Gruppen 2 und 6 die Stromstärke bei der Diode nicht messen.
- Jede Gruppe kann aus dem Vergleich der Messwerte mit den dazugehörigen Widerständen im Teil a) darauf schließen, dass die Stromstärke vom Widerstand abhängt. Gruppe 5 stellt sogar einen antiproportionalen Zusammenhang fest.
- Die Gruppen 1 und 6 äußern aufgrund des in a) gefundenen Zusammenhanges die Vermutung, dass bei der Kurzschlusschaltung in Aufgabenteil b) die Stromstärke sehr groß wird.
- Die Gruppen 2, 3 und 5 bearbeiten die Aufgabenstellung jedoch falsch. Sie bauen keine Kurzschlusschaltung auf und messen darin die Stromstärke, sondern sie fügen in den einfachen Stromkreis lediglich ein weiteres Kabel ein. Deshalb vermuten sie zu Beginn, dass die Stromstärke leicht abnehmen würde. Diese Vermutung ist aber nicht auf einer Stromverbrauchsvorstellung begründet, sondern sie argumentieren mit der in a) gewonnenen Erkenntnis. Da das Kabel laut Angabe einen sehr geringen Widerstand hat und sich so der Gesamtwiderstand der Schaltung nur minimal erhöhen würde, sinkt die Stromstärke auch nur ganz leicht.

Aufgabe 4: Spannung im einfachen Stromkreis messen

- Bei dieser Aufgabe haben alle Gruppen erkannt, dass das Voltmeter parallel in den einfachen Stromkreis eingebaut werden muss.
- Die Gruppen 1, 2, 3, 4 und 6 haben auf ihren Aufgabenblättern notiert, dass die Spannung ähnlich der eingestellten Spannung ist. Gruppe 6 gibt sogar explizit an, dass die Spannung der eingestellten Spannung entsprechen muss, da es sich um eine Parallelschaltung handelt. Gruppe 5 vermutet jedoch, dass die Spannung vom Widerstand abhängig ist („Je größer der Widerstand, desto größer die Spannung“). Dies ist zwar richtig, da der Innenwiderstand der Spannungsquelle berücksichtigt werden muss, war jedoch nicht Gegenstand der Aufgabe. Diese Problematik wird in Kapitel 5.1 (4.2) angesprochen.
- In der Zusammenfassung im zweiten Aufgabenteil geben alle Gruppen an, dass im einfachen Stromkreis sich die Stromstärke in Abhängigkeit vom Widerstand ändert. Jedoch geben nur fünf Gruppen an, dass die Spannung gleich bleibt, Gruppe 1 gibt hier nichts an.

Aufgabe 5: Wo kann man die Spannung im einfachen Stromkreis messen?

- Hier vermuten die Gruppen 1 – 4 zu Beginn, dass die Spannung an beiden Messgeräten 6V beträgt und Gruppe 6 vermutet, dass die Spannung geringer als 6V sein wird. Dies deutet wieder, wie in Kapitel 5.2 (Aufgabe 5) beschrieben, darauf hin, dass der Spannungsbegriff nicht ausreichend vom Strombegriff differenziert ist. Nur Gruppe 5 vermutet, dass das Voltmeter 0V anzeigen wird.
- Jeder Gruppe stellt fest, dass die Spannung immer auf 0V bleibt, ganz gleich, wie hoch die eingestellte Spannung ist.
- In der Zusammenfassung notiert lediglich Gruppe 5, dass man die Stromstärke überall, die Spannung nur über dem Bauteil messen kann. Die Gruppen 2 und 6 geben an, dass man die Spannung nicht messen kann. Dieses Ergebnis liegt an der strukturellen Schwäche der Aufgabe, da die Probanden nur zwei Voltmeter über den Zuleitungen einbauen sollten, aber keines über dem Bauteil. Dies hätte verdeutlicht, dass man die Spannung nur über dem Bauteil messen kann.

- Die Gruppen 2 & 4 notieren hier, dass man die Spannung mit einem Voltmeter bzw. parallel messen und die Stromstärke mit einem Ampèremeter bzw. in Reihe messen kann. Diese Aussagen sind zwar richtig, sollten aber in dieser Zusammenfassung nicht genannt werden. Hier müsste das Ziel der Ergebnissicherung deutlicher hervorgehoben werden, so dass für die Probanden transparenter wird, welche Ergebnisse sie zusammenfassen sollen.

Aufgabe 6.1: Stromstärke in der Reihenschaltung messen

- Zu Beginn der Aufgabe vermuten die Gruppen 2, 3, 4, und 6, dass die Stromstärke an verschiedenen Messpunkten in der Reihenschaltung gleich sein wird. Gruppe 1 vermutete, dass die Stromstärke geringer wird. Dies deutet wieder auf eine Stromverbrauchsvorstellung hin.
- Alle Gruppen geben als Ergebnis aus ihren Messungen an, dass die Stromstärke in der Reihenschaltung überall gleich ist. Die Gruppen 3, 4 und 5 notieren zusätzlich, dass die Stromstärke von der Anzahl der Lampen in der Reihenschaltung abhängt, obwohl dies in diesem Aufgabenteil noch nicht gefordert war.
- In Aufgabenteil b) können alle Gruppen einen Rückbezug zu Aufgabe 3 herstellen und gaben an, dass der Widerstand mit der Anzahl der Lämpchen zunimmt und damit die Stromstärke sinkt. Gruppe 5 begründet dies sogar mit dem Ohmschen Gesetz, obwohl dies noch nicht eingeführt wurde.
- Im Aufgabenteil c) sollten alle Gruppen angeben, dass Strom nicht verbraucht wird. Die Gruppen 2, 4 und 5 begründen dies damit, dass vor und nach den Lämpchen die gleiche Stromstärke gemessen wird.
- Bei den Gruppen 3 und 6 ist die Begründung problematisch. Gruppe 6 gibt an, dass sich die Stromstärke in Abhängigkeit vom Widerstand ändern würde und man deshalb nicht von einem Verbrauch sprechen könne. Dies ist keine sinnvolle Formulierung, da dieser Aussage entgegenhalten werden könnte, dass zwar die Stromstärke insgesamt steigt, dennoch von Lämpchen zu Lämpchen weniger würde. Gruppe 3 gibt an, dass man nicht von einem Stromverbrauch sprechen kann, da bei mehreren Lampen sonst die Stromstärke höher würde. Diese Aussage basiert

vermutlich auf dem Rückbezug zur Aufgabe 3, in der die Abhängigkeit von R mit I festgestellt wurde.

Aufgabe 6.2: Spannungen in der Reihenschaltung messen

- Bei dieser Aufgabe geben die Gruppen 3 – 6 nach Auswertung ihrer Messwerte an, dass bei baugleichen Lämpchen die Spannungen über den Lämpchen gleich sind. Die Gruppen 3, 4 und 6 gehen noch weiter und hielten als Ergebnis fest, dass die Summe der Einzelspannungen die eingestellte Spannung ergibt. Die beiden anderen Gruppen kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Spannung mit Zunahme der Lämpchen verringert. Dies deutet wieder eine nicht ausreichende Trennung des Strom- und Spannungsbegriffes hin, da diese Gruppen vermutlich wieder mit der Analogie Strom – Widerstand aus Aufgabe 3 argumentieren. Hier müssten bei einer weiteren Erprobung im Physikunterricht die Probanden dazu angehalten werden, die gemessenen Werte mit der eingestellten Spannung zu vergleichen, um einen Zusammenhang von Einzelspannung zu Gesamtspannung zu erhalten.
- Im Aufgabenteil b) vermuten die Gruppen 3 – 6 zu Beginn, dass sich die gemessenen Spannungen mehr oder weniger stark unterscheiden werden, jedoch nur Gruppe 6 weist explizit darauf hin, dass die Einzelspannungen wieder die Gesamtspannung ergibt.
- Die Zusammenfassung der Ergebnisse aus Aufgabe 6.1 und 6.2 bereitet den meisten Gruppen Probleme. Lediglich die Gruppen 4 und 6 notieren, dass die eingestellte Spannung unverändert bleibt und die Stromstärke überall gleich ist. Nur Gruppe 6 ergänzt noch, dass die Einzelspannungen gleich der Gesamtspannung sind. Die beiden anderen Gruppen 3 und 5 halten als Ergebnis fest, dass die Stromstärke konstant bleibt und die Spannung sich verändert. Diese Formulierungen sind problematisch, da die Stromstärke nur bei gleichem Gesamtwiderstand konstant bleibt und die Gesamtspannung sich nicht verändert, sondern sich nur verschieden, je nach Widerstand, auf die Lämpchen aufteilt. Vermutlich wollen die Probanden damit aussagen, dass die Stromstärke überall gleich ist und sich die

Gesamtspannung aufteilt. Im Physikunterricht müsste hier eine Zäsur unternommen werden und eine für alle transparente Ergebnissicherung stattfinden.

- Im zweiten Teil der Zusammenfassung antworten die Gruppen 1 und 2, dass der Widerstand Grund für die unterschiedliche Helligkeit sei und die Gruppen 4 und 5 gaben die Spannung als Ursachen an. Bei dieser Aufgabe fehlt der Rückbezug zu Aufgabe 6.1 und zu den Widerständen der einzelnen Lämpchen. Dann hätte vermutlich mehr Probanden geantwortet, dass die Spannungen gemäß den Widerstandsverhältnissen abfallen, da die Stromstärke in beiden Bauteilen gleich ist.

Aufgabe 7.1: Spannungen in einer Parallelschaltungen messen

- In dieser Aufgabe kommen alle Gruppen zu dem gleichen Ergebnis, dass die Spannung über den Bauteilen gleich sei. Dennoch fehlt bei allen Gruppen der Vergleich mit der eingestellten Spannung am Netzgerät.

Aufgabe 7.2: Stromstärke in der Parallelschaltung messen

- Bei dieser Aufgabe vermuten die Gruppen 1, 2 und 6 zu Beginn, dass die Stromstärke überall gleich ist. Dies könnte daher rühren, dass sie einen Vergleich mit der Reihenschaltung anstellen, die vorher betrachtet wurde. Gruppe 3 vermutet, dass die Stromstärke beim zweiten Lämpchen nur die Hälfte der Stromstärke beim ersten Lämpchen entspricht, folgt hier also einer sequentiellen Vorstellungsweise.
- Die Messungen werden von allen Probanden durchgeführt. Auf Grund der fehlenden Zeit können die Gruppen ihre Messergebnisse jedoch nicht mehr auswerten.

5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte wechselseitig aufeinander bezogen, um damit Aussagen zu den in Kapitel 3 formulierten Fragestellungen herzuleiten.

Zu Frage 1: Lassen sich die in Kapitel 2.2.2 dokumentierten Schülervorstellungen bei den untersuchten Probanden während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?

Bei mehreren Probanden zeigt sich besonders die Stromverbrauchsvorstellung, sobald die Stromstärke in einer Aufgabe gemessen werden soll. In Aufgabe 1 kommt Gruppe 6 zu dem Ergebnis, dass die Stromstärke hinter dem Lämpchen geringer ist. Dies deutet auf die Verbrauchsvorstellung hin. Bei Gruppe 1 lässt sich auch die Stromverbrauchsvorstellung vermuten (s. Kapitel 5.2, Aussage 1) ¹¹. In Gruppe 2 argumentiert ein Proband, dass bei einem Verlängerungskabel „etwas verloren geht“ (3.12). Besonders in Aufgabe 6.1 (6.1.1, 6.1.2 und 6.1.6) und in Aufgabe 6.2 (6.2.3) tritt diese Vorstellung vermehrt auf, obwohl die Reihenschaltung eigentlich prädestiniert ist, die Verbrauchsvorstellung zu widerlegen, da überall die gleiche Stromstärke zu messen ist. Meist tritt die Verbrauchsvorstellung auf, wenn bei einer Aufgabe eine Differenz zwischen den gemessenen Strom- oder Spannungswerten auftritt oder die Lämpchen unterschiedlich hell leuchten. Diese Unterschiede können die Probanden oft nur über die Verbrauchsvorstellung deuten (7.1.1), da ihnen die Zusammenhänge von Widerstand, Stromstärke und Spannung nicht deutlich geworden sind und sie oft keinen Rückbezug zu den vorherigen Aufgaben herstellen können.

Eine weitere Schülervorstellung, die sich in der Auswertung der Daten feststellen lässt, ist die ungenügende Differenzierung des Strom- und Spannungsbegriffes. Zum ersten Mal lässt sich die Vorstellung in Aufgabe 5 (5.3 und 5.4) beobachten, in der mehrere Gruppen vermuten, dass die Spannung über den Kabeln ebenfalls 6V betragen muss. Die Probanden schließen in dieser Aufgabe vom Verhalten der Stromstärke im einfachen Stromkreis auf das Spannungsverhalten. Diese Vorstellung lässt sich wieder in Aufgabe 6.2 (6.2.3 und 6.2.5) ausmachen, in der die Spannungen in der Reihenschaltung gemessen werden sollen. Da der Vergleich mit der am Netzgerät eingestellten Spannung fehlt, vermuten einige Probanden einen ähnlichen „je der Widerstand, desto kleiner die Stromstärke“ Zusammenhang zwischen Widerstand und Spannung. In Aufgabe 7.2 (7.2.3) vermutet ein Proband erneut, dass die Stromstärke in der Parallelschaltung überall gleich ist, was vermutlich daher rührt, dass die Spannung in der Parallelschaltung über den beiden Lämpchen gleich ist und er eine Analogie vermutet.

¹¹ Im weiteren Verlauf dieses Kapitels beziehen sich Angaben in Klammern auf die Ergebnisse in Kapitel 5.2

Zu Beginn der Durchführung in Aufgabe 1 (1.3) lässt sich die Stromflussvorstellung erkennen. Diese Vorstellung wird vor allem mit den sich wechselnde Vorzeichen bei den Messungen begründet. Da sich das Vorzeichen in Aufgabe 1 vor und hinter dem Lämpchen ändert, argumentieren mehrere Gruppen, dass das Bauteil die Stromrichtung ändert. Dies kann damit gedeutet werden, dass sich die Probanden Strom als eine fließende Strömung vorstellen. Diese Stromflussvorstellung lässt sich wieder in Aufgabe 6.2 (6.2.3 und 6.2.6) feststellen.

In Aufgabe 6.2 (6.2.6) argumentiert ein Proband mit einer lokalen Vorstellung. Er vermutet, dass der Strom im Stromkreis an jeder Stelle weiß, wie groß der Widerstand des jeweiligen Lämpchens ist und sieht die Reihenschaltung nicht als Gesamtsystem.

Zu Frage 2: Finden sich bei der Auswertung der Daten vielleicht Vorstellungen, die nicht in Kapitel 2.2.2 berücksichtigt wurden, aber bei der Bearbeitung der Aufgaben bei den Probanden auftreten?

Es treten keine in der Erfassung der Lernerperspektive unberücksichtigten Schülervorstellungen auf. Allerdings zeigt sich, dass die Stromflussvorstellung etwas anders als in der Kapitel 2.2.2 erwartet auftritt. Dieser Umstand wird jedoch in Frage 4 aufgegriffen.

Zu Frage 3: Gibt es Hinweise, dass sich die vorgefundenen Vorstellungen im Laufe der Experimentierreihe verändern?

Die Stromverbrauchsvorstellung ist in den meisten Probanden tief verankert, obwohl die Aufgaben 1, 3 und 6.1, in der die Probanden die Stromstärke im einfachen Stromkreis und in der Reihenschaltung messen sollen, dazu angelegt sind, diese Vorstellungen zu widerlegen. Zwar verwenden die Probanden oft intuitiv, dass die Stromstärke vor und hinter dem Lämpchen gleich ist (s. „Zu Frage 1“), jedoch fallen sie meist in ihr altes Deutungsmuster zurück und versuchen wieder mit der Stromverbrauchsvorstellung zu argumentieren.

Bei der Stromflussvorstellung treten auch keine signifikanten Änderungen auf. Obwohl ein Proband in Gruppe 2 in Aufgabe 6.2 (6.1.3) feststellt, dass sich das Vorzeichen entgegen seiner Annahme geändert hat und zusätzlich noch ein ganz anderes Lämpchen in der Reihenschaltung leuchtet als angenommen. Dennoch lässt sich bei ihm kein Anzeichen feststellen, dass sich seine Vorstellung dadurch geändert hat

Zu Frage 4: Entwickeln sich im Verlauf der Experimentierreihe aufgrund bestimmter Aufgaben neue Schülervorstellungen?

In den Aufgaben 1 und 3 kommen einige Probanden zu dem Ergebnis, dass das elektrische Bauteil die Stromrichtung umdreht, da das Messgerät vor dem Bauteil einen positiven Wert anzeigt und nach dem Bauteil einen negativen Messwert. Diese „neugewonnene“ Vorstellung zieht sich durch die meisten Aufgaben hindurch und kann auch durch ein anders lautendes Messergebnis nicht entkräftet werden (6.1.3). Diese Vorstellung hat Konsequenzen für eine erneute Erprobung. Hier müsste darauf geachtet werden, dass die Probanden die Messgeräte an einer Messstelle „umdrehen“, um daraus zu erkennen, dass das Vorzeichen auch von der Beschaltung des Multimeters und nicht nur von der Stromrichtung anhängig ist.

Wie schon in Frage 1 erläutert, führt der fehlende Vergleich der Spannungen über den Lämpchen mit der eingestellten Spannung in der Reihenschaltung dazu, dass sich bei den Probanden die Vorstellung entwickelt, dass die Spannung in der Reihenschaltung mit der Anzahl der Lämpchen und damit mit zunehmenden Widerstand abnimmt.

Zu Frage 5: Lässt sich erkennen, auf welche Weise sich die Schülervorstellungen sich verändern? Führt der kontinuierliche oder diskontinuierliche Lernweg zu einer Veränderung?

Wie schon in der Fragestellung in Kapitel 4 dargelegt, lässt sich dieser Punkt wohl nur anschnitten. Es hat sich in der Auswertung aber gezeigt, dass immer dann, wenn die Probanden einen Rückbezug zu vorherigen Aufgaben oder einen Vergleich mit anderen

Messwerten bzw. vorgegebenen Werten wie beispielsweise der eingestellten Spannung am Netzgerät (s. Kapitel 6.2, Aufgabe 5) herstellen können, sich ein besseres Aufgabenergebnis zeigt.

In Aufgabe 3 (3.10) zeigt sich, dass der diskontinuierliche Weg gerade bei einer lernstärkeren Gruppe zu einem Lernerfolg führt. Dieses „Aha – Erlebnis“ führt bei ihnen zu einer richtigen neuen Annahme, da die alte Sichtweise mit den Messergebnissen im Konflikt stand.

Allgemein lässt sich aber vermuten, dass der kontinuierliche Lernweg in der gesamten Lerngruppe vermutlich besser geeignet wäre, da trotz mehrerer „Brüche“ und Konflikte der Schülervorstellungen mit den Messergebnissen die Probanden an ihren Vorstellungen festhielten. Besonders in Gruppe 2 lässt sich dies feststellen. Obwohl in Aufgabe (6.2.6) ein anderes Messergebnis festgestellt wird, hält ein Teil der Probanden der Gruppe daran fest, dass der Strom verbraucht wird. Dies lässt vermuten, dass bei Schüler, die sich für fachlich kompetent halten (6.2.2) oder denen in der Gruppe eine hohe Kompetenz bescheinigt wird und die damit einen maßgeblichen Einfluss auf den Lernweg der Gruppe haben, der diskontinuierliche Weg nicht zum Erfolg führt, sondern hier kontinuierlich von der Schülervorstellung zur physikalischen Sichtweise übergegangen werden muss.

Zu Frage 6: Sind bei der fachlichen Klärung einige Aspekte unberücksichtigt geblieben?
Sind aufgrund dieser Aspekte bestimmte Experimente plötzlich ganz anders verlaufen und die Probanden zu ganz anderen Schlüssen gekommen?

Wie später in Frage 10 erläutert wird, wurde in der fachlichen Klärung zu Beginn der Planung der Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand des Netzgerätes und den angeschlossenen Widerständen der Lämpchen nicht ausreichend thematisiert. Dies hatte zur Folge, dass in der Planung zu kleine Widerstände gewählt wurden und so beispielsweise in Aufgabe 4 (4.2) nicht alle gemessenen Spannungen identisch waren.

Zu Frage 7: Werden die Lernziele, die für jede der einzelnen Aufgaben formuliert wurden, und alle erreicht?

Zu Frage 8: Wieso wird ein Lernziel nicht erreicht? Passt das Lernziel nicht zu der Aufgabe oder die Aufgabe nicht zu den Lernzielen?

Ob alle Lernziele erreicht wurden, kann in dieser Arbeit nicht wirklich beantwortet werden. Zwar zeigt die Auswertung der Daten, dass bestimmte Feinziele bei den Probanden erreicht wurden und andere wiederum nicht. Jedoch lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, dass diese Erkenntnisse von dauerhaftem Bestand sind und die Probanden nicht vielleicht schon in wenigen Wochen in ihre alten Deutungsmuster und Vorstellungen zurückfallen.

In der ersten Aufgabe haben zwar alle Probanden gemessen, dass die Stromstärke vor und hinter dem Lämpchen gleich ist, jedoch nur zwei Gruppen notieren dieses Ergebnis. Deshalb ist nicht gesichert, ob alle Gruppen dieses erste Feinziel erreicht haben. Hier müsste in der Aufgabe stärker darauf hingewiesen werden, dass die Spannungen vor und hinter den Lämpchen verglichen werden muss und das Vorzeichen nicht zu beachten ist.

Im einfachen Stromkreis haben alle Probanden erkannt, dass das Ampèremeter in Reihe geschaltet wird. Allerdings hat Gruppe 2 in der zweiten Sitzung Probleme damit, dass Ampèremeter in Reihe in die Reihenschaltung einzubauen und benötigt die Hilfe eines Betreuers. Dies zeigt, dass nach einer zeitlichen Unterbrechung das Wissen wieder reaktiviert werden muss und die Formulierung „in Reihe“ noch nicht ausreichend bei den Probanden verankert ist, d.h. Feinziel 2 in weiteren Sitzungen durch wiederholtes Üben neu gefestigt werden muss. Feinziel 4 wurde nur bedingt erreicht. Zwar haben wohl die meisten Probanden verstanden, dass der Widerstand eine Kenngröße eines Bauteiles ist, jedoch vermuten einige Probanden, dass der Widerstand viel stärker von Strom und Spannung abhängig ist, als er es in Wirklichkeit ist. Bei dieser Aufgabe wäre es besser gewesen, den Widerstand nur als Kenngröße eines elektrischen Bauteiles einzuführen, ohne auf den Quotienten Spannung durch Strom einzugehen

Das dass Voltmeter parallel geschaltet wird, haben die meisten Probanden in der Schaltskizze erkannt und in der Schaltung umgesetzt. Jedoch lässt sich in Aufgabe 5 feststellen, dass der Aufbau doch einige Schwierigkeiten bereitet, wenn nicht deutlich erkennbar ist, was der einfache Stromkreis ist und was die dazu parallel geschalteten Voltmeter. Bei Gruppe 1 lässt sich in der zweiten Sitzung erkennen, dass ihnen der richtige Einbau der Volt- und Ampèremeter in die Schaltungen keine Probleme mehr bereitet und

sie auch keine Hilfestellungen mehr benötigen. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass alle Gruppen auf ihren Arbeitsblättern Messergebnisse notiert haben, die ungefähr den Messergebnissen entsprechen, die in der Vorbereitung gemessen wurden. Dies lässt darauf schließen, dass die Messgeräte immer richtig in die Schaltungen eingebaut wurden¹² und somit die Feinziele 1 und 6 durchaus erreicht wurden.

Die antiproportionale Abhängigkeit von Stromstärke und Widerstand wird von alle Gruppen aus dem Vergleich der gemessenen Spannungen mit den Widerständen der Bauteile erkannt. Dieser Zusammenhang wird von den Gruppen wieder in Aufgabe 6.1 aufgegriffen und zeigt, dass die Probanden einen Rückbezug zu Aufgabe 3 herstellen können.

Dass die am Netzgerät eingestellte Spannung ungefähr der Spannung über dem Bauteil ist, haben in dieser Aufgabe zwar fünf Gruppen erkannt, jedoch lässt sich durch Aufgabe 6.2 vermuten, dass dieses Feinziel nur bedingt erreicht wurde. Denn in dieser Aufgabe fehlt bei fast allen Gruppen der Vergleich mit der eingestellten Spannung. Wenn Feinziel 7 erreicht worden wäre, hätten vermutlich mehr Probanden eigenständig einen Vergleich der Messwerte mit der eingestellten Spannung angestellt.

In Aufgabe 5 erkennen alle Gruppen, dass die Spannungen über den Zuleitungen 0V betragen. Ob sie aus diesen Messwerten aber erkannt haben, dass man die Spannung nur über dem Bauteil messen kann, ist zu bezweifeln, da bei dieser Aufgabe der direkte Vergleich mit der Spannung über dem Bauteil fehlt.

In der Reihenschaltung wird Feinziel 11 nicht erreicht. Nur die Hälfte der Gruppen erkennt, dass die Summe der Einzelspannungen der Gesamtspannung entspricht. Sie vermuten eher, dass je nach Anzahl der Lämpchen die Spannung sinkt oder steigt. Die Feinziele 9 und 10 werden nur bedingt erreicht. Zwar widerlegen einige der Gruppen die Aussage „Strom wird verbraucht“ damit, dass vor und hinter den Lämpchen die gleiche Stromstärke gemessen wird, dennoch lässt sich die Stromverbrauchsvorstellung noch in den Aussagen der Probanden in den Aufgaben 6.2 und 7.2 finden (s. „Zu Frage 1“).

In der Parallelschaltung wird das Feinziel 13 nicht erreicht. Die meisten Probanden vermuten, dass die Spannung mit steigender Anzahl der Lämpchen sinkt und stellen keinen Vergleich mit der Gesamtspannung an. Über Feinziel 14 kann keine Aussage

¹² Wie viele Hilfestellungen die einzelnen Gruppen dabei durch die Betreuer hatten, lässt sich nicht genau angeben.

getroffen werden, da die zweite Sitzung hier zu Ende ging und die Gruppen nur noch die Messwerte notiert haben.

Zu Frage 9: Gibt es in der Untersuchung Hinweise darauf, dass das gewählte methodische Vorgehen zum Erreichen der Lernziele gut bzw. weniger gut geeignet ist?

Die Frage, ob das methodische Vorgehen zum Erreichen der Lernziele geeignet war, lässt sich im Rahmen dieser Untersuchung nur schwer beantworten. Es gibt aber Hinweise darauf (s. „Zu Frage 5“), dass gerade in der gewählten Sozialform „Gruppenarbeit“ Probanden Aussagen von in ihren Augen vermeintlich lernstärkeren Probanden übernehmen, ohne deren Richtigkeit zu überprüfen bzw. dass Probanden ihre Aussagen und Erkenntnisse so überzeugend in der Gruppe vertreten, so dass diese von den anderen Gruppenmitgliedern übernommen werden. Des Weiteren birgt die Gruppenarbeit die Gefahr, dass während der Durchführung nicht alle Probanden aktiv an der Durchführung beteiligt sind und sich so überhaupt keine Veränderung der Schülervorstellungen bzw. ein neuer Wissenserwerb einstellen kann. In der Auswertung hat sich zusätzlich an einigen Stellen gezeigt, dass das selbständige Arbeiten auf Grundlage der Arbeitsblätter in dieser Form nicht unbedingt zum Erreichen der Lernziele förderlich ist. Gerade wenn der Vergleich mit der eingestellten Spannung am Netzgerät fehlt (6.2.2 und 6.2.4) und auf diesen Vergleich nicht hingewiesen wird, führt dies zu falschen Rückschlüssen.

Zu Frage 10: Sind die in der Experimentierreihe benutzten Materialien sinnvoll?

Der Einsatz der digitalen Multimeter ist ohne vorherige genaue Einführung nicht zu empfehlen. Gleich zu Beginn führt das sich wechselnde Vorzeichen dazu, dass sich die Vorstellung entwickelt, das Bauteil drehe die Stromflussrichtung um (s. „Zu Frage 4“), da die Probanden der Messtechnik blind vertrauen und diese Erkenntnis nicht überprüfen. Ein weiteres Problem ist das Umstellen des Messbereiches. Hier verschließt sich den Probanden, warum der bisherige Messbereich nicht mehr ausreicht (3.7). Des Weiteren führt das ständige Wechseln der Eingänge des Messgerätes dazu, dass manchmal der

falsche Eingang des Messgerätes gewählt wird, was zu einem kleinerem Eingangswiderstand des Ampèremeters führt und so das Messgerät durch einen zu hohen Strom beschädigt werden kann.

Das verwendete Netzgerät muss nach der Auswertung ebenfalls als nicht geeignet angesehen werden. In Aufgabe 3 begrenzt das Netzgerät die Kurzschlussspannung auf ca.1,5V, müsste aber eigentlich einen viel höheren Strom liefern. Des Weiteren entspricht die eingestellte Spannung nicht immer dem genauen Wert. So kann beispielsweise der eingestellte Wert 4V tatsächlich etwas höher oder niedriger sein, was den Vergleich der einzelnen Spannungen mit der Spannung am Netzgerät nicht immer einfach macht.

Die verwendeten Widerstände sind alle nicht viel größer als der Innenwiderstand des Netzgerätes. Daraus ergibt sich, dass die Spannungen über den Lämpchen in der Parallelschaltung oder im einfachen Stromkreis nicht genau der eingestellten Spannung am Netzgerät entsprechen (4.2 und 7.1.1). Des Weiteren fließt bei den kleinen verwendeten Widerständen ein Strom, der größer als 0,2A ist. Bei den größeren Widerständen fließt ein Strom, der kleiner als 0,2A ist. 0,2A ist aber gerade die Messbereichsgrenze des Ampèremeters, bei der ein anderer Vorwiderstand und damit ein anderer Eingang gewählt werden muss, was wieder ein Umstecken zur Folge hat-

Zu Frage 11: Können mit den verwendeten Materialien und Geräten die Lernziele erreicht werden?
--

Diese Frage wird hier nur ganz kurz beantwortet. Mit den verwendeten Materialien können die Lernziele im Prinzip erreicht werden, jedoch müssen die in Frage 10 festgestellten Probleme aufgegriffen und in einem neuen Durchlauf berücksichtigt werden.

Kapitel 6: Zusammenfassung und Konsequenzen für die zukünftige Planung von Physikunterricht

In diesem Kapitel werden noch einmal die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst, um daraus Konsequenzen für die zukünftige Planung von Physikunterricht abzuleiten. Als erstes Ergebnis soll hier die Frage nach der Eignung der in der Experimentierreihe verwendeten Materialien aufgegriffen werden. Die Auswertung der Daten hat gezeigt, dass der Einsatz von Netzgeräten nur unter bestimmten Voraussetzungen im Physikunterricht sinnvoll ist. Besonders der Vergleich der eingestellten Spannung mit den Spannungen über den Bauteilen ist schwierig, da der am Netzgerät eingestellte Wert nicht exakt ist. Dieser Wert müsste nach jeder neuen Einstellung mit einem Voltmeter nachgemessen werden, um einen genauen Wert zu erhalten. Dies ist nicht nur mühselig, sondern behindert auch den Arbeitsablauf. Hier wäre eine Flachbatterie besser geeignet, da deren Spannung konstant und daher besser mit den Messwerten zu vergleichen ist.

Im weiteren Verlauf der Auswertung hat sich gezeigt, dass die Wahl von kleinen Widerständen (etwa im $5\Omega - 50\Omega$ Bereich) nicht von Vorteil ist. Zum einen sind sie im Vergleich zum Innenwiderstand des Netzgerätes nicht besonders groß, so dass sie nicht vernachlässigt werden können und die Spannung über den Bauteilen deshalb nicht genau der eingestellten Spannung entspricht. Dies widerspricht eigentlich bei erster Betrachtung dem 2. Kirchhoffschen Gesetz, deshalb müsste schon zu Beginn der Elektrizitätslehre der für Schüler oft schwierige Begriff des Innenwiderstandes thematisiert werden. Bei Verwendung von größeren Widerständen, die sich etwa im $100\Omega - 1000\Omega$ befinden, kann diese Problematik vermieden werden. Ein weiterer Punkt, der sich in der Auswertung gezeigt hat und der gegen die Verwendung von kleinen Widerständen spricht, ist, dass bei den in der Experimentierreihe verwendeten Spannungen im $5V -$ Bereich bei kleinen Widerständen oft Ströme im Bereich von $0,2A - 1A$ fließen. Aber gerade bei den hier verwendeten Messgeräten liegt ab $0,2A$ die Messbereichsgrenze, die einen anderen Vorwiderstand und damit einen anderen Eingang am Messgerät fordert. Dies führt dazu, dass wenn der falsche Eingang des Messgerätes gewählt wird, ein zu hoher Strom fließt und das Messgerät beschädigt werden könnte.

Abschließend lässt sich zur Materialfrage sagen, dass die Auswahl der verwendeten Geräte in den Experimenten eine besondere Sorgfalt erfordert. Nicht jedes moderne Gerät wie Multimeter oder Netzgerät darf ohne genaue Vorüberlegung eingesetzt werden und

der Einsatz der bisher verwendeten kleinen Widerstände muss in weiteren didaktischen Ansätzen diskutiert werden.

Als weiterer bemerkenswerter Punkt hat sich in der Auswertung der Daten gezeigt, dass sich die Schülervorstellungen oft wie ein roter Faden durch die Experimentierreihe ziehen und trotz anders lautender Messergebnisse nicht revidiert werden können. Die zu Beginn des Planungsrahmens auf der Ebene „Erfassung der Lernerperspektiven“ aufgegriffenen Schülervorstellungen, die zusammen mit der fachlichen Klärung die Basis für die didaktische Strukturierung bilden, reichen, so zeigt es zumindest diese Auswertung, als Planungsgrundlage für den Physikunterricht nicht aus. Hier muss die Frage nach den Lernwegen der einzelnen Schüler gestellt werden. Es genügt offenbar nicht, die Aufgaben so zu entwerfen, dass durch die Ergebnisse die Vorstellungen der Schüler kontinuierlich oder diskontinuierlich in die physikalische Sichtweise überführt werden. Die individuellen Lernwege der Schüler müssen in der Planung der Aufgaben und Experimente stärker berücksichtigt werden, als dies heute der Fall ist. Dieses Ergebnis bedarf weiterer Forschungsansätze.

Zum Schluss lässt sich sagen, dass trotz ausführlicher Vorüberlegungen und genauer Planung der Experimentierreihe die Probanden nicht immer zu den geplanten Lernzielen kamen. Dies hat, wie in Kapitel 6 beschrieben, eine Vielzahl von Gründen. Aufgabe des Physiklehrers ist es nun, die Unterrichtsplanung, die Umsetzung im Unterricht sowie die Ergebnisse zu evaluieren (soweit das im Rahmen des Unterrichts zeitlich möglich ist), zu reflektieren und die Evaluationsergebnisse kritisch zu hinterfragen. Ziel dieser Anstrengungen muss es sein, zukünftigen Unterricht weiter zu optimieren.

Literaturverzeichnis

Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Kuhn, W., Merzyn, G. & Weltner, K. (1999). *Fachdidaktik Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.

Cieplek, D., Kirks, H.-D. & Tegen, H. (Hrsg.) (2002). *Erlebnis Physik*. Braunschweig: Schroedel Verlag.

Clausert, H. & Wiesemann, G. (1999). *Grundlagen der Elektrotechnik 1*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Duit, R., Lehrke, M., Prenzel, M. & Seidel, T. (Hrsg.) (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: IPN.

Duit, R. (2004a). *Piko-Brief Nr.1. Schülervorstellungen und Lernen von Physik*. Kiel: IPN. Internet: <http://www.uni-kiel.de/piko/?topic=15>. [letzter Zugriff am 24. Juni 2008 um 15:52Uhr].

Duit, R. (2004b). *Piko-Brief Nr.2. Didaktische Rekonstruktion*. Kiel: IPN. Internet: <http://www.uni-kiel.de/piko/?topic=15>. [letzter Zugriff am 24. Juni 2008 um 15:53].

Duit, R. (2005). Der einfache elektrische Stromkreis – Fachliche Sicht und Schülervorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16(89), 9-12.

Giancoli, D. C. (2006). *Physik*. München: Pearson Studium.

Grehn, J. & Krause, K. (Hrsg.) (2007). *Metzler Physik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.

Girwidz, R., Häußler, P. & Kircher, E. & (Hrsg.) (2007). *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Hessisches Kultusministerium (2008). *Lehrplan Physik. Bildungsgang Hauptschule. Jahrgangstufen 5 bis 9/10.*

Internet: http://www.kultusministerium-hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=1c43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2. [letzter Zugriff am 24. Juni 2008 um 15:45 Uhr].

Hessisches Kultusministerium (2008). *Lehrplan Physik. Bildungsgang Realschule. Jahrgangstufen 5 bis 10.*

Internet: http://www.kultusministerium-hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=ab43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2. [letzter Zugriff am 24. Juni 2008 um 15:50 Uhr].

Jank, W. & Meyer, H. (1991). *Didaktische Modelle*. Berlin: Cornelsen.

Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 93-104). Berlin, Heidelberg: Springer.

Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden II: Praxisband*. Berlin: Cornelsen.

Meyer, H. (2007). *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung*. Berlin: Cornelsen.

Nanova, M. & Novotny, R. (2006). *Physikalisches Praktikum für Mediziner, Zahnmediziner, Haushalts- und Ernährungswissenschaftler*. Justus-Liebig Universität Gießen.

Niederrerr, H. & Rhöneck, C. v. (2006). Schülervorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Praxisband für die Sekundarstufe I und II* (S. 52-73). Berlin: Cornelsen.

Peterßen, W.H. (2000). *Handbuch der Unterrichtsplanung. Grundfragen Modelle Stufen Dimensionen*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.

Rahn, F. (2008). Aktionsbox zum einfachen elektrischen Stromkreis: Entwicklung und Evaluation von Experimentier- und Aufgabenserien zum einfachen elektrischen Stromkreis“. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Haupt- und Realschulen. Justus-Liebig-Universität Gießen.

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. *Naturwissenschaft im Unterricht – Physik*, 34(13), 167-171.

Schulz, W. (1972). Unterricht. Analyse und Planung. In A. Blumenthal & W. Ostermann (Hrsg.), *Unterricht. Analyse und Planung* (S. 7-47). Hannover: Schroedel.

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwandt und die Stellen, die anderen benutzten Druck- und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe.

(In die Versicherung sind gegebenenfalls auch Zeichnungen, Skizzen sowie bildliche und sonstige Darstellungen sowie Ton- und Datenträger einzuschließen.)

(Sebastian Birx)

Aufgabe 1: Stromstärke in einem einfachen Stromkreis mit verschiedenen Lämpchen messen

Zunächst eine kurze technische Einführung:

Mit einem Ampèremeter kann man in einem Stromkreis messen, wie groß die Stromstärke ist. Die Stromstärke I wird in Ampere (kurz A) gemessen.



Um euer Multifunktionsmessgerät (kurz Multimeter) als Ampèremeter zu nutzen, müsst ihr die Kabel in **10Amax** und **Com** einstecken und den Messbereich auf **•10** Einstellen (reicht heute für alle Messungen aus).

Für alle Versuche braucht ihr als Spannungsquelle das Netzgerät.



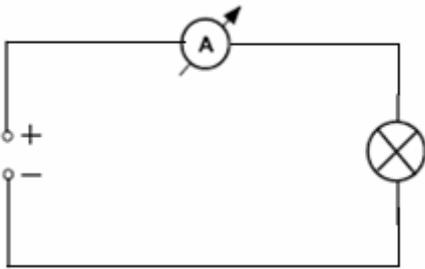
Uns interessiert im Moment nur der DC Anschluss, da wir für die Versuche eine Gleichspannung benötigen. Eure Schaltungen müsst ihr an den blauen Anschluss und an den roten Anschluss anschließen. Mit dem rechten Drehknopf könnt ihr die Spannung einstellen.



Wichtig!!!

Bevor ihr die Schaltung anschließt oder ihr etwas an der Schaltung ändern wollt, dreht immer zuerst die Spannung auf 0V zurück

- Material:**
- Netzgerät (benötigte Spannung **3,5V**)
 - vier Lämpchen
 - Ampèremeter



Schaut euch die Schaltskizze an. Wie wird ein Ampèremeter geschaltet? (In Reihe oder Parallel?)

- a) Messt die Stromstärke vor und hinter dem Lämpchen.
Notiert eure Beobachtung:

- b) Wiederholt die Messungen für verschiedene Lämpchen und tragt eure Ergebnisse in die Tabelle ein.

Lampe	L ₁		L ₂		L ₃		L ₄	
Stromstärke								

Was fällt euch auf: _____

- c) Ihr habt bestimmt festgestellt, dass die Lämpchen unterschiedlich hell leuchten, obwohl sie scheinbar alle gleich aussehen. Schaut euch mal die Gewinde der Lämpchen an, was findet ihr dort?
Notiert euch die Angaben und vergleicht sie mit der Tabelle aus b).
Was stellt ihr fest?

Aufgabe 2: Messen von Widerständen mit dem Multifunktionsgerät

- a) Bei der Aufgabe 1c) habt ihr euch die Lämpchen genauer angeschaut. Findet ihr bei dem Ventilator, der Leuchtdiode und der Halogenlampe auch solche Angaben?

Mit eurem Multimeter könnt ihr nicht direkt die Aufdrucke auf den Bauteilen nachmessen. Ihr könnt aber indirekt den Quotienten aus Spannung und Stromstärke aus den Angaben bestimmen.

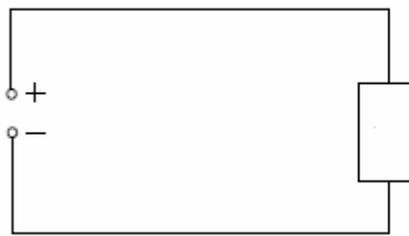
Für das Lämpchen ist der Quotient aus $\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}}$ z.B. $\frac{3,8V}{0,3A} = 16,6\Omega$

Diesen Quotienten nennt man auch Widerstand R. Er wird in Ohm [Ω] angegeben.

Berechnet nun die Widerstände der elektrischen Bauteile und tragt die Werte in die Tabelle ein:

		Diese Spalten braucht ihr erst für Aufgabe 3 a)	
Elektrisches Bauteil	Widerstand	Stromstärke vor dem Bauteil	Stromstärke nach dem Bauteil
Halogenlampe A			
Ventilator			
Leuchtdiode	167Ω		

Aufgabe 3: Stromstärke im einfachen Stromkreis mit verschiedenen Widerständen messen



Fügt hier nacheinander die verschiedenen elektrischen Bauteile ein

Achtung:

Die Leuchtdiode ist etwas knifflig. Hier müsst ihr den Messbereich des Ampèremeters ändern

Material: ○ Netzgerät (**5V**)
○ Multimeter, Halogenlampe A, Ventilator, Leuchtdiode

- a) Messt die Stromstärke vor und hinter jedem Bauteil. Tragt eure Messwerte in die Tabelle in Aufgabe 2 b) ein.

Was stellt ihr fest, wenn ihr die gemessenen Stromstärken mit den Widerständen der elektrischen Bauteile vergleicht?

- b) Der Widerstand eines Stromkabels ist sehr klein.

Fügt das Kabel als elektrisches Bauteil in die obige Schaltung ein.
Was vermutet ihr, wie groß wird der gemessene Strom sein?

Überprüft nun eure Vermutung.

Fasst eure Beobachtungen aus a) und b) zusammen:

Je _____ der Widerstand in einem einfachen Stromkreis ist,
desto _____ ist die Stromstärke.

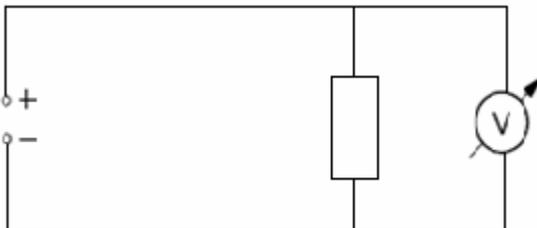
Aufgabe 4: Spannung im einfachen Stromkreis messen

Ihr habt bestimmt festgestellt, dass es in einem Stromkreis nicht nur eine Stromstärke gibt, sondern dass auch die Spannung U eine Rolle spielt.

Mit euerem Multimeter könnt ihr auch Spannungen messen, in dem ihr es als Voltmeter benutzt. Stellt es dazu wie auf dem Bild ein.



Material: Netzgerät (**5V**), Halogenlampe A, Ventilator, Leuchtdiode, ein Lämpchen



Schaut euch die Schaltskizze an. Wie wird ein Voltmeter geschaltet?

- a) Baut die elektrischen Bauteile nacheinander in die skizzierte Schaltung ein und messt die Spannung. Tragt in die Tabelle die elektrischen Bauteile mit ihren Widerständen und die gemessene Spannung ein.

Vergleicht sie mit dem am Netzgerät eingestellten Wert. Was stellt ihr fest?

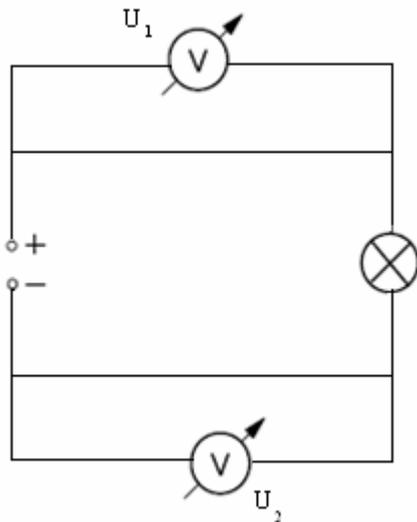
Bauteil / Widerstand	gemessene Spannung

b) Fasst nun zusammen:

Tauscht man in einem einfachen Stromkreis die elektrischen Bauteile aus und verändert dabei die Spannung am Netzgerät nicht:

- welche Größe verändert sich _____
- wie verändert sie sich _____
- welche Größe bleibt gleich _____

Aufgabe 5: Wo kann man die Spannung im einfachen Stromkreis messen?



Material:

- Netzgerät (**6V**)
- Halogenlampe A
- Voltmeter

a) Überlegt zunächst: Was werden die Voltmeter bei dieser Messung anzeigen?

Misst jetzt die Spannung an den beiden Punkten U_1 und U_2 .

Verändert nun die am Netzgerät eingestellte Spannung und misst erneut.
Tragt eure Messwerte in die Tabelle ein.

U	U_1	U_2

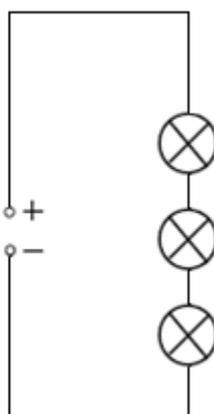
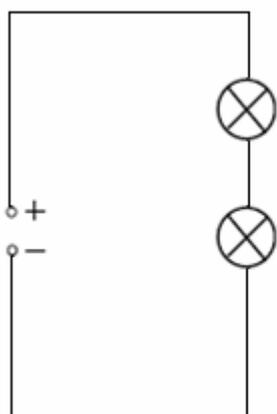
Was stellt ihr fest?

Fasst nun zusammen, wo man welche Größe im Stromkreis messen kann.

In einem einfachen Stromkreis kann man

- die Stromstärke _____
- und die Spannung _____
messen.

Aufgabe 6.1: Stromstärke in der Reihenschaltung messen



Material:

- Netzgerät (**4V**)
- fünf Lämpchen
- Ampèremeter

Wisst ihr noch, woran man erkennt, dass die Lämpchen baugleich sind?

- a) Schaltet zwei oder drei gleiche Lämpchen L1, L2 und L3 in Reihe.

Was vermutet ihr, wie groß wird die Stromstärke an verschiedenen Punkten im Stromkreis sein?

Messt die Stromstärke in mehreren Punkten im Stromkreis und tragt eure Messwerte ein:

Lampen	I_1	I_2	I_3
L1 + L2			
L2 + L3			
L3 + L1			
L1 + L2 + L3			

Was stellt ihr fest?

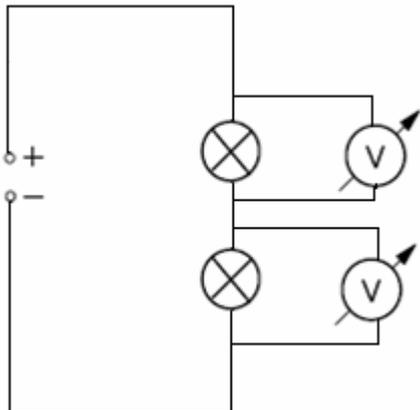
- b) Erinnert euch an Aufgabe 3. Warum ändert sich je nach Zahl der Lampen die Stromstärke?

c) Woran könnt ihr erkennen, dass die Aussage „Strom wird verbraucht“ nicht stimmt?

Info „Verbraucher“

Elektrische Bauteile werden oft als „Verbraucher“ bezeichnet. Das impliziert, dass der Strom im Bauteil verbraucht wird! Das stimmt aber nicht, deshalb solltet ihr „elektrisches Bauteil“ oder „Widerstand“ dazu sagen.

Aufgabe 6.2: Spannungen in der Reihenschaltung messen



Material:

- Netzgerät (**4V**)
- fünf Lämpchen
- Voltmeter

- a) Baut die Schaltung auf. Verwendet dabei zwei gleiche Lämpchen L1 und L2. Messt die Spannung über jeden Widerstand und tragt die Werte in die Tabelle ein.

Baut dann noch ein gleiches Lämpchen L3 in Schaltung ein und messt erneut die Spannungen.

Lampen	U_1	U_2	U_3
L1 & L2			
L2 & L3			
L1 & L2 & L3			

Formuliert in einem Satz, wie sich Spannungen bei gleichen Lämpchen in einer Reihenschaltung verhalten:

- b) Verwendet nun drei unterschiedliche Lämpchen.
Schreibt eure Vermutungen auf, was passieren wird!

Probiert die Schaltung aus und messt die Spannungen. Notiert eure Messwerte.

Lampen	U_1	U_2	U_3
L1 & L2			
L2 & L3			
L1 & L2 & L3			

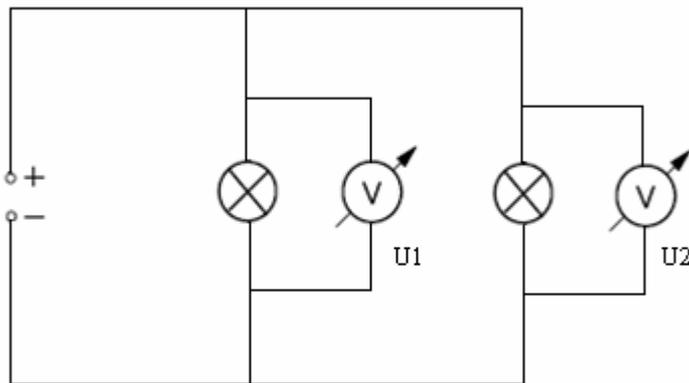
Was stellt ihr fest?

- c) Zusammenfassung:

1. Wie verhalten sich Stromstärke und Spannung in der Reihenschaltung?

2. Wenn die Stromstärke nicht die Ursache für die unterschiedliche Helligkeit ist, was könnte es dann sein?

Aufgabe 7.1 Spannungen in einer Parallelschaltung messen



- a) Baut nun eine Parallelschaltung mit zwei gleichen Lämpchen auf. Ihr benötigt eine Spannung von **3,5V**. Messt die Spannung über den Lämpchen und notiert euch die Werte.

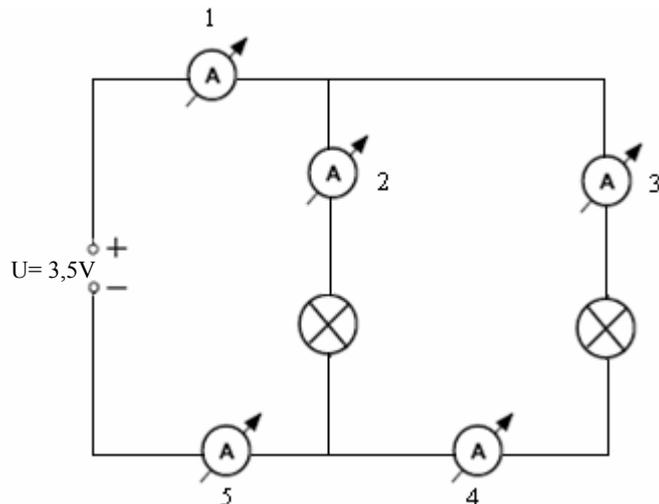
Was stellt ihr fest? _____

- b) Was wird passieren, wenn ihr unterschiedliche Lämpchen verwendet?

Überprüft eure Vermutung!

Aufgabe 7.2: Stromstärke in der Parallelschaltung messen

Hinweis
Man kann die Spannung U , die am Netzgerät eingestellt werden soll, auch in der Schaltskizze angeben.



- a) Ihr habt in der Reihenschaltung die Stromstärke gemessen. Was glaubt ihr, wie verhält es sich in der Parallelschaltung?

Vermutung: _____

Baut die skizzierte Schaltung mit zwei gleichen Lämpchen nach und überprüft eure Vermutung, indem ihr nacheinander an den Punkten 1 – 5 messt. Erstellt eine passende Tabelle.

An welchen Messpunkten messt ihr ungefähr die gleiche Stromstärke?

Aufgrund welcher Aufgabe (3-6) hättet ihr das schon voraussagen können?

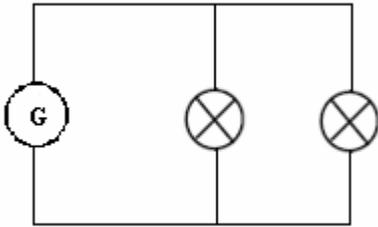
- b) Wiederholt die Messungen für zwei verschiedene Lämpchen und erstellt eine passende Tabelle dazu.

Was könnt ihr aus den Messwerten aus a) und b) folgern?

- c) Fasst nun eure Ergebnisse aus den Messungen in der Reihen- und der Parallelschaltung der folgenden Tabelle zusammen. Ihr könnt eure Bemerkungen direkt in die Felder schreiben.

	Spannung		Stromstärke	
	gleiche Widerstände	verschiedene Widerstände	gleiche Widerstände	verschiedene Widerstände
Reihen-Schaltung				
Parallel-Schaltung				

Aufgabe 8.1: Der Generator als Spannungsquelle



- a) Baut eine Parallelschaltung mit dem Generator als Spannungsquelle und zwei gleichen Lämpchen auf. Bringt diese zum Leuchten.

Welche Stromstärke fließt durch die einzelnen Lämpchen und welche Spannungen liegen an?

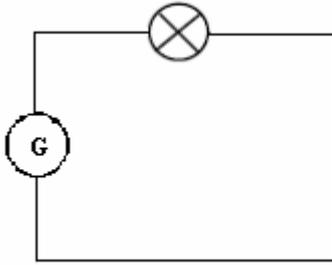
Notiert eure Messwerte in einer Tabelle:

Was verändert sich, wenn ihr schneller oder langsamer dreht?

- b) Wiederholt den Versuch für eine Reihenschaltung und wertet ihn wie oben aus.

Was verändert sich jetzt, wenn ihr schneller oder langsamer dreht?

c)



Baut jetzt einen einfachen Stromkreis mit einem Lämpchen auf und daneben eine Reihenschaltung mit den gleichen Lämpchen. Schließt abwechselnd den einen oder den anderen Stromkreis an den Generator an. Versucht nun, dass die Lämpchen in beiden Stromkreisen gleich hell leuchten.

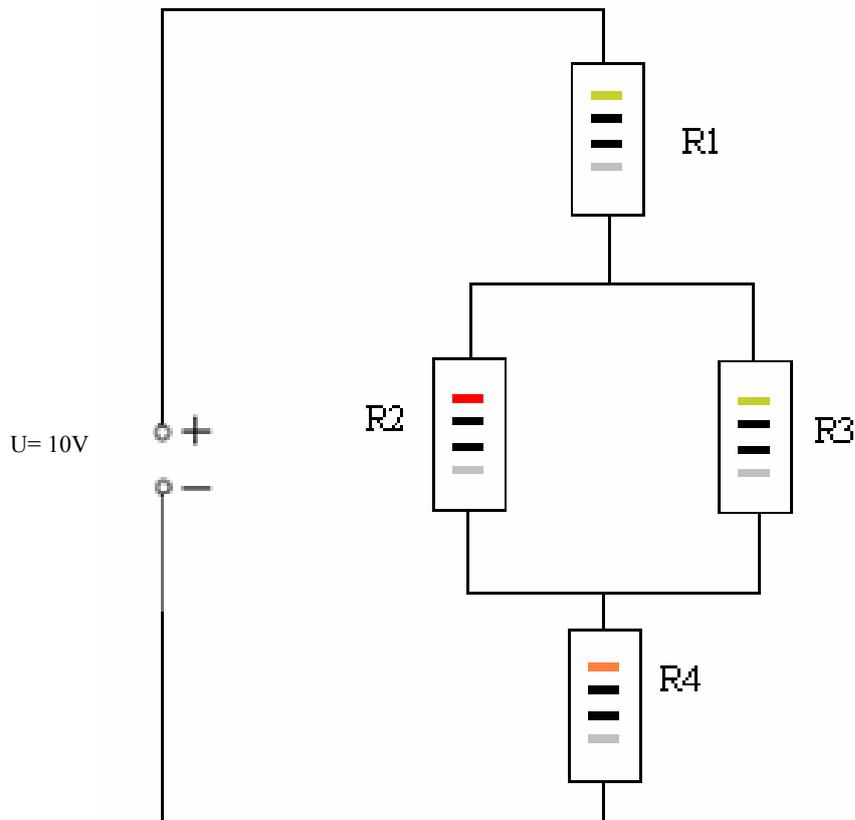
Was fällt euch beim Kurbeln auf?

d) Ersetzt die Reihen- durch eine Parallelschaltung und wiederholt den Versuch. Was fällt euch jetzt beim Kurbeln auf?

e) Überlegt und versucht eure Ergebnisse aus a) – d) in der folgenden Tabelle zusammenzufassen.

Reihenschaltung	Um zwei gleiche Lampen so hell wie nur eine leuchten zu lassen, muss die Spannung _____ . Die Stromstärke _____ .	Am Generator muss man
Parallelschaltung	Wenn zwei gleiche Lampen so hell wie nur eine leuchten, dann hat sich die Gesamtstromstärke _____ . Die Spannung _____ .	Am Generator muss man

Aufgabe 9: Unbekannte Größen im Stromkreis messen



a) Baut die skizzierte Schaltung aus den unbekanntem, farbcodierten Widerständen auf.

Wo messt ihr in der Schaltung folgende Größen?

- $U \approx 2,2\text{V}$
- $U \approx 6,5\text{V}$
- $I \approx 0,21\text{A}$
- $I \approx 0,072\text{A}$

Zeichnet die Messgeräte in die Schaltung und schreibt daneben, was sie anzeigen.

Zusatzaufgabe für schnelle Gruppen:

Erstellt ein schülergerechtes Arbeitsblatt (für Klasse 9, Realschule) mit Merkgeln zum Messen im Stromkreis.

Bsp: „Wenn ihr die Stromstärke messen wollt, dann müsst ihr das Ampèremeter in Reihe zu dem Widerstand schalten.“

Materialliste pro Kiste:

- Netzgerät mit Anschlusskabel
- ein Handgenerator mit Tischhalterung
- zwei Multimeter
- drei Lämpchenhalterung
- ein Lämpchen 3,8V/0,07A
- drei Lämpchen 3,8V/0,3A
- ein Lämpchen 3,5V/2A
- eine Leuchtdiode 5V/0,03A
- ein Ventilator 12V/0,35A
- eine Halogenlampe A 12V/1,5A
- Verbindungskabel
- Krokodilklemmen
- vier Widerstände 2x10 Ω ; 1x20 Ω ; 1x30 Ω