



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S1 „Lehren und Lernen mit Neuen Medien“**

WELCHEN BEITRAG KANN MULTIMEDIA ZUM ABBAU VON LERNSCHWIERIGKEITEN LEISTEN?

Projekt ID 272

Dr. Hildegard Urban-Woldron

**Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum
und Pädagogische Akademie der Erzdiözese Wien**

Juli, 2006

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	4
2	ENTWICKLUNG DES AUSGANGSPUNKTES	6
2.1	MOTIVATION FÜR DAS PROJEKT	6
2.1.1	<i>Institutionelle Gegebenheiten</i>	6
2.1.2	<i>Eigene Überlegungen und Einschätzungen</i>	7
2.1.3	<i>Überlegungen zum Lernangebot für Schüler/innen</i>	9
2.2	ZIELE UND ERWARTUNGEN.....	11
2.2.1	<i>Grobziel und Feinziele – Was sollte erreicht werden?</i>	12
2.2.2	<i>Was wurde erwartet?</i>	12
3	DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS	14
3.1	ALLGEMEINE VORÜBERLEGUNGEN.....	14
3.2	FORMULIERUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN	14
3.3	DIDAKTISCHE AUFBEREITUNG DER LEHR- UND LERNINHALTE.....	16
3.3.1	<i>Das Applet „Stromkreis“</i>	16
3.3.2	<i>Forschungsaufgaben mit „Crocodile Physics“</i>	18
3.3.3	<i>Die Lernumgebung Elektrizitätslehre</i>	21
3.3.4	<i>Circuits Gizmo – Explore Learning</i>	21
3.4	UNTERRICHTLICHE UND ORGANISATORISCHE MAßNAHMEN.....	22
3.5	ÜBERBLICK ÜBER DIE ERHOBENEN DATEN.....	23
3.5.1	<i>Mit welchen Methoden wurden Daten gesammelt?</i>	23
3.5.2	<i>Was wurde festgehalten?</i>	24
4	ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE	26
4.1	ERGEBNISSE AUS DEM EINSTIEGSTEST	26
4.2	ERGEBNISSE AUS DEM ENDTEST.....	27
4.3	ERGEBNISSE – VERGLEICH EINSTIEGSTEST/ENDTEST	28
4.4	ERGEBNISSE FRAGEBOGEN EINSTELLUNGEN/EINSCHÄTZUNGEN	33
4.5	ERGEBNISSE FRAGEBOGEN „ELEKTRISCHER WIDERSTAND“	34
4.6	DATENAUSWERTUNG MIT E VIEWS	36
4.6.1	<i>Datenbereinigung</i>	36
4.6.2	<i>Verwendete Daten</i>	36
4.6.3	<i>Auswertungsprogramm</i>	37
4.6.4	<i>Histogramme</i>	37
4.6.5	<i>Multiple lineare Regression</i>	40
5	EVALUATION, BEWERTUNG UND REFLEXION	42
6	AUSBLICK	46
7	VERZEICHNISSE UND ANHÄNGE	48
7.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	48
7.2	VERZEICHNIS DER TABELLEN	48
7.3	LITERATURVERZEICHNIS.....	49
7.4	ANHÄNGE	50
7.4.1	<i>Fragebogen zur Einschätzung (Versuchsgruppe)</i>	50
7.4.2	<i>Vorunterrichtliche Vorstellungen zum elektrischen Widerstand (Versuchsgruppe)</i>	51
7.4.3	<i>Fragebogen – Endtest</i>	52
7.4.4	<i>Fragebogen – Einstiegstest</i>	54
7.4.5	<i>Arbeitsblatt zur Serienschaltung</i>	57
7.4.6	<i>Forschungsaufgabe – drei Lämpchen</i>	58
7.4.7	<i>Arbeitsblatt – drei Widerstände in Parallelschaltung</i>	58
7.4.8	<i>Arbeitsblatt - Die Elektrizität als Energieträger</i>	59
7.4.9	<i>Übungsaufgaben</i>	60
7.4.10	<i>Assessment Questions zu den Circuits Gizmos</i>	62

ABSTRACT

Aus der ständigen Auseinandersetzung mit der Frage, bei welchen Lerninhalten und in welchen Lernkontexten bzw. Lernsituationen der selektive Computereinsatz sinnvoll erscheint, ergab sich immer mehr das Bedürfnis zu erforschen, in welchem Ausmaß der Einsatz von multimedialen Lernmaterialien auch für die weniger interessierten und lernschwachen Schüler/innen lernwirksam werden kann und ob bzw. wie damit auch Lernschwierigkeiten begegnet werden kann. Ausgehend von wissenschaftlichen Untersuchungen zu Vorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Elektrizitätslehre wurden multimediale Lernmaterialien ausgewählt, teilweise nach dem Konzept des Karlsruher Physikkurses selbst entwickelt und für den Unterrichtseinsatz auf der elektronischen Lernplattform Moodle implementiert.

Der Einsatz der neuen Medien scheint sich positiv auf die Lern- und Verstehensprozesse der Schüler/innen auszuwirken. Schüler/innen der Versuchsgruppe können deutlich besser mit „was-wäre-wenn“-Szenarios umgehen als Schüler/innen der Vergleichsgruppe. Schüler/innen der Versuchsgruppe können im Allgemeinen ihre Stromverbrauchsvorstellungen deutlich abbauen, einen physikalischen Spannungsbegriff entwickeln und den Systemcharakter des elektrischen Stromkreises verstehen lernen. Für lernschwache und wenig lernwillige Schüler/innen scheint die Verwendung von neuen Medien keine überraschenden Lerneffekte auslösen zu können.

Schulstufe: 7

Fach: Physik

Kontaktperson: Dr. Hildegard Urban-Woldron

Kontaktadresse: Gymnasium Sacré Coeur Pressbaum

Klostergasse 12

3021 Pressbaum

Schlagworte Lernen von Physik mit neuen Medien, Abbau von Lernschwierigkeiten, Lernplattform Moodle, Crocodile Physics, Multimedia, Lernumgebung

1 EINLEITUNG

Multimedia und Internet werden das Lern- und Arbeitsverhalten der Lernenden innerhalb und außerhalb der Bildungseinrichtungen grundlegend verändern können. Der pädagogische Wert des Einsatzes neuer Medien ist besonders im Physikunterricht umstritten, da die naturwissenschaftliche Arbeitsweise als zentralen Punkt das Realexperiment hat. Es stellt sich also die Frage, wann und wie weit es sinnvoll ist mit „virtuellen Welten“ zu operieren. Zu einem gelungenen Physikunterricht gehören Experimente, virtuelle Experimente können diese Realexperimente nur ergänzen, niemals ersetzen.

Computersimulationen und elektronische Lernmedien können das Spektrum für einen effektiven Unterricht erweitern. Neue Medien können als Werkzeuge eingesetzt werden, um die Verbindung zwischen dem Phänomen und der zugrunde liegenden physikalischen Struktur herzustellen und so die Bildung mentaler Modelle fördern. Eine virtuelle Anreicherung des Physikunterrichts kann niemals als Ersatz, sondern nur als Ergänzung für das Realexperiment gedacht sein und sollte einen „Mehrwert“ gegenüber herkömmlichen Möglichkeiten aufweisen.

Nach meiner Einschätzung wird der Computer im Physikunterricht immer dann sinnvoll einzusetzen sein, wenn ein Lernziel mit Hilfe des neuen Mediums durch anschaulichere Darstellungsmöglichkeit oder bessere Umsetzbarkeit schneller zu erreichen ist, oder wenn ein Lernziel überhaupt nur so zu erreichen ist, wie z.B. bei der automatischen Messwerterfassung, der Recherche aktueller Informationen oder bei der Simulation von in der Schule nicht durchführbarer Experimente. In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob durch den Einsatz multimedialer interaktiver Elemente Lernschwierigkeiten abgebaut werden können und ob auch weniger interessierte und lernschwächere Schüler/innen zu einer verstärkten Auseinandersetzung mit physikalischen Fragestellungen angeregt werden können.

Beim selektiven Einsatz der multimedialen Lerneinheiten wurde immer überlegt, ob das Lernziel so besser zu erreichen ist und ob der notwendige Mehraufwand durch einen erwarteten unterrichtlichen Mehrwert gerechtfertigt erscheint. Multimedia kann in den beschriebenen Lernsequenzen nicht als Mittler oder Wissensüberträger angesehen werden, sondern soll die Funktion eines Werkzeugs und Hilfsmittels erhalten, das es Schülern/innen ermöglichen kann, damit individuelles Wissen zu konstruieren. Im vorliegenden Konzept spielt daher (neben dem konventionellen Realexperiment) die kognitive Interaktion realisiert in handlungsbetonten, computergestützten Experimenten und Simulationen eine entscheidende Rolle.

So geht es bei den ausgewählten Lernmodulen und Lernumgebungen nicht um ein durchgehend multimediales Lernprogramm, sondern um die Einbeziehung multimedialer, interaktiver Bausteine als zentrale Elemente in einen auch neu konzipierten Unterrichtsgang. Dabei wird erwartet, dass die unmittelbare Rückmeldung des Systems als Reaktion auf die Benutzer/innenhandlungen als besonders bedeutsam für die Lernwirksamkeit angesehen werden kann. Es geht mir um die Frage, welche Bedeutung Werkzeuge für das Lehren und Lernen haben und wie die veränderten Arbeits- und Denkweisen für das Verstehen genutzt werden können. Dabei bin ich nicht nur am Ergebnis oder Produkt des Lernens, also z.B. begrifflichem physikalischem Wissen und Können, sondern im Besonderen an dem Prozess dieser Entwicklungen, also den Lernprozessen der Schüler/innen interessiert.

In der vorliegenden Arbeit kann der Leser/die Leserin erfahren, was ich wie gemacht habe und was für mich der Grund war, das Projekt überhaupt durchzuführen. Zuerst beschreibe ich die Entwicklung meines Ausgangspunktes, meine Motivation für das Projekt, sowie meine Ziele und Erwartungen.

Im Kapitel 3 stelle ich das methodische Vorgehen bei der Durchführung des Projekts dar – ausgehend von der Formulierung meiner Forschungsfragen und einer kurzen Darstellung der mediendidaktischen Konzeption und der organisatorischen Umsetzung gebe ich hier einen Überblick über die erhobenen Daten. Der Leser/die Leserin soll einen Eindruck bekommen, was ich wie und warum gemacht habe. Ich schreibe diesen Bericht nicht nur für mich, sondern in erster Linie für meine Kollegen/innen in der Erwartung, dass diese daraus einen Nutzen ziehen können. Meine Studie sehe ich darüber hinaus, abgesehen von meiner individuellen Professionalisierung auch als Beitrag zur schulbezogenen fachdidaktischen Forschung und innovativen Erneuerung der Unterrichtskultur sowie auch als Beitrag zur Ausbildung und Professionalisierung von Lehrern/innen.

Im Kapitel 4 werden die Ergebnisse und Erkenntnisse, d.h. alle erhobenen Daten, alle Beobachtungen, Befragungen und Reaktionen der Schüler/innen dargestellt und damit die Frage beantwortet, was bei der Untersuchung herausgekommen ist. Diese Daten werden dann im nächsten Kapitel mit Blick auf die Zielsetzungen und Forschungsfragen analysiert, diskutiert und reflektiert. Es wird ausgeführt, was diese Ergebnisse für mich und meine Arbeit bedeuten, wie ich sie interpretiere, wie sie zu früheren Untersuchungen passen, welche weiterführenden Untersuchungen sinnvoll wären bzw. welche neuen Fragestellungen sich daraus ergeben.

Für die Möglichkeit zur Durchführung meiner Forschungsprojekte danke ich den Direktoren meiner beiden Dienststellen Gymnasium Sacré Coeur Pressbaum und Pädagogische Akademie Strebersdorf und für die finanzielle Unterstützung beim Sachaufwand bedanke ich mich beim MNI-Fonds.

Mein besonderer Dank gilt den Lernenden, die sich die große Mühe gemacht haben, alle Fragen sehr ausführlich zu beantworten und sich Zeit für persönliche Gespräche und schriftliche Reflexionen zu nehmen. Für die kritischen Rückmeldungen sowie die vielen Diskussionen und Anregungen zu den vorgestellten elektronischen Lernelementen bedanke ich mich weiter bei meinen Studierenden an der Pädagogischen Akademie und bei den Lehrern/innen, die ich im abgelaufenen Projektjahr in der Lehrerfortbildung begleitet habe.

2 ENTWICKLUNG DES AUSGANGSPUNKTES

2.1 Motivation für das Projekt

Nach meiner Einschätzung ist die Kenntnis der Schüler/innenvorstellungen und Lernschwierigkeiten eine wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Unterricht. Im Lehrplan für die 3. Klasse finden wir Aussagen wie *„Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler immer intensiver mit grundlegenden elektrischen Vorgängen im technischen Alltag und in Naturvorgängen vertraut gemacht werden“*¹. Schüler/innen sollen unter anderem *„Auswirkungen der elektrisch geladenen Atombausteine auf makroskopische Vorgänge qualitativ verstehen“*. Dies soll zum Beispiel durch *bewusstes Beobachten physikalischer Vorgänge und nach Möglichkeit ausgehend von Schülerexperimenten in eigenständiger und handlungsorientierter Auseinandersetzung mit Problemen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler/innen unter Entwicklung von Erklärungsversuchen beziehungsweise Modellvorstellungen* geschehen.

Diese wenigen Zitate aus dem Lehrplan der AHS Unterstufe zeigen, wie groß die Herausforderungen an einen gut geplanten Physikunterricht sind. Wenn Schüler/innen in unseren Unterricht kommen, haben sie im Allgemeinen bereits tief verankerte Vorstellungen zu Phänomenen, Prinzipien und Begriffen, um die es dann im Unterricht gehen soll. Gerade im Bereich der Elektrizitätslehre begegnet den Schülern/innen zum Beispiel der Begriff „elektrischer Strom“ außerhalb des Unterrichts in Zusammenhängen, die sich keineswegs auf die zirkuläre Elektrizitätsströmung beziehen. Sie sehen Lampen an einer Leitung von der Decke hängen oder wissen, dass die Lampen an ihren Fahrrädern mit einem Draht an den Dynamo angeschlossen sind. Schüler/innen übernehmen die Art und Weise, wie im Alltag über elektrische Phänomene gesprochen wird. Beispiele für häufig benutzte Redewendungen sind: „Verschwende keinen Strom!“ „Dreh den Strom ab!“ Ein Haushalt kann „viel Strom verbrauchen.“ Das Quelle-Verbraucher-Modell ist für Schüler/innen zweckmäßig. Es erlaubt Beobachtungen aus dem Alltag, erfolgreich zu erklären und vorauszusagen: Wenn man das Kabel der Schreibtischlampe in die Steckdose steckt, wird die Lampe funktionieren. Diese Misskonzepte müssen im Unterricht angesprochen werden.

2.1.1 Institutionelle Gegebenheiten

Ich unterrichte Physik und AGM (Angewandte Geometrie und Mathematik) am Gymnasium Sacré Coeur in Pressbaum und Physik (Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Schulpraxis) an der Pädagogischen Akademie der Erzdiözese Wien in Strebersdorf. Die experimentellen Möglichkeiten im Physikunterricht am Gymnasium sind eher beschränkt. Die gute Ausstattung der Schule mit Computerräumen lässt nach entsprechender Organisation praktisch immer zu, Teile der Physikstunde mit der ganzen Klasse im Computerraum zu verbringen. Da 15 Geräte vorhanden sind, ist auch mit 30 Schülern selbstständiges Lernen am PC in Partnerarbeit möglich. Daher untersuche ich seit mehreren Jahren das Potenzial der neuen Medien beim Lehren und Lernen von Physik.

¹ Zitate aus dem Lehrplan (in kursiver Schreibweise)

Aus der ständigen Auseinandersetzung mit der Frage, bei welchen Lerninhalten und in welchen Lernkontexten bzw. Lernsituationen der selektive Computereinsatz sinnvoll erscheint, ergab sich immer mehr das Bedürfnis zu erforschen, in welchem Ausmaß der Einsatz von multimedialen Lernmaterialien auch für die weniger interessierten und lernschwachen Schüler/innen lernwirksam werden kann und ob bzw. wie damit auch Lernschwierigkeiten begegnet werden kann.

Im abgelaufenen Projektjahr lag der Fokus daher eher auf den weniger interessierten und lernschwachen Schülern/innen und den Auswirkungen des Computereinsatzes beim Lernen von Physik im Kontext Lern- und Verstehensschwierigkeiten im Bereich Elektrizitätslehre.

Die Versuchsklasse bestand aus 18 Schülern und drei Schülerinnen. Schüler/innen aus drei weiteren Klassen, die alle von derselben Physikprofessorin unterrichtet wurden und wo neue Medien nicht eingesetzt wurden, wurden als Kontrollgruppe herangezogen.

2.1.2 Eigene Überlegungen und Einschätzungen

Eine besondere Motivation für eine tiefere Auseinandersetzung mit der beschriebenen Thematik resultiert aus meiner individuellen Arbeitssituation. Meine Tätigkeit in der Lehreraus- und Lehrerfortbildung ermöglicht mir zusätzliche Perspektiven und Reflexionsmöglichkeiten sowie eine umfassende Evaluierungsmöglichkeit auch außerhalb des eigenen Unterrichts in der Schulklasse. Weiter bedingt sie ein großes fachdidaktisches Interesse sowohl im Fach Physik, wie auch unter anderem beim didaktisch-methodischen Einsatz der neuen Medien.

Meine Überlegungen und die daraus abgeleiteten Einschätzungen basieren auf entsprechenden Literaturstudien zu den Themen Schülervorstellungen und neuen Wegen im Unterricht der Elektrizitätslehre. Bei den Planungen der einzelnen Lernsequenzen habe ich mich sehr stark an den Inhalten und Methoden des IMST2-Grundbildungskonzeptes mit einem Blick auf das PISA Kompetenzmodell orientiert. Es geht unter anderem um die Frage, wozu, was und wie Schüler/innen Physik lernen sollen und welchen Beitrag die Physik zur Allgemeinbildung leisten kann. Darüber hinaus wird auch die Art, wie im Unterricht physikalische Zusammenhänge versprachlicht werden, für die Lernenden von entscheidender Bedeutung sein. Wenn die Präkonzepte der Schüler/innen im Unterricht nicht angesprochen werden, bleiben nur diese unverändert zurück, wenn das oberflächlich erinnerte Schulwissen vergessen ist.

Die Vorstellungen, mit denen Schüler/innen die Prozesse im elektrischen Stromkreis vor dem Unterricht erklären, sind, obwohl sie im täglichen Leben meist sehr nützlich sind, nur eingeschränkt gültig. Aus meiner langjährigen Tätigkeit als Physiklehrerin weiß ich, dass im Allgemeinen der Schulunterricht wenig erfolgreich ist, wenn es darum geht, diese Vorstellungen durch allgemeinere und wirksamere Betrachtungsweisen zu ersetzen. Die meisten dieser Vorstellungen stimmen nämlich mit den zu lernenden physikalischen Vorstellungen nicht überein, häufig stehen sie sogar im Gegensatz zu ihnen. Ich meine, dass hier eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten liegt. *„Die Alltagsvorstellungen bestimmen das Lernen, weil die Schüler/innen das Neue nur durch die Brille des ihnen bereits Bekannten und Vertrauten sehen können.“*(DUI, 1993, S. 3)

Aus der Literatur sieht man, dass in der Elektrizitätslehre im Wesentlichen drei Lernschwierigkeiten auftreten. (vgl. STARAUSCHEK, 2003, S. 39-47)

- Lernende verbinden in ihren Vorstellungen die Energie mit dem elektrischen Strom. Sie haben die Vorstellung, dass elektrischer Strom verbraucht wird.
- Lernende entwickeln keinen physikalischen Spannungsbegriff. Sie trennen nicht zwischen dem elektrischen Strom und der elektrischen Spannung.
- Der „Systemcharakter“ des elektrischen Stromkreises bleibt Lernenden oft verborgen. Sie beziehen sich oft in ihren Argumentationen auf einzelne Teile des Stromkreises, ohne zu bedenken, dass eine Änderung an einer Stelle eines Stromkreises Auswirkungen auf andere Teile des Stromkreises haben kann.

Starauschek (Universität Potsdam) hat in einer Studie den Unterricht der Elektrizitätslehre nach dem Karlsruher Physikkurs auf seine Wirksamkeit hinsichtlich der Lernleistung untersucht [12]. Im Karlsruher Physikkurs wird im Unterricht der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe 1 das elektrische Potenzial als physikalische Größe explizit eingeführt. Das erfolgt über eine formale Analogie, das so genannte Strom-Antrieb-Modell.

Im Unterrichtsvorschlag von Muckenfuß (vgl. MUCKENFUß & WALZ, 1997) bildet die Aufklärung der Mechanismen elektrischer Anlagen zur Energieübertragung eine pädagogische Leitidee, die bestimmend für die Auswahl der Inhalte und die Gestaltung bis hin zu den Teilzielen einzelner Unterrichtsstunden ist. Muckenfuß erklärt darüber hinaus, dass der Weg der Begriffsbildung im Unterricht nicht bei einer Definition beginnen soll. *„Methodisch ist es daher notwendig, vor jeder Definition physikalischer Begriffe Vorstellungen aufzubauen, die in der Erfahrung und Alltagssprache wurzeln, und die erst nach ihrer Stabilisierung in einer Definitionsgleichung kristallisieren können.“* (MUCKENFUß, 1997, S.26)

Aus der Mehrdeutigkeit des Strombegriffs ergibt sich didaktisch die Aufgabe, die diversen Bedeutungen für Schüler/innen zu erhellen. Es genügt nicht zu sagen, „Strom wird nicht verbraucht“. Stromkreise werden unter dem Gesichtspunkt der Energieübertragung betrachtet. Energie wird dabei nicht nur übertragen, sondern auch umgewandelt. *Wie gelingt es, Energie auf elektrischem Wege zu übertragen?* Das ist die grundlegende Fragestellung des Elektrikunterrichts bei Muckenfuß. *„Die elementaren Begriffe (Strom, Spannung, Widerstand) und die sie verknüpfenden Gesetzmäßigkeiten sind in dem Maße von Interesse, als sie zur Klärung dieser pädagogischen Leitfrage dienen.“* (MUCKENFUß, 1997, S. 37)

Sowohl beim Karlsruher Physikkurs als auch beim Unterrichtsgang nach Muckenfuß wird mit den Erscheinungen der Elektrizität begonnen mit denen jeder Schüler/jede Schülerin die meiste praktische Erfahrung hat: mit den elektrischen Strömen. Es wird zuerst über die Eigenschaften der Elektrizität gesprochen, die nur in Erscheinung treten, wenn die Elektrizität strömt und nicht über Eigenschaften der ruhenden, nicht strömenden Elektrizität.

Muckenfuß meint auch, dass Stromkreise als Anlagen zur Energieübertragung dann für die Lernenden verstehbar werden, wenn die Energieübertragung erfahren und erlebt wird. Ein großes Lernhindernis besteht ja darin, dass elektrische Vorgänge nicht unmittelbar sinnlich erfassbar sind. Um die Erfahrbarkeit und Begreifbarkeit der angesprochenen Sachverhalte zu unterstützen, hat Muckenfuß handgetriebene Generatoren entwickelt. Mit deren Hilfe können Schüler/innen selbst die für Unterrichtsversuche erforderliche elektrische Energie erzeugen.

2.1.3 Überlegungen zum Lernangebot für Schüler/innen

Angelehnt an den Karlsruher Physikkurs und die Konzepte von Muckenfuß wurden die einzelnen Lernsequenzen zum Thema Elektrizitätslehre für die 3. Klasse völlig neu geplant. Handgetriebene Generatoren standen nicht zur Verfügung und auch die Möglichkeiten für Schülerexperimente waren begrenzt. Computer waren hingegen in ausreichender Anzahl vorhanden.

Ausgehend von wissenschaftlichen Untersuchungen zu Vorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Elektrizitätslehre wurden multimediale Lernmaterialien ausgewählt, teilweise nach dem Konzept des Karlsruher Physikkurses selbst entwickelt und für den Unterrichtseinsatz auf der Lernplattform implementiert.

Aufbauend auf der Erfahrungswelt der Schüler/innen und ihren Vorstellungen zum Thema elektrischer Stromkreis standen folgende inhaltliche Fragen im Zentrum der Betrachtung:

- Woher stammen bestimmte Fehlvorstellungen von Schülern/innen aus dem Bereich der Elektrizitätslehre? Kann man sie beheben? Wie beginne ich?
- Wozu brauchen wir elektrische Anlagen?
- Was kann sich in elektrischen Leitern bewegen?
- Woher kommt die Elektrizität? „Was macht der Strom, wenn er nicht fließt?“ Wie führe ich Strom als bewegte Elektrizität ein? Wie wird die Elektrizität angetrieben?
- In welcher Weise hängt der Energiestrom in einem Stromkreis mit dem Strom der Elektrizität (dem Elektronenstrom) zusammen?
- Wie vermeide ich Verwechslungen der Stromstärke mit der Spannung oder dem Potenzial?
- Wie gehe ich mit den Begriffen „Erzeugung“ und „Verbrauch“ der elektrischen Energie um?

Ich habe mich entschieden, mit den Erscheinungen zu beginnen, mit denen die Schüler/innen die meiste praktische Erfahrung haben, mit den elektrischen Strömen.

„Strom“ ist ein Wort der Umgangssprache. Abgesehen von seiner ursprünglichen Bedeutung, etwa im Sinne eines Wasserstroms, benutzt man es weitgehend in der Bedeutung dessen, was für den Physiker „elektrisch übertragene Energie“ ist.

Da die genaue Beschreibung des vollständigen Konzepts zum durchgeführten Unterrichtsgang der Elektrizitätslehre den Rahmen dieses Projektberichtes sprengen würde, möchte ich mich im Folgenden auf die wesentlichen Aspekte beschränken, die ich zur Wirksamkeit des Einsatzes neuer Medien untersucht habe.

Aufgrund von Aufsätzen, die Schüler/innen aus der Versuchsklasse im Anschluss an ein Experiment zu einem Lämpchen-Stromkreis mit einem bzw. zwei Lämpchen geschrieben hatten, konnte ich davon ausgehen, dass die Mehrzahl der Schüler vor dem Unterricht über Elektrizität der Meinung war, dass die Batterie etwas liefern würde, das in der Lampen dann verbraucht wird. „*Die Elektrizitätslehre behält für die Schüler/innen einen geheimnisvollen Aspekt, weil ein direktes Experimentieren nicht möglich ist. Im Gegensatz zur Mechanik können sich die Erklärungsmuster während des Unterrichts ausbilden.*“ (CLOSSET, 1984, S. 21) Ich bin daher der Ansicht, dass ein

entsprechender Unterricht gerade im Falle der Elektrizitätslehre zu Erklärungsmustern führen kann, die mit der Physik besser im Einklang stehen.

Closset beschreibt in [2] das Problem der sequentiellen Argumentation. Diese Vorstellung wird im Unterricht bisweilen sogar gefördert, wenn man dem Verlauf des Stromes von einem Pol der Batterie zum anderen Pol folgt. Obwohl für das Experiment zwei baugleiche Lämpchen verwendet wurden, waren mehr als die Hälfte der Schüler/innen der Meinung gesehen zu haben, dass das zweite Lämpchen weniger Strom bekam und daher weniger hell geleuchtet hat. Ich habe mich gefragt, wie ich hier Abhilfe schaffen kann und den Schülern/innen den Blick für den Systemcharakter eines elektrischen Stromkreises eröffnen kann. Ich meine, dass gerade bei dieser Frage die Simulation der Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten im Stromkreis mit Hilfe neuer Technologien sinnvoll eingesetzt werden kann und vielleicht das Verstehen fördert.

In einem Artikel von Herrmann & Schmäzle [5] wird ausgeführt, warum sich viele Schwierigkeiten, die Schüler/innen der Sekundarstufe 1 im Umgang mit der elektrischen Spannung haben, vermeiden lassen, wenn zur Beschreibung elektrischer Stromkreise von Anfang an das elektrische Potenzial herangezogen wird. Das Potenzial ist z. B. keine Differenzgröße wie die Spannung und kann daher behandelt werden wie andere intensive Größen. Nach den Vorschlägen des Unterrichtsganges im angesprochenen Artikel und nach dem Konzept des Karlsruher Physikkurses wurde ein interaktives Applet entwickelt, das den Schülern/innen zahlreiche experimentelle Übungen mit Visualisierungen der Vorgänge und Verhältnisse bei verschiedenen Stromkreisen am PC ermöglichen sollte.

Da ich schon im Rahmen eines anderen Projekts das Programm „Crocodile Physics“ für die Schule angekauft hatte, sollte dieses „virtuelle Labor“ ebenfalls zum Einsatz kommen. Schüler/innen können mit diesem Programm Versuche selbst zusammenbauen, abändern, die Parameter der Bauelemente verändern und so die Auswirkungen auf das Gesamtexperiment studieren. Schüler/innen können dabei im fragend entwickelnden Unterricht auch spekulieren, wie sich die Änderung einer bestimmten Größe auswirken wird. Sie können ihre Vorhersagen dann in der Simulation und/oder einem Realexperiment prüfen. Die besondere Stärke von „Crocodile Physics“ sehe ich im Praktikumseinsatz in Kombination mit Realexperimenten. Durch die Nähe zum Schaltplan wird der Schaltungsaufbau leichter nachvollziehbar. Anders als im realen Experiment bleiben Fehler der Schüler/innen beim virtuellen Experiment ohne Folgen. Das Programm liefert aber schon Rückmeldungen, dass die Belastungsgrenzen der Geräte überschritten wurden. So kann man ein Experiment zuerst virtuell testen, bevor man es mit realen Bauteilen durchführt.

Weiter sollte „Crocodile Physics“ auch im selbst entdeckenden Unterricht eingesetzt werden. Schüler/innen sollen anhand von Arbeitsblättern mit einem „Forschungsauftrag“ Schaltungen selbst (virtuell) zusammenstellen und die Parameter variieren. Sie erstellen ein Protokoll und stellen ihre Vermutungen und Beobachtungen dar und erarbeiten sich so Abhängigkeiten selbst, ohne oft den genauen mathematischen Zusammenhang zu kennen.

Es wurde bei der Gestaltung der elektronischen Lernmaterialien von der Annahme ausgegangen, dass die heute zur Verfügung stehenden Medienarten und digitalen Werkzeuge erst mit Hilfe von didaktischem Sachverstand zu Lernmedien und Lernwerkzeugen gemacht werden müssen. Dabei wird der Einsatz durch die Erfordernisse des Lernens und Lehrens und nicht durch technische Aspekte bestimmt. Es wird

auch vermutet, dass der Erfolg des Einsatzes neuer Medien von vielen Faktoren abhängig ist und dass der bloße Einsatz von Computern und Software noch kein Indiz für die Qualität von Lernprozessen ist.

Es wird angenommen, dass computergestützte Medien bei entsprechender Gestaltung und bei entsprechendem Einsatz spezifische Eigenschaften aufweisen können, die konventionelle Medien aus technischen Gründen nicht haben. Moderne Hardware und Software erscheint geeignet, Perspektiven für die Entwicklung hochwertiger Medien zu bieten, die für das Lehren und Lernen große Innovationspotenziale darstellen, deren Qualität sich aber erst im Unterrichtsprozess erweisen muss.

Die didaktische Qualität des Mediums ist nie im Medium selbst implementiert, sondern ergibt sich aus der passenden pädagogischen Einbettung in multimediale Lernumgebungen, die individuell verschiedene Lernvoraussetzungen berücksichtigen. Daher sind für die Qualität eines Lernangebotes vor allem die Lernervariablen bestimmend. Es kommt darauf an, wie gut das Lernangebot inhaltlich, methodisch und situativ auf die Bedürfnisse der Lernenden abgestimmt ist.

Aus der Sicht dieser Prozessperspektive geht es in dieser Untersuchung darum, wie Computer und Medien als Werkzeuge in Lernprozessen genutzt werden und wie solche Systeme und Lernumgebungen konzipiert werden können, um bestimmte Lernprozesse anzuregen und zu begleiten.

In der Praxis muss sich die Aufmerksamkeit des didaktischen Designs auf die Transformation von Lehrinhalten zu Lernangeboten richten, wobei die Flexibilität der Lehrperson weitgehend im Medium abzubilden ist.

2.2 Ziele und Erwartungen

Gestützt auf die Annahme, dass neue Medien bestimmte Informations- und Kommunikationselemente in einer Ausprägung erschließen, wie dies andere Medien nicht bieten können, und unter Berücksichtigung lernpsychologischer Betrachtungen und Untersuchungen sollten Leitlinien gefunden werden, wie diese Stärken der neuen Medien in Multimedia-Anwendungen zur Physik nicht nur lernwirksam werden können, sondern wie sie Konzeptwechsel beim Lernen unterstützen und fördern können.

Es sollten bereits vorhandene „elektronische Lernmaterialien“ mit entsprechenden didaktisierten instruktionalen „Arbeitsblättern“ zu Lernumgebungen zusammengefasst und auf ihre Konzeption in Hinblick auf mögliche Erkenntnis- und Aneignungsprozesse zum Abbau von Lernschwierigkeiten untersucht und evaluiert werden.

Zum Abbau der Lernschwierigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre sollten darüber hinaus exemplarisch didaktisch und methodisch auf den Physikunterricht und das Lernen von Physik abgestimmte Lernmodule selbst konzipiert, eingesetzt, reflektiert und ansatzweise im Hinblick auf Verbesserungsmöglichkeiten evaluiert werden.

Die Förderung von Selbstständigkeit und Eigenverantwortung der Lernenden sollte durch die beiden Begleitmaßnahmen elektronische Lernplattform mit vielen Interaktions- und Kommunikationsmöglichkeiten und individuelle Rückmeldung in den Lerntagebüchern erreicht werden. Ich bin aber davon ausgegangen, dass zum Erreichen dieses Zieles doch viel Überzeugungsarbeit geleistet werden muss. Mit der Visualisierung in Form von dynamischen Repräsentationen sollte sich eine Darbietungsform sowohl der Handlungsabläufe als auch ihrer Auswertung ergeben und damit ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Handlung und Visualisierung geschaffen wer-

den. In der Hoffnung, dass Schüler/innen ihre Lernergebnisse selbst überprüfen können, diese selbst reflektieren und sich mit anderen austauschen können, sollten die Multimediakomponenten den Lernenden helfen, in einem explorativen Raum auf einem relativ hohen Interaktivitätsniveau innerhalb eines vorgegebenen Rahmens kognitive Konzepte zu aktivieren, zu verändern und ein wissenschaftliches Konzept zu entwickeln.

2.2.1 Grobziel und Feinziele – Was sollte erreicht werden?

Es sollten elektronische Lerneinheiten für einen integrierten Computereinsatz im ausgewählten Lehrplaninhalt Elektrizitätslehre der 7. Schulstufe im Hinblick auf Verstehen lehren und lernen sowie Abbau von Lernschwierigkeiten erarbeitet und getestet werden.

- Exemplarisch sollten Beispiele aus dem Karlsruher Physikkurs multimedial aufbereitet und als strukturiertes, didaktisch-methodisch reflektiertes Angebot für den Unterrichtseinsatz implementiert und einem Testlauf unterzogen werden.
- Studien zeigen, dass Mädchen und Burschen der Sekundarstufe sich unterschiedlich stark für Physik interessieren; für viele Mädchen ist der Physikunterricht sogar unattraktiv. Es sollte eingeschätzt werden, ob und wie weit der gendersensitive Einsatz neuer Medien im Physikunterricht bzw. ein gendersensitives Unterrichtsdesign hier Abhilfe schaffen kann?
- Mit Blick auf das instruktionale Design stellte sich die Frage: Wie müssen Lernmodule und Lernaufgaben an Schülervorwissen, Fehlkonzepte und erwartete Lernprozesse angepasst werden und wie müssen sie instruktional gestaltet sein, damit Schüler/innen gerne damit arbeiten und dabei noch einen Lerneffekt haben?
- Wie weit und wie gelingt es mit Hilfe des virtuellen Labors „Crocodile Physics“ Schüler/innen dazu anzuregen, selbst entdeckend zu lernen, d.h. sich selbst Fragen zu stellen, Vermutungen aufzustellen und diese dann durch Interpretation der Beobachtungen im virtuellen Experiment zu überprüfen?
- Gibt es auch der Sicht der Lehrer/innenperspektive einen Mehrwert der eingesetzten interaktiven Lernmedien und worin liegt dieser?

2.2.2 Was wurde erwartet?

Der Computer und die eingesetzte Unterrichtssoftware sind nur Werkzeuge, um selbständiges, und eigenverantwortliches Arbeiten der Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Inhalten, gemeinschaftliches Forschen und Entdecken, Argumentieren und Beweisen sowie kooperatives Präsentieren und Diskutieren erarbeiteter Resultate anzuregen.

Die Schüler/innen werden sich in Partnerarbeit mit der jeweiligen Thematik beschäftigen, um diese eigenständig zu erschließen und zu durchdringen. Die Kommunikation und die Kooperation bei der Partnerarbeit können den Lernprozess dabei in vielerlei Hinsicht befruchten. Eine gemeinsame Lernplattform sowie die durch die An-

zahl der Computer bedingte Notwendigkeit der Partnerarbeit werden den Austausch zwischen den Schülern/innen fördern.

Auch wenn die Schüler/innen mit Lernsoftware in elektronischen Lernumgebungen arbeiten, soll das Heft als Lern- und Arbeitsmedium nicht an Bedeutung verlieren. Das Aufschreiben von Gedanken führt zu deren Ordnung und Verfestigung sowie zu einer tiefer gehenden Durchdringung der jeweiligen Thematik. Deshalb muss das Experimentieren am Bildschirm mit dem Dokumentieren der Überlegungen und Ergebnisse im Heft eng einhergehen. In ihrem Heft sollen die Schülerinnen und Schüler parallel zur Arbeit am Bildschirm Beobachtungen notieren, Vermutungen formulieren, Begründungen aufschreiben und persönliche Eindrücke festhalten. Es kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass alle Schüler/innen diese Aufgabe von sich aus zufrieden stellend erledigen. Einige werden doch sehr deutlich dazu motiviert werden müssen.

Um den Erfolg des mediengestützten Lernens zu sichern, werden unterschiedliche personale Unterstützungsangebote notwendig sein. Die lernförderliche Infrastruktur kann sich nicht nur auf das Bereitstellen von Mediensystemen beschränken, sondern bedarf didaktisch aufbereiteter Lernangebote. Das wird als besondere Herausforderung gesehen. Es wird erwartet, dass es den Schülern/innen durch den methodisch-didaktisch aufbereiteten Medieneinsatz gelingt, Lernschwierigkeiten und Fehlvorstellungen zumindest teilweise zu überwinden.

Im Rahmen dieses Projektes soll sich das Lerntagebuch mehr und mehr zu einem Arbeitsinstrument entwickeln, wo Schüler/innen Kompetenzen und Fähigkeiten aufbauen können, die sich nicht bloß dem Fach Physik und dessen Zielen zuordnen lassen. Dieses kann auf der Lernplattform eingerichtet und bearbeitet werden oder auch konventionell in Papierform gestaltet sein. Es wird davon ausgegangen, dass die Schüler/innen erst von der Sinnhaftigkeit dieser Einrichtung überzeugt werden müssen.

Im Lerntagebuch sollen die Lernenden darstellen, was sie bewegt, was sie können und wo ihre nächsten Probleme liegen. Es sind das die Kernideen der Schüler/innen, ihre singulären Nachforschungen, Übungen, Hausaufgaben und Reflexionen. Die Schüler/innen erhalten von der Lehrerin regelmäßige Rückmeldungen über den individuellen Lernprozess und Anregungen für die Weiterarbeit. Für die Evaluierung des vorliegenden Projekts sollen die Lerntagebücher der Schüler/innen wichtige Daten liefern.

Der Einsatz einer Lernplattform soll auch die häusliche Arbeit erleichtern. Es wird angenommen, dass doch wenigstens die Hälfte der Schüler/innen davon Gebrauch macht. Diese Plattform soll über die Unterrichtsarbeit hinaus unterstützende Strukturen für einen selbst gesteuerten Lernprozess bieten und kooperatives sowie kollaboratives Arbeiten ermöglichen und fördern. Durch den zeitlich und räumlich nicht beschränkten Zugang zu den Kursinhalten soll sich eine Anpassung an den individuellen Lernstil und die Lerngeschwindigkeit ergeben.

3 DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS

3.1 Allgemeine Vorüberlegungen

Gegenstand des empirischen Teils dieser Arbeit sind die Handlungs- und Lernprozesse, die Lernergebnisse und der Abbau von falschen Vorstellungen und die Sichtweisen von Schülern/innen einer 7. Schulstufe einer allgemein bildenden höheren Schule im Verlauf ihrer Arbeit mit interaktiven Lernumgebungen im Fach Physik zum Thema Elektrizitätslehre.

Mein Untersuchungsvorhaben hat eine Nähe zum Forschungsansatz der Lehrerforschung, die eine Tradition der Erforschung und systematischen Untersuchung der schulischen Praxis durch Lehrer/innen selbst darstellt, mit dem Ziel zu einem vertieften Verständnis der Praxis sowie zu einer Verbesserung von beruflichen Situationen zu gelangen. Dabei beziehen sich die Fragen der forschenden Praktiker/innen sowie die sich daraus entwickelnde Forschung vor allem auf den Kontext des eigenen Unterrichts. In meinem Fall lag der Fokus auf dem Einsatz von multimedialen Lernumgebungen beim Lehren und Lernen von Physik.

Das Wesentliche dieser Form der Forschung sind nicht die angewandten Methoden, sondern das In-Gang-Setzen eines Prozesses, bei dem Handeln in der Praxis und Reflexion dieser Erfahrungen stetig und immer wieder aufeinander bezogen werden. Der Untersuchungsfrage wird unter Verwendung von Methoden aus der quantitativen wie der qualitativen Forschung – z.B. Beobachtung oder Fragebogen – im Praxisfeld nachgegangen. Die schriftlich festgehaltenen Daten über den Problemzusammenhang werden ausgewertet und analysiert.

Als Folge der Reflexionen können Handlungskonzepte entworfen werden, um verändernd in die Praxis einzugreifen und aus den reflektierten Erfahrungen mit einer veränderten Praxis kann die Wirksamkeit einer pädagogischen Maßnahme systematisch untersucht und evaluiert werden. So werden nicht nur wie in der traditionellen wissenschaftlichen Forschung distanzierte „Reflexionen-über-die-Handlung“ zur Erkenntnisgewinnung genutzt, sondern auch Reflexionen, die in der Handlung geschehen. Die eigene Praxis wird damit zu einer Prüfung der bisherigen Forschung. Die Praktiker/innen können durch Rekonstruktion und Reorganisation eigener Erfahrungen sowohl Handlungssituationen neu verstehen, als auch durch systematisches und reflexives Durchlaufen einer Reflexion-Aktions-Spirale die unterrichtliche Praxis verändern und so zu einem veränderten Selbstverständnis des Lehrerseins gelangen.

3.2 Formulierung der Forschungsfragen

Aus meinen bisherigen Erfahrungen und Aktions-Reflexions-Prozessen gehe ich bei den Untersuchungsfragen der vorliegenden Studie von den unten angeführten Voraussetzungen aus und formuliere darauf basierend die in Tabelle 1 angeführten Forschungsfragen meiner empirischen Arbeit.

- Lernen ist nach meiner Vorstellung ein höchst personaler und aktiver Prozess und daher ist erfolgreiches Lernen auf intrinsische Motivation, auf Interesse und auf die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerngegenständen angewiesen.

- Die eingesetzten Software-Produkte und angebotenen Lernumgebungen lassen auch selbst gesteuertes Lernen und eine explorative Auseinandersetzung zu.
- Die Zusammensetzung der verschiedenen Lerngruppen ist sowohl in Bezug auf die Wissensbasis als auch was die persönlichen Lernstile und Herangehensweisen an neue Aufgabenstellungen betrifft, sehr heterogen.
- Lernende eignen sich die angebotenen Lerninhalte nach ihren Regeln und Vorerfahrungen, nach ihren eigenen Verständniszugängen und im Kontext ihrer individuellen Lebenswelt und Leistungsansprüche an – nicht jeder Lerner wird jedes Lernziel in gleichem Ausmaß erreichen
- Jeder Lernende gestaltet auf Grund unterschiedlichen Vorwissens, individueller Neigungen und Interessenlagen seine eigene Lernqualität. Dieser selbst gesteuerte Prozess wird in Bezug auf die Auswahl der Lerngegenstände, die Lernzeit und den methodischen Zugang in hohem Maße vom Lernenden selbst reguliert. Die Lernergebnisse werden individuell stärker differieren als bei herkömmlichen Lehr-Lern-Unterrichtssituationen. Daran kann auch die beste Lernumgebung nur wenig ändern.
- Um für alle Lerner möglichst erfolgreiches vollständiges Lernen zu ermöglichen, muss der Lerninhalt abhängig von der Wissensbasis degressiv didaktisiert werden.

Meine Forschungsfragen und deren methodische Verankerung habe ich auf Basis lerntheoretischer Überlegungen, der Einschätzung der Potenziale der neuen Medien sowie auf Forschungsergebnissen zum Lernen mit neuen Medien formuliert und mit Methoden der Aktionsforschung bearbeitet.

Ich habe mich in meiner Untersuchung auf fünf Fragestellungen konzentriert

1	Gelingt es, Lernende durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen zu reaktivem Lernen und selbstständigem Wissenserwerb anzuregen?
2	Wie müssen Lernmodule und Lernaufgaben an Schülervorwissen, Fehlkonzepte und erwartete Lernprozesse angepasst werden und wie müssen sie instruktional gestaltet sein, damit Schüler/innen gerne damit arbeiten und dabei noch einen Lerneffekt haben?
3	Wie weit und wie gelingt es mit Hilfe des virtuellen Labors „Crocodile Physics“ Schüler/innen dazu anzuregen, selbst entdeckend zu lernen?
4	Wie weit gelingt es durch den Medieneinsatz die Lernschwierigkeiten (siehe Kapitel 2.1.2) im Bereich der Elektrizitätslehre erfolgreich abzubauen?
5	Wie werden das Lerntagebuch und die Lernplattform als pädagogische Begleitmaßnahme von den Schülern/innen angenommen?

Tabelle 1: Forschungsfragen

3.3 Didaktische Aufbereitung der Lehr- und Lerninhalte

In meiner Studie habe ich vor allem Medienprodukte ausgewählt, die ein relativ hohes Interaktivitätsniveau aufweisen. Es sollte eine hohe Schülerinteraktivität möglich und natürlich auch erforderlich sein. Die Konstruktion und die generierenden Aktivitäten der Lernenden sollten betont werden. Ich wollte Lernsituationen schaffen, wo die Lernenden nicht nur eine Antwort auf eine gestellte Frage geben, sondern wo sich diesen zusätzlich zu den didaktisierenden Lehrfunktionen und den Impulsfragen, die durch die Lernumgebung vorgegeben werden, eine Reihe von Fragen selbst stellen, und wo die Lernenden möglicherweise auch einen ganz anderen Lernweg gehen und im Idealfall selbst gesteuert, selbst kontrolliert sowie explorierend an der Lösung der Aufgabenstellung arbeiten.

3.3.1 Das Applet „Stromkreis“

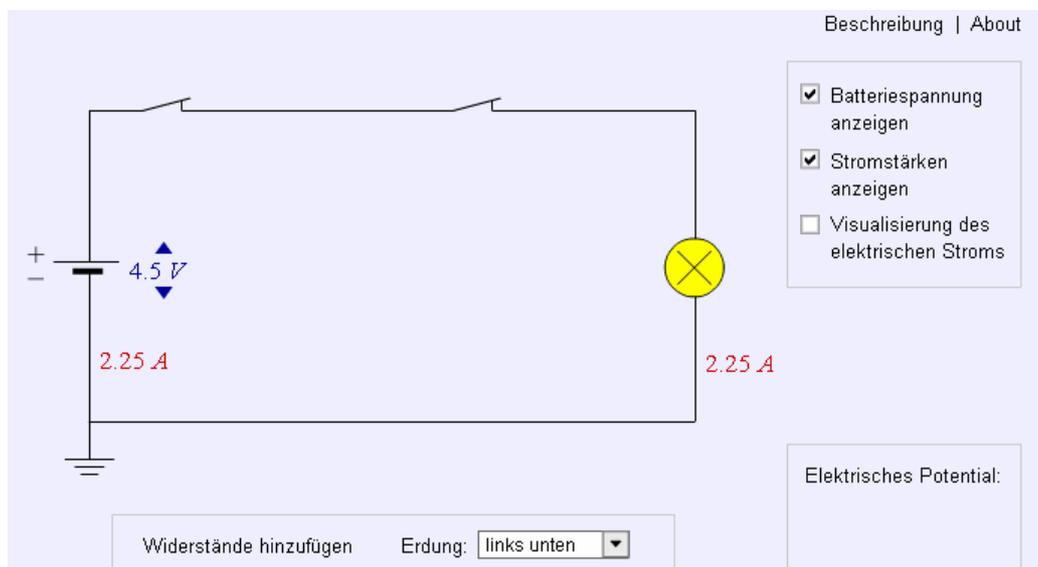


Abbildung 1: Applet Stromkreis (Ausgangssituation)

Die Animation zeigt eine elektrische Schaltung mit einer Stromquelle, deren Spannung geregelt werden kann. Sie wurde von Dr. Franz Embacher basierend auf dem Konzept des Karlsruher Physikkurses (KPK) programmiert.

Es gibt mehrere Widerstände, die hinzugefügt und weggenommen werden können und Schalter, die geöffnet oder geschlossen werden können. Weiters werden die Stromstärken angezeigt. Der Stromfluss wird visualisiert und erlaubt es, das elektrische Potenzial an beliebigen Stellen der Drahtverbindungen abzulesen.

Im KPK soll eine neue Sachstruktur das Lernen von Physik erleichtern. Für die drei Teilgebiete des Physikunterrichts der Sekundarstufe 1 – Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre – wird ein einziges Modell verwendet (vgl. [6]). Zur Aufrechterhaltung der vollständigen Analogie wird die physikalische Größe elektrisches Potenzial verwendet. Der elektrische Strom wird eingeführt, indem über fließende Elektrizität gesprochen wird. Im Anschluss daran werden einfache geschlossene Stromkreise diskutiert, die elektrische Stromstärke definiert und die Knotenregel erklärt. In Analogie zum Druck wird dann das elektrische Potenzial eingeführt und die Potenzialdifferenz

als Antrieb für den elektrischen Strom interpretiert. Erst dann erhält sie einen eigenen Namen – elektrische Spannung. Danach wird der Zusammenhang von elektrischer Stromstärke und Spannung hergestellt und die Abhängigkeit der elektrischen Stromstärke vom Widerstand des elektrischen Gerätes, durch das der elektrische Strom fließt, diskutiert.

Die Schüler/innen erlernen im Unterricht eine Strategie, um die elektrische Spannung in einfachen elektrischen Stromkreisen vorherzusagen. Gebiete mit jeweils gleichem Potenzial werden dabei mit unterschiedlichen Farben markiert. An Lämpchen und Widerständen stoßen Gebiete mit unterschiedlichen Farben zusammen. Die Differenz der Potenziale der verschiedenfarbigen Gebiete, die durch die Bauteile getrennt werden, ergibt dann den Wert der elektrischen Spannung.

Im Applet werden keine verschiedenen Farben verwendet. Die Schüler/innen können das elektrische Potenzial an beliebigen Stellen der Drahtverbindungen ablesen, wenn sie die Maus über die Leitung führen. Rechts unten (siehe Abbildung 2) kann dann der Wert für das elektrische Potenzial abgelesen werden.

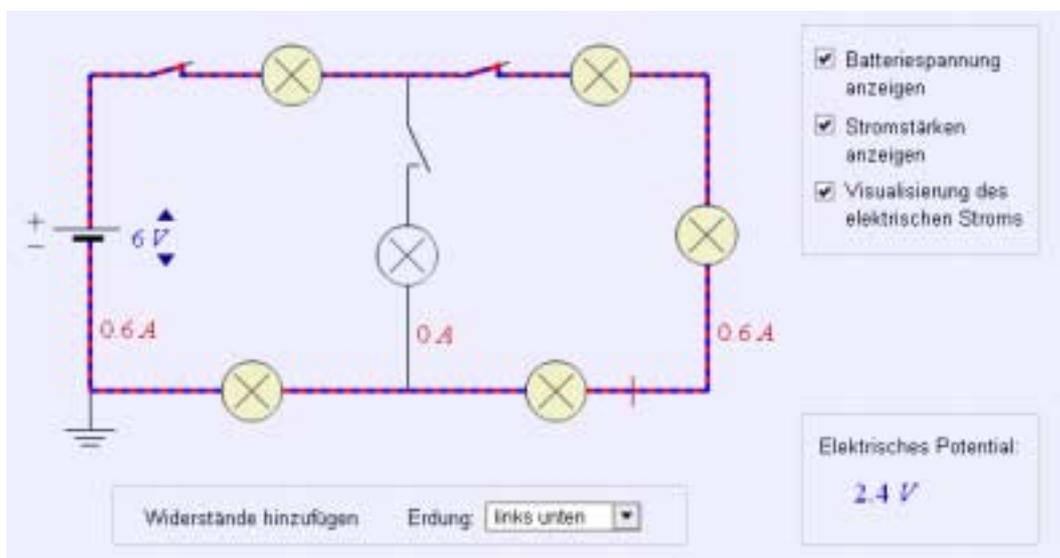


Abbildung 2: Applet „Stromkreis“ mit Anzeige des Potentials

Die Schüler/innen können direkt im Applet folgende Beschreibungen abrufen

Schaltung

Die Schaltung besteht aus einer Spannungsquelle (Batterie), Widerständen (gekennzeichnet mit dem Glühlämpchen-Symbol), Schaltern und Drahtverbindungen. Du hast mehrere Möglichkeiten, die Schaltung zu verändern.

- Einen Schalter kannst du öffnen und schließen, indem du auf ihn klickst.
- Durch Klick auf den Link "Widerstände hinzufügen" kannst du einige weitere Elemente dazuschalten.
- Um einen Widerstand zu entfernen, klickst du einfach auf ihn. (Dabei besteht allerdings die Einschränkung, dass jede Drahtverbindung zumindest einen Widerstand tragen muss).

- Die Schaltung ist geerdet. Die Auswahlliste unten gibt dir 4 Möglichkeiten, die Erdung an verschiedenen Stellen zu positionieren.

Glühlämpchen

Alle Glühlämpchen haben die gleichen elektrischen Eigenschaften (ihr elektrischer Widerstand beträgt 2 Ohm). Liegt an einem Lämpchen eine Spannung, so leuchtet es. Die Helligkeiten in der Animation illustrieren das für eine gegebene Batteriespannung. Aufgrund der großen Spannungs- und Strombereiche, die diese Animation überdeckt, geben Sie die tatsächlich auftretenden Helligkeiten aber nur ungefähr wieder.

Batteriespannung

Möchtest du die Batteriespannung verändern, so aktiviere das Kästchen "*Batteriespannung anzeigen*". Mit Hilfe der Pfeile ober- und unterhalb der Spannungsanzeige, die dann erscheint, kannst du die Spannung verändern (im Bereich kleiner als 10 Volt in Schritten von 0.5 Volt, darüber in Zehnerschritten). Die Spannung in der Grundeinstellung ist 4.5 Volt.

Stromstärken

Sie werden angezeigt, wenn du das Kästchen "*Stromstärken anzeigen*" aktivierst.

Visualisierung des elektrischen Stroms

Wenn du das Kästchen "*Visualisierung des elektrischen Stroms*" aktivierst, wird der Stromfluss (sofern er ungleich 0 ist) symbolisch (ähnlich einer fließenden Flüssigkeit) dargestellt. Dabei handelt es sich nur um eine qualitative Darstellung die Dicke der Linien entspricht nicht exakt den Stromstärken.

Elektrisches Potential

Um das elektrische Potenzial an beliebigen Stellen der Drahtverbindungen abzulesen, führst du die Maus über diese. Dann wird rechts unten der jeweilige Wert des Potenzials angezeigt.

Tabelle 2: Beschreibungen zum Applet „Stromkreis“

3.3.2 Forschungsaufgaben mit „Crocodile Physics“

Die Software „Crocodile Physics“ zeichnet sich durch eine sehr intuitive Oberfläche aus, die ein rasches Einarbeiten ermöglicht. Meine Annahme war, dass mit diesem Programm in Kombination mit dem Realexperiment verschiedene Zugangswege für Schüler/innen erschlossen werden können und Differenzierung bei der Arbeitsweise sowie weitere Formen der Ergebnissicherung ermöglicht werden.

Bezug nehmend auf die Funktionalitäten des Programms „Crocodile Physics“ habe ich versucht bei den Lernaufgaben den potenziellen Mehrwert herauszuarbeiten.

- Häufig sind die Versuchsmaterialien für das Realexperiment nur in begrenzter Anzahl vorhanden. Mit der Simulation können die Experimente durch Schüler/innen selbstständig oder angeleitet erweitert werden; z.B. durch eine umfangreichere Reihenschaltung oder die Messung an mehreren Stellen des

Stromkreises. Gesetzmäßigkeiten im Stromkreis können erarbeitet und erprobt werden.

- Als Vorbereitung auf die praktische Arbeit im Realexperiment können Experimente in der Simulation erforschend entwickelt und erprobt werden, ohne das Versuchsmaterial zu „gefährden“ und anschließend die Erkenntnisse im Realexperiment angewendet werden.
- Einen besonderen Schwerpunkt habe ich bei meinen Unterrichtsplanungen auf die Möglichkeiten der Software für das *individuelle, entdeckende und forschende Lernen* gelegt. Schüler/innen können in der Simulation Ideen kurzfristig umsetzen und auf ihre Brauchbarkeit überprüfen. Schüler/innen können Fragen stellen „Was wäre, wenn ...“ und sehr schnell selbst darauf Antworten finden, die sie dann entsprechend interpretieren und damit selbstständig Wissen erwerben. Aber auch Realexperimente können nachvollzogen und genauer erforscht werden.

Die Schüler/innen sollten mit den in Tabelle 3 bis Tabelle 7 angeführten Arbeitsaufgaben² weitgehend selbstständig ihre Vorstellungen hinterfragen und selbstständig Wissen erwerben. Ausgangspunkt war immer die auf einem Arbeitsblatt schriftlich formulierte Fragestellung. Dazu sollten Vermutungen geäußert bzw. schriftlich festgehalten werden. Erst dann wurde ein entsprechendes Realexperiment bzw. eine Simulation im virtuellen Labor „Crocodile Physics“ durchgeführt. Aus den Beobachtungen und Versuchsergebnissen sollten dann Folgerungen und Erkenntnisse abgeleitet werden, sowie die eigenen Vorstellungen und Vermutungen überprüft werden.

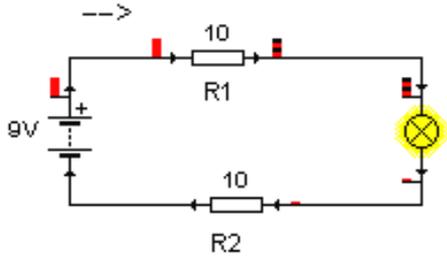
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wie ändert sich die Helligkeit des Lämpchens, wenn der Widerstand R1 durch den Widerstand R3=30Ω ersetzt wird? 2. Der Widerstand R1 wird wieder eingesetzt. Dann wird der Widerstand R2 durch den Widerstand R3=30Ω ersetzt. Stelle Vermutungen über die Helligkeit des Lämpchens an und überprüfe sie!
---	---

Tabelle 3: Übungsaufgabe zum Abbau der sequentiellen Argumentation

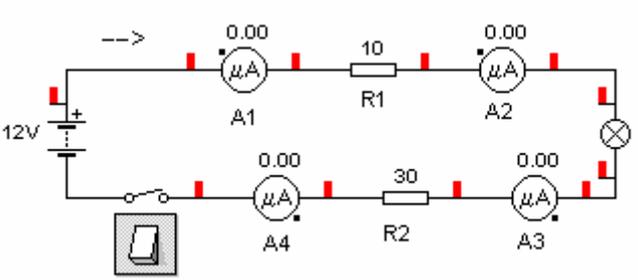
	<p>Welches der vier Strommessgeräte A1 bis A4 zeigt die kleinste, welches die größte Stromstärke an, wenn du den Schalter schließt?</p> <p>Begründe deine Vermutung und überprüfe sie im Experiment.</p> <p>Wie erklärst du das Ergebnis?</p>
---	---

Tabelle 4: Übungsaufgabe zur „Stromverbrauchsvorstellung“

² Die hier angeführten Forschungsaufgaben stellen nur eine exemplarische Auswahl dar.

Betrachte die folgenden beiden Schaltungen. Wie groß ist in den beiden Stromkreisen A und B jeweils die Spannung zwischen den Punkten:

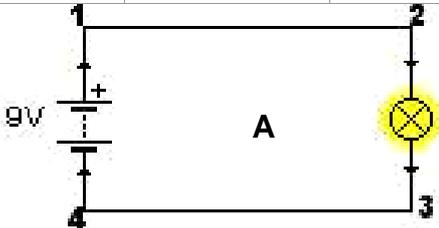
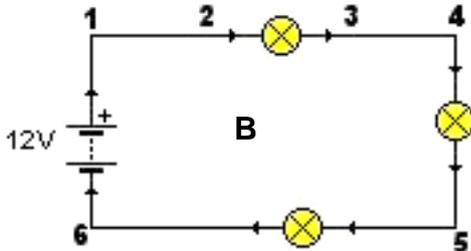
1 und 2: ... V	2 und 3: ... V	3 und 4: ... V	1 und 2: ... V	2 und 3: ... V	3 und 4: ... V
			4 und 5: ... V	5 und 6: ... V	4 und 6: ... V
					

Tabelle 5: Testaufgaben zur elektrischen Spannung

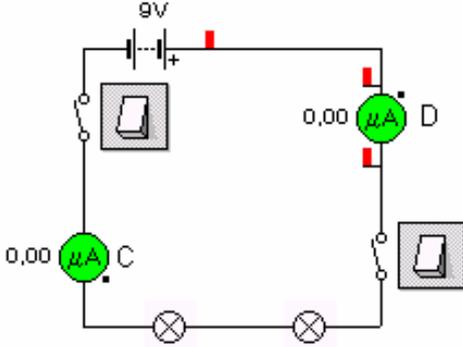
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Welche Schalter müssen geschlossen werden, damit beide Lampen leuchten? 2) Handelt es sich um eine Serien- oder eine Parallelschaltung? 3) Sind alle Schalter geschlossen zeigen die beiden Amperemeter <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> gleich viel an <input type="radio"/> C mehr an als D <input type="radio"/> D mehr an als C <input type="radio"/> Null an.
--	--

Tabelle 6: Stromkreis mit zwei Lämpchen in Serie

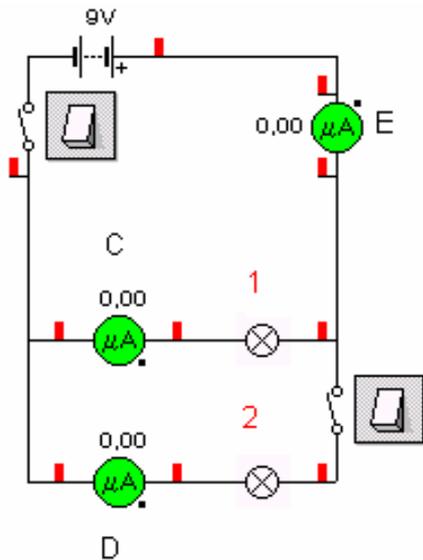
	<ol style="list-style-type: none"> 4) Welche Schalter müssen geschlossen werden, damit Lampe 2 leuchtet? 5) Welche(n) Schalter muss man schließen, damit Lampe 1 leuchtet? 6) Handelt es sich um eine Serien- oder eine Parallelschaltung? 7) Sind alle Schalter geschlossen, dann ist die Stromstärke, die das Amperemeter C anzeigt, <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> genauso groß wie die Anzeige des Amperemeters E <input type="radio"/> nur halb so groß wie die Anzeige des Amperemeters E <input type="radio"/> Null
---	--

Tabelle 7: Stromkreis mit zwei parallel geschalteten Lämpchen

3.3.3 Die Lernumgebung Elektrizitätslehre

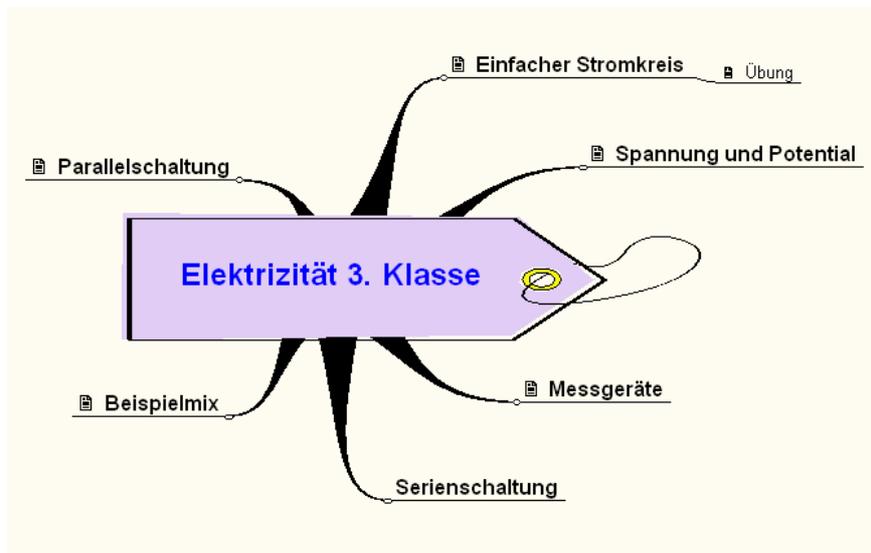


Abbildung 3: Mindmap Elektrizitätslehre

Dieses Lernmaterial stellt eine strukturierte Lernumgebung für die häusliche Arbeit dar. Mit dem Programm Mind-Manager wurde ein HTML-Dokument erzeugt, wo die Schüler/innen über die Lernplattform Moodle sehr einfach die mit den einzelnen Unterthemen verknüpften Informationsmaterialien und Übungsaufgaben abrufen und bearbeiten können. Hier finden sich unter anderem auch Verweise auf Internetseiten mit weiteren Übungen und interaktiven Tests. Diese Unterlagen waren als Zusatzmaterialien für die Anwendung, Übung und Vertiefung der im Unterricht erarbeiteten Lerninhalte konzipiert und angeboten. Die Schüler/innen sollten damit individuell und in erster Linie zu Hause arbeiten und ihre Ergebnisse und Erkenntnisse sowie ihre Lernwege in ihren Lerntagebüchern dokumentieren.

3.3.4 Circuits Gizmo – Explore Learning³

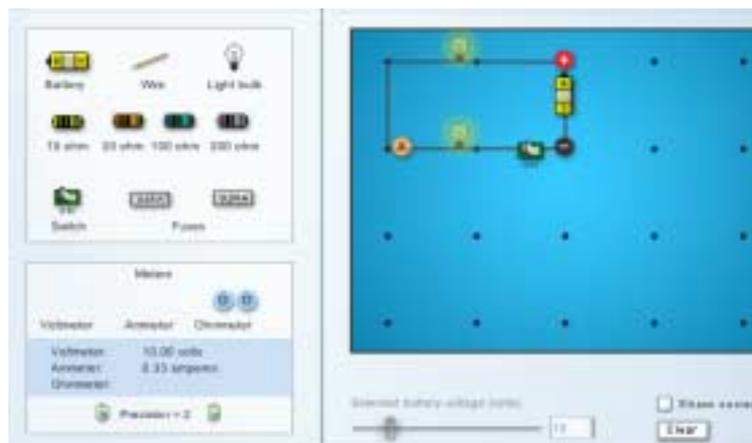


Abbildung 4: Virtuelles Labor auf der Seite <http://www.explorelearning.com>

³ Quelle: <http://www.explorelearning.com>

Dieses im Internet angebotene interaktive Labor stellt nach meiner Einschätzung ein weiteres sehr gutes Medium für das selbstständige und forschend entdeckende Lernen dar. Allerdings mit ein paar Einschränkungen: Grundsätzlich steht die Software kostenlos zur Verfügung, allerdings nur immer fünf Minuten pro Tag und pro Applikation. Es besteht die Möglichkeit eine kostenlose Freischaltung aller Applikationen für einen Monat zu bekommen. Ich habe angenommen, dass aber die englische Sprache das Hauptproblem sein wird und habe daher nicht erwartet, dass alle Schüler/innen von diesem Lernangebot Gebrauch machen.

Neben den zahlreichen Experimentiermöglichkeiten werden auf dieser Seite auch sehr gute „Exploration Guides“ mit einer sehr ansprechenden methodisch-didaktischen Aufbereitung angeboten. Darüber hinaus gibt es auch interaktive Tests (siehe z.B. Kapitel 7.4.10).

3.4 Unterrichtliche und organisatorische Maßnahmen

Eine wichtige Rolle beim forschenden Lernen und bei der Arbeit mit neuen Medien spielt der Zeitfaktor. Wenn die Schüler/innen die Möglichkeit haben sollen ihre individuellen Fragestellungen zu verfolgen, muss die Unterrichtsorganisation das zulassen. Die Arbeit mit den elektronischen Lernaktivitäten sollte aber keinesfalls die Stunden betreffen, in denen die Klasse im Physiksaal unterrichtet wird. Das ist jeweils eine Stunde pro Woche der Fall; die zweite Stunde muss im Normalfall im Klassenraum stattfinden. Insgesamt haben die Schüler/innen zum Thema Elektrizitätslehre fünf Unterrichtsstunden im Computerraum gelernt. Mehr Unterrichtszeit wollte bzw. konnte ich nicht dafür aufwenden. Im Unterricht selbst wurde hauptsächlich mit dem Applet „*Stromkreis*“ und mit dem virtuellen Labor „*Crocodile Physics*“ gearbeitet.

Da alle Schüler/innen der Versuchsklasse⁴ zu Hause über einen eigenen PC mit Internetanschluss verfügen, konnte ich bei meiner Unterrichtsplanung und bei der Organisation meines Physikunterrichts davon ausgehen, dass für alle Schüler/innen eine weitere Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben prinzipiell möglich ist. Daher gab es ein vielfältiges Angebot an Übungs- und Forschungsaufgaben auf der Moodle-Lernplattform. Das Programm „*Crocodile Physics*“ kann für einen Monat kostenlos als Demo-Vollversion bezogen werden; die Angabe einer Email-Adresse reicht aus. Ebenso verhält es sich mit den „*Gizmos*“. Diese können aber auch ohne Registrierung jeweils fünf Minuten pro Tag benutzt werden. Das Applet „*Stromkreis*“ wurde den Schülern direkt über die Lernplattform zur Verfügung gestellt. Die Schüler/innen bekamen entsprechende Hinweise zu diesen technischen Details schriftlich auf der Lernplattform – alle Schüler/innen, die daran interessiert waren, hatten also Zugang zur benötigten Software.

Ich habe erwartet, dass die leistungsstärkeren Schüler/innen die Möglichkeiten der virtuellen Labors „*Crocodile Physics*“ und „*Circuits Gizmos*“ dafür nutzen werden, die auf den Arbeitsblättern vorgegebenen Schaltungen entsprechend zu erweitern und so zu neuen Fragestellungen zu kommen. Um die Hürde mit den nur in englischer

⁴ In dieser Klasse wird im Rahmen einer schulautonomen Schwerpunktsetzung das Unterrichtsfach AGM (Angewandte Geometrie und Mathematik) angeboten. Daher müssen alle Schüler/innen auch zu Hause mit der nötigen Hardware ausgestattet sein.

Sprache zugänglichen „Gizmos“ zu verringern, wurde ein elektronisches Wörterbuch in die einzelnen Aufgabenblätter integriert. Ich bin nicht davon ausgegangen, dass sich alle Schüler/innen diesen Mühen stellen werden, habe aber für die Bearbeitung dieser „freiwilligen“ Materialien sehr wohl Bonuspunkte in Aussicht gestellt. Darüber hinaus hatten diese besonders eifrigen Schüler die Möglichkeit ihre Lernergebnisse und Erkenntnisse den Mitschülern/innen entweder auf der Lernplattform in eigens dafür eingerichteten Foren oder aber auch im Unterricht zu präsentieren. Auf jeden Fall sollte eine genaue Dokumentation der individuellen Lernwege in den Lerntagebüchern erfolgen.

Die „*Lernumgebung Elektrizitätslehre*“ war als komplettes Zusatzmaterial für die Anwendung, Übung und Vertiefung der im Unterricht erarbeiteten Lerninhalte konzipiert und angeboten. Die Schüler/innen sollten damit individuell und in erster Linie zu Hause arbeiten und ihre Ergebnisse und Erkenntnisse sowie ihre Lernwege in ihren Lerntagebüchern dokumentieren sowie für ihre Mitschüler/innen auf der Lernplattform veröffentlichen.

3.5 Überblick über die erhobenen Daten

Das Grobziel meiner Arbeit war die Untersuchung der Frage, ob durch den integrierten Einsatz des Computers im ausgewählten Lehrplaninhalt Elektrizitätslehre der 7. Schulstufe im Hinblick auf Verstehen lehren und lernen sowie Abbau von Lernschwierigkeiten bessere Erfolge erzielt werden können. Es geht darum welchen Beitrag der Technologieeinsatz leisten kann. Das kann aber nach meiner Einschätzung halbwegs seriös nur durch einen direkten Vergleich herausgefunden werden. Ursprünglich war ich für mehrere dritte Klassen für Physik vorgesehen – im September 2005 war es dann leider nur mehr eine dritte Klasse. Mein ursprünglicher Plan in einer oder zwei Klassen mit Technologie und in den anderen „konventionell“ zu unterrichten, musste also verworfen werden.

Daher habe ich mich trotz aller Bedenken, die eine Studie an der eigenen Schule verursachen kann, an der Klassen, die von anderen Lehrern/innen unterrichtet werden, beteiligt sind, dennoch entschlossen, für den empirischen Teil meiner Arbeit Vergleichsklassen heranzuziehen.

Ein besonderer Fokus meiner Fragestellungen lag darüber hinaus auf der Untersuchung der Lernervariablen, d.h. der Evaluierung des Lernerverhaltens in den interaktiven Lernumgebungen. Die aussagekräftigen Dokumentationen der Lernprozesse und Lernfortschritte finden sich vor allem in den individuellen Lerntagebüchern.

Die vollständige Darstellung aller erhobenen Daten bzw. eingesetzten Lernaufgaben und Beispiele würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es musste daher eine sinnvolle Auswahl getroffen werden.

3.5.1 Mit welchen Methoden wurden Daten gesammelt?

In meiner Untersuchung habe ich die teilnehmende Beobachtung, die technische Dokumentation und schriftliche Erhebungsverfahren angewendet. Meine eigenen Beobachtungen zeichnete ich in einem Forschungstagebuch auf. Die Folgerungen, die sich aus den Reflexionen meines eigenen Handelns und einem Hinterfragen eigener Sichtweisen ergaben, fließen in die Interpretation der ausgewerteten Daten

ein. Obwohl ich die durchgeführten Interviews mit drei Schülern und die Tonbandaufzeichnungen, die ich von einzelnen Gesprächen in den Zweier-Gruppen bei der Arbeit am Computer erstellt habe, nicht transkribiert habe, kommen einzelne Statements dennoch in der Reflexion meiner Arbeit zum Tragen. Weiter habe ich für meine Auswertungen und Analysen schriftliche Schüler/innen-Dokumente (ausgefüllte Arbeitsblätter, Fragebögen, Kurzaufsätze, Lerntagebücher) verwendet.

3.5.2 Was wurde festgehalten?

Zur Überprüfung der Frage, ob durch den Einsatz von Multimedia Lernschwierigkeiten abgebaut bzw. überwunden werden können, habe ich meine Auswertungen und Ergebnisse auf vier Frage- bzw. Testbögen (siehe Anhänge 7.4.1 bis 7.4.4), auf Aufzeichnungen in meinem Forschungstagebuch, auf Tonbandmitschnitte und Gedächtnisprotokolle von Gruppen- und Einzelbesprechungen, auf schriftliche Schüler/innen-Antworten zu offenen Fragestellungen und auf ausführliche schriftliche Reflexionen aller an der Untersuchung beteiligten Lerner/innen gestützt.

Ich habe mich entschieden zwei Ebenen zu betrachten, die inhaltliche bzw. fachliche und die emotionale Schüler/innenebene. Die fachliche Ebene betrifft nach meiner Einschätzung die Lernwirksamkeit der Materialien, die fachdidaktische Konzeption der Lernunterlagen und deren methodischen Einsatz, unter anderem auch den Grad der instruktionalen Unterstützung und Begleitung. Auf der emotionalen Schülerebene wird der Grad der Aktivität, der Interaktivität mit den Lernmaterialien, die Anstrengungsbereitschaft, das Interesse und das eigentliche „Lernen wollen“ gesteuert.

Zu beiden Punkten wurden Frage- bzw. Testbögen entwickelt, wobei der Fragebogen zu den Einschätzungen der Schüler/innen auch eher offene Fragen enthalten hat. Da nur drei Mädchen in der Versuchsgruppe waren, habe ich letztlich Aspekte der Genderperspektive nicht extra ausgewertet.

Es gab einen so genannten Einstiegstest (siehe Anhang 7.4.4), mit dessen Hilfe die Vorstellungen der Schüler/innen im Bereich der Elektrizitätslehre *vor dem Unterricht* erhoben werden sollten. Dieser Test wurde in der Versuchsklasse (21 Schüler/innen) und in drei Vergleichsklassen (63 Schüler/innen) durchgeführt. In den drei Vergleichsklassen wurden im Physikunterricht keine neuen Medien eingesetzt – alle drei Klassen wurden von derselben Lehrerin unterrichtet.

Im Endtest (siehe Anhang 7.4.3) wurden ebenfalls in allen vier Klassen die Vorstellungen der Schüler/innen *nach dem Unterricht* (am Ende des Schuljahres) erfasst. Es wurde mit einem Code gearbeitet, so dass eine eindeutige Zuordnung jedes Schülers/jeder Schülerin zwischen Einstiegstest und Endtest möglich sein sollte.

In der Versuchsklasse wurden darüber hinaus die Einstellungen, die persönlichen Einschätzungen und der Grad der Auseinandersetzung der Schüler/innen mit den angebotenen elektronischen Lernunterlagen mit Hilfe eines weiteren Fragebogens abgefragt. Ebenso wurden in der Versuchsklasse die Vorstellungen zum elektrischen Widerstand vor dem Unterricht mit Hilfe eines Testbogens (siehe Anhang 7.4.2) erhoben.

Sowohl über die Lerntagebücher als auch über die schriftlichen Darstellungen der Lernergebnisse in den Antworten zu den Lernaufgaben auf den Arbeitsblättern (siehe

Anhänge 7.4.5 bis 7.4.9)⁵ konnten weitere wertvolle Daten gewonnen werden. Interviews mit zwei Schülern und einer Schülerin, sowie Tonbandmitschnitte einzelner Partnergespräche während der Bearbeitung der Lernaufgaben, sowie die Aufzeichnung eines Klassengesprächs zur Reflexion der Lerninhalte und Unterrichtsmethoden am Ende der Lernsequenz wurden erst bei der Interpretation der Daten herangezogen.

Eine weitere Datenquelle stellten neben dem Fragebogen zu den Einstellungen und Einschätzungen (siehe Anhang 7.4.1) die Aufsätze der Schüler/innen in der Versuchsklasse über ihre eigenen Lernwege und Verstehensprozesse am Ende des Schuljahres dar. Die Schüler/innen sollten freie Aufsätze zum Physikunterricht im abgelaufenen Schuljahr verfassen und dabei folgende Leitfragen beantworten:

- Was hat dir am Physikunterricht im abgelaufenen Jahr besonders gefallen/überhaupt nicht gefallen? Warum?
- Was war im abgelaufenen Jahr beim Lernen von Physik für dich besonders schwierig? Warum?
- Wodurch hat sich der Physikunterricht im zweiten Halbjahr vom Physikunterricht im ersten Semester unterschieden? Was hat dir besser gefallen? Warum?
- Wodurch haben sich für dich die Unterrichtsstunden im Computerraum von den Stunden im Physiksaal unterschieden? Wo war dein Engagement größer? Was war für dich eine größere Herausforderung?
- Was will ich sonst noch sagen?

Nicht zuletzt war meine begleitende Dokumentation in meinem Forschungstagebuch eine große Hilfe bei der Interpretation der ausgewerteten Daten.

⁵ nur eine exemplarische Auswahl

4 ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE

4.1 Ergebnisse aus dem Einstiegstest

In den Abbildungen 5 und 6 sind jeweils die richtigen Antworten in Form von Säulendiagrammen dargestellt. Der Test umfasste 28 Teilfragen. In der Versuchsklasse nahmen 21 Schüler/innen, in der Kontrollgruppe nahmen 63 Schüler/innen am Test teil.

Die angegebenen Zahlenwerte über den Säulen geben die Anzahl der Schüler/innen an, die die Fragen 1a bis 6 jeweils richtig beantwortet haben. In der Versuchsgruppe haben 21 Schüler/innen, in der Kontrollgruppe 63 Schüler/innen am Test teilgenommen. Während z.B. in beiden Gruppen die Frage 1a mit einem relativ hohen Prozentsatz richtig beantwortet wird, weisen die Fragen 1b bis 1d kaum richtige Antworten auf.

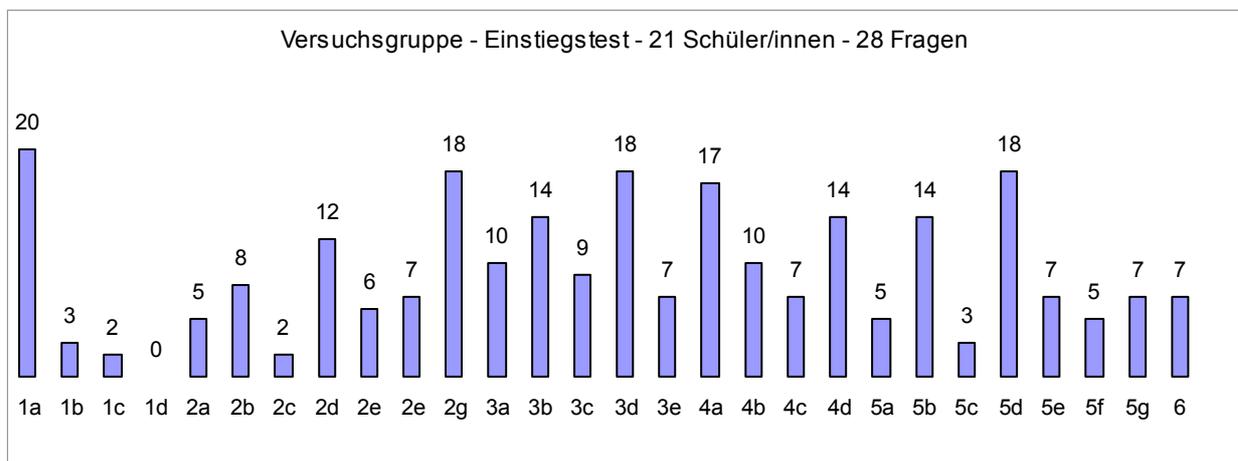


Abbildung 5: Ergebnisse aus dem Einstiegstest – Versuchsgruppe

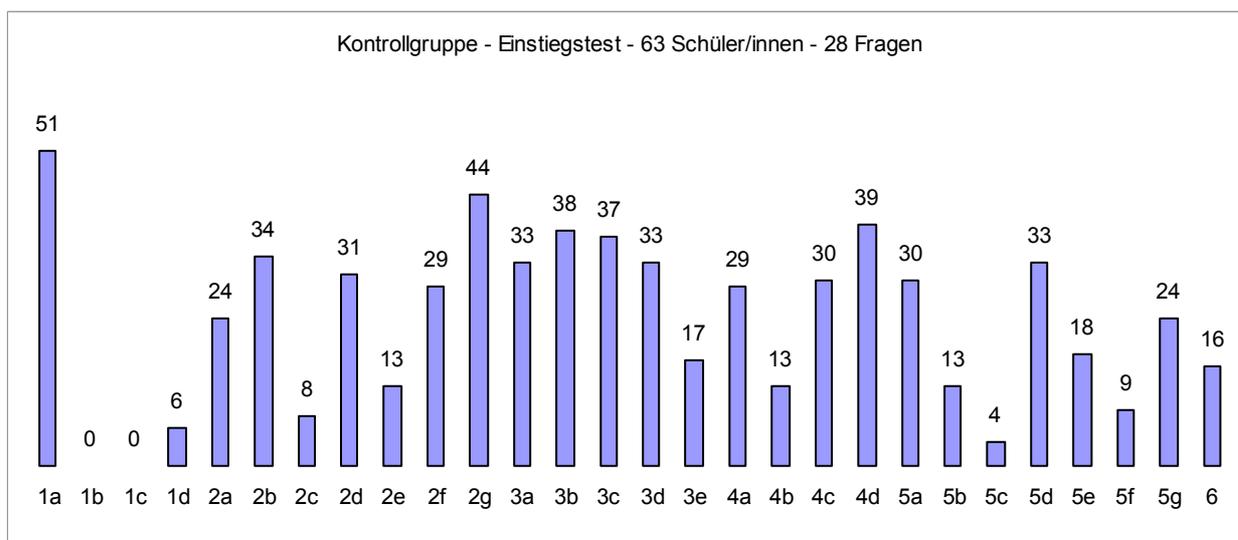


Abbildung 6: Ergebnisse aus dem Einstiegstest – Vergleichsgruppe

Da in der Versuchsgruppe viel weniger Schüler/innen als in der Kontrollgruppe waren wurde auch in Hinblick auf den Endtest und auf die Absicht, doch nach Möglichkeit eine vergleichende Auswertung der Daten zu erstellen, zu jeder „Versuchsperson“ eine „Vergleichsperson“ mit etwa gleicher Gesamtpunktezahl beim Einstiegstest zugeordnet. Es ergaben sich damit 20 Paare. Die vergleichenden Testergebnisse beim Einstiegstest sind in Abbildung 7 dargestellt. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Schüler/innen aus der Gesamtanzahl 20 dargestellt, die die Fragen 1a bis 6 sowohl in der Versuchsgruppe wie auch in der Kontrollgruppe richtig beantwortet haben.

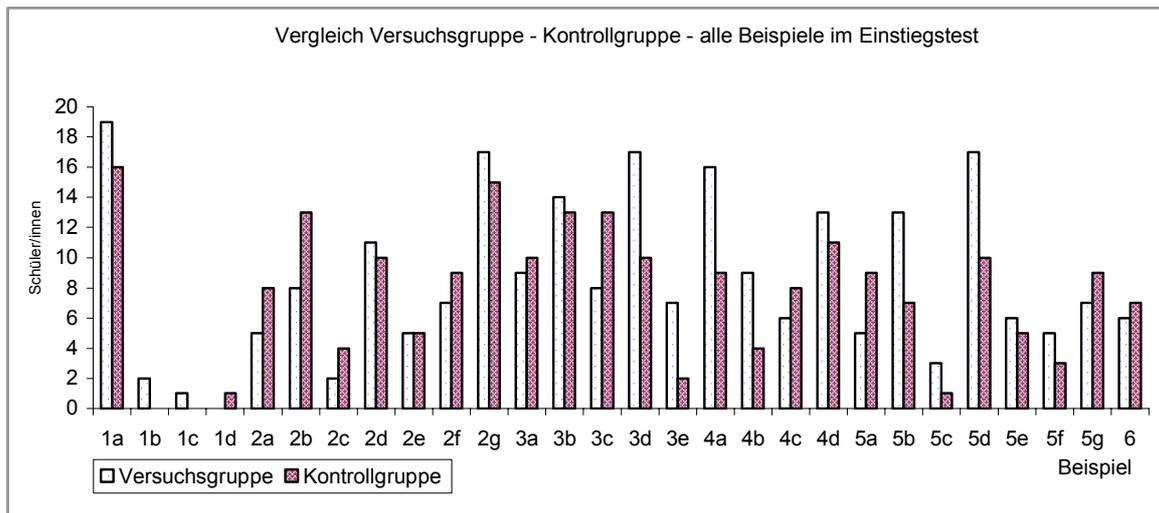


Abbildung 7: Einstiegstest – 20 Schüler/innenpaare aus Versuchs- und Kontrollgruppe

4.2 Ergebnisse aus dem Endtest

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen jeweils die Anzahl der Schüler die in der Versuchs- bzw. in der Kontrollgruppe die einzelnen Beispiele 1 bis 6 richtig gelöst haben. In der Versuchsgruppe waren 20, in der Vergleichsgruppe 52 Schüler/innen.

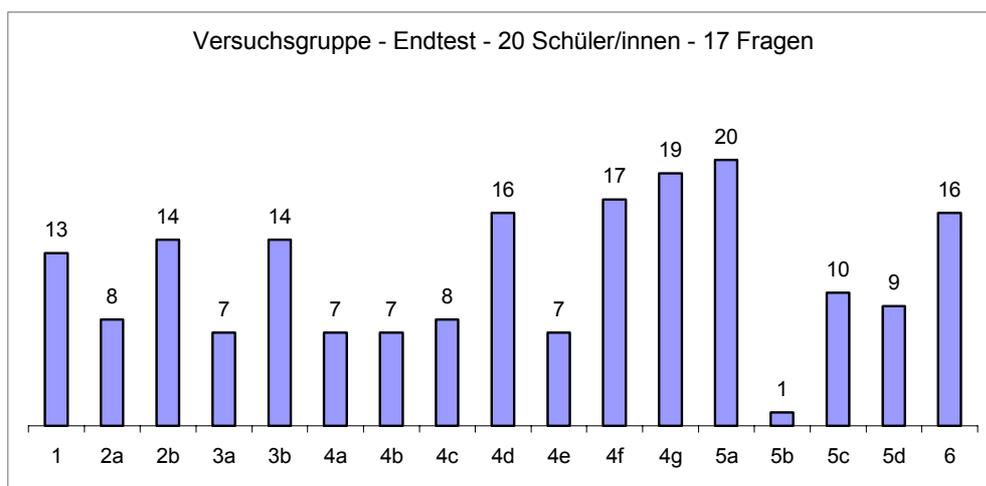


Abbildung 8: Ergebnisse im Endtest - Versuchsgruppe

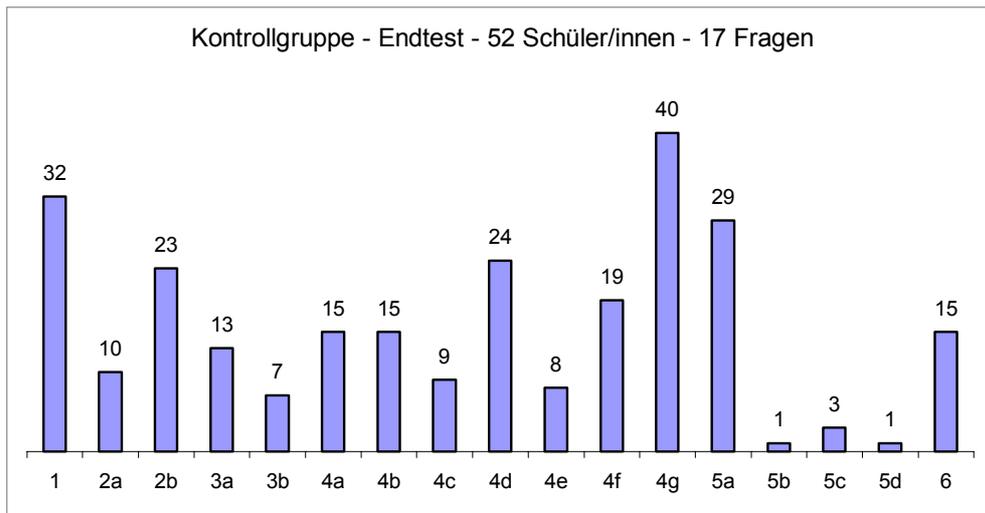


Abbildung 9: Ergebnisse im Endtest – Kontrollgruppe

Die vergleichenden Testergebnisse beim Endtest für die ausgewählten 20 Schüler/innenpaare sind in Abbildung 10 dargestellt. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Schüler/innen aus der Gesamtanzahl 20 dargestellt, die die Fragen 1 bis 6 sowohl in der Versuchsgruppe wie auch in der Kontrollgruppe richtig beantwortet haben.

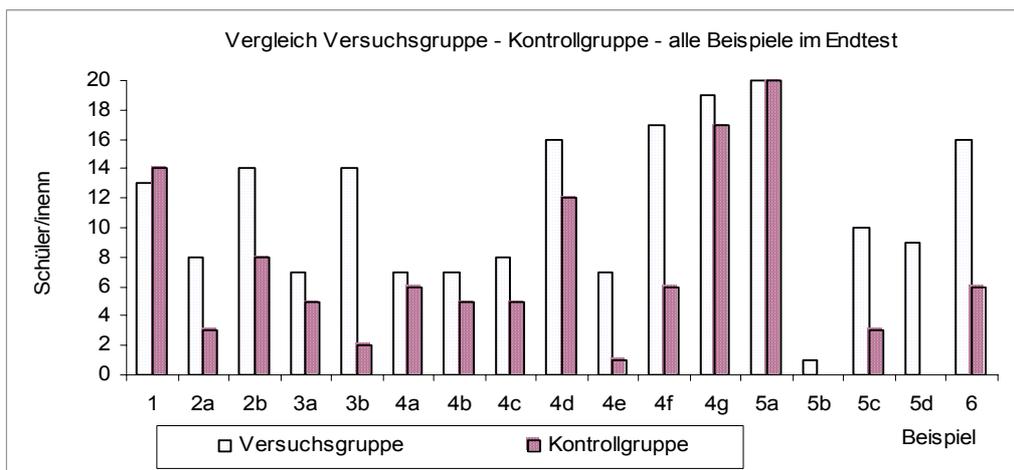


Abbildung 10: Endtest – 20 Schüler/innenpaare aus Versuchs- und Kontrollgruppe

4.3 Ergebnisse – Vergleich Einstiegstest/Endtest

In Abbildung 11 sind die jeweils erreichten Punkte für die ausgewählten 20 Schüler/innenpaare im Endtest dargestellt. Auf der Abszisse sind die 20 Schüler/innenpaare abgetragen, auf der Ordinate sieht man die erreichten Punkte im Endtest. Es waren maximal 17 Punkte zu erreichen.

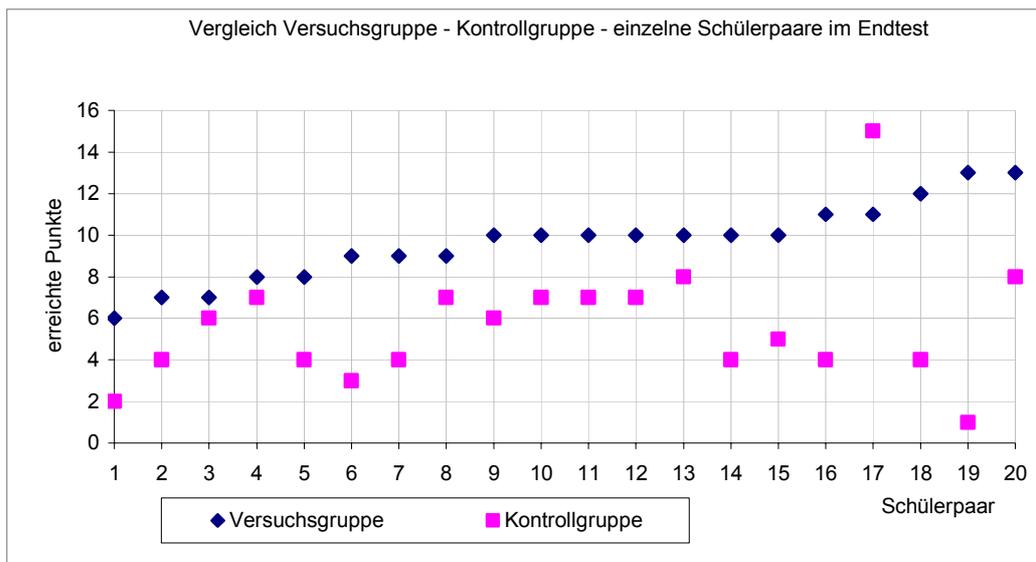


Abbildung 11: Vergleich Versuchsgruppe – Kontrollgruppe für 20 Schüler/innenpaare

Auf der nächsten Abbildung (Abbildung 12) sind die Prozentwerte der richtigen Antworten in Bezug auf Einstiegstest und Endtest für die 20 Schüler/innen der Versuchsgruppe dargestellt. Die Zuordnung der Zahlen 1 bis 20 zu den Schülern/innen erfolgte über die Codezahl – diese wurde aufsteigend alphabetisch geordnet.

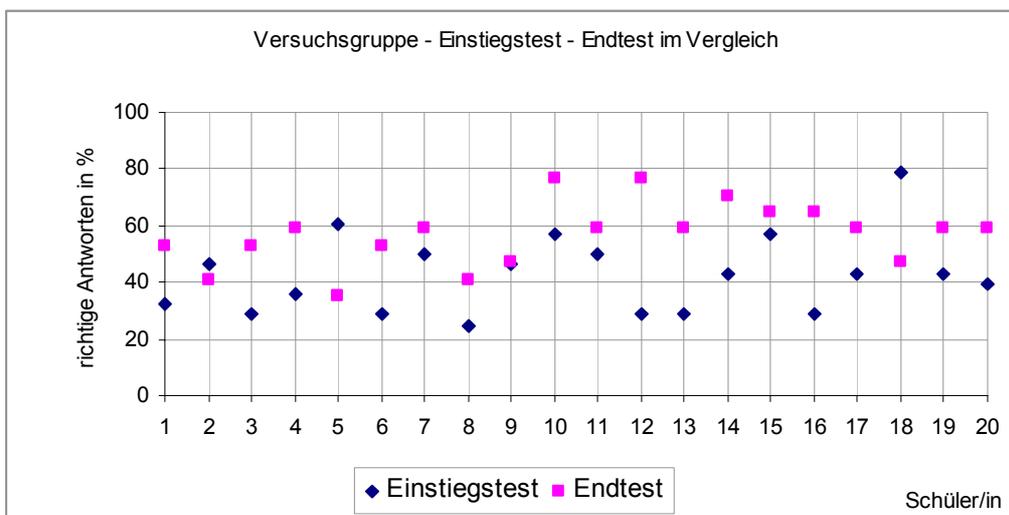


Abbildung 12: Einstiegstest – Endtest im Vergleich für die Versuchsgruppe

Das Beispiel 2 aus dem Einstiegstest wurde als Beispiel 4 im Endtest vollkommen unverändert noch einmal abgefragt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 13 bis 19 unter verschiedenen Aspekten veranschaulicht.

Abbildung 13 zeigt für die einzelnen Schüler/innenpaare 1 bis 20 auf der Ordinate die Anzahl der richtigen Lösungen. Es waren maximal 7 Punkte zu erreichen.

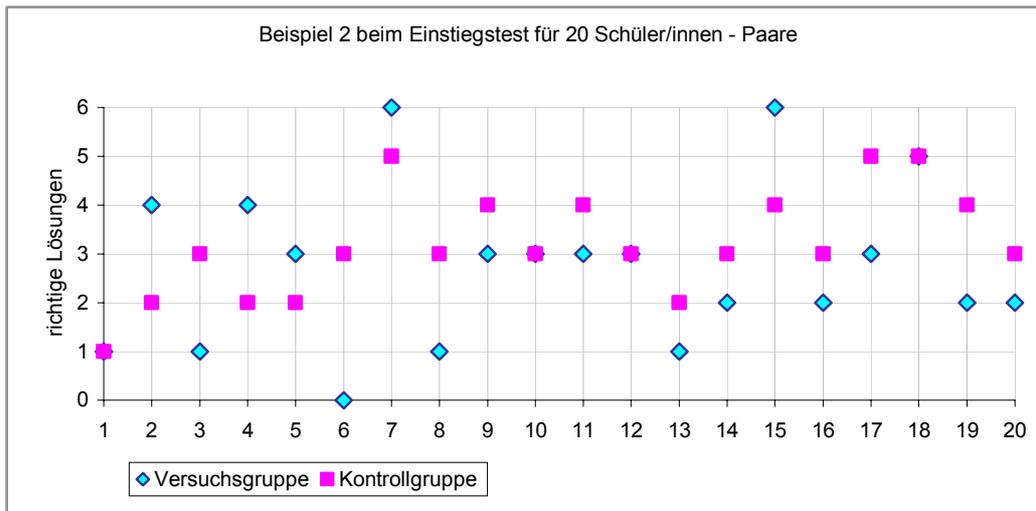


Abbildung 13: Ergebnisse für Beispiel 2 beim Einstiegstest

In Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen arithmetischer Mittelwert, Median und Standardabweichung für die Datenwerte aus Abbildung 13 angeführt. Obwohl die Aussagen natürlich für eine so geringe Stichprobe nicht sehr aussagekräftig und valide sein können, fällt doch auf, dass bei gleichem Median die Standardabweichung bei der Versuchsgruppe um etwa 50% höher ist als in der Kontrollgruppe.

	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Versuchsgruppe	2.75	3	1.65
Kontrollgruppe	3.2	3	1.11

Tabelle 8: Statistische Kenngrößen für das Beispiel 2 aus dem Einstiegstest

Abbildung 14 zeigt für die einzelnen Schüler/innenpaare 1 bis 20 auf der Ordinate die Anzahl der richtigen Lösungen, die beim Beispiel 4 im Endtest erreicht wurden. Es waren maximal 7 Punkte möglich.

In Tabelle 9 sind wieder die statistischen Kenngrößen arithmetischer Mittelwert, Median und Standardabweichung für die Datenwerte aus Abbildung 14 dargestellt.

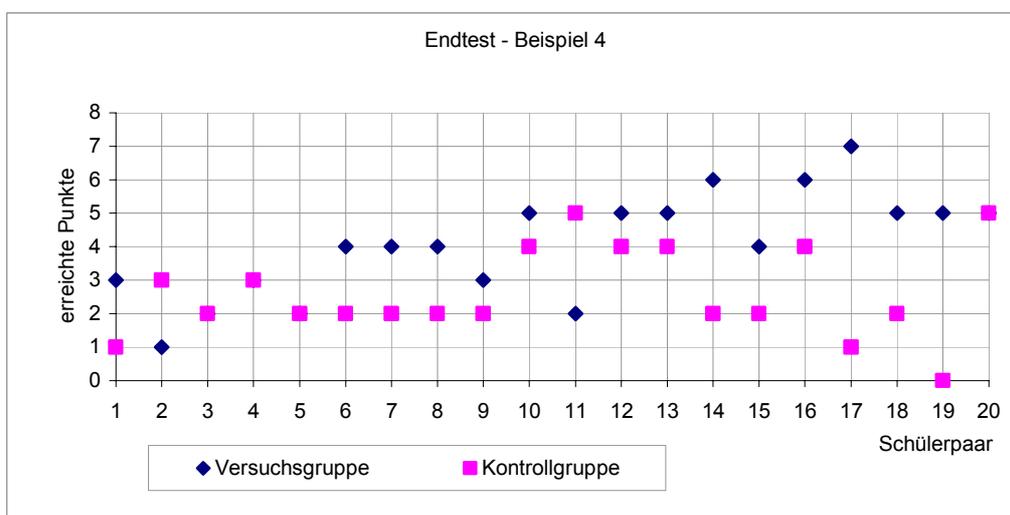


Abbildung 14: Ergebnisse für Beispiel 4 beim Endtest

	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Versuchsgruppe	4.05	4	1.35
Kontrollgruppe	2.6	2	1.38

Tabelle 9: Statistische Kenngrößen für das Beispiel 4 aus dem Endtest

Abbildung 15 zeigt, wie sich die Sicherheit im Umgang mit den Begriffen elektrischer Strom, elektrische Spannung, Energie und Stromstärke (Beispiel 2 im Einstiegstest und Beispiel 4 im Endtest) für jede(n) der 40 Schüler/innen vom Einstiegstest zum Endtest geändert hat. So hat sich z.B. das Schülerpaar mit der Nummer 1 vom Einstiegstest zum Endtest um einen bzw. im drei Punkte verbessert, während z.B. bei Schülerpaar 2 der Schüler/die Schülerin aus der Kontrollgruppe unverändert blieb und der Schüler/die Schülerin aus der Versuchsgruppe beim Endtest sogar zwei Punkte weniger als beim Einstiegstest erreicht hat.

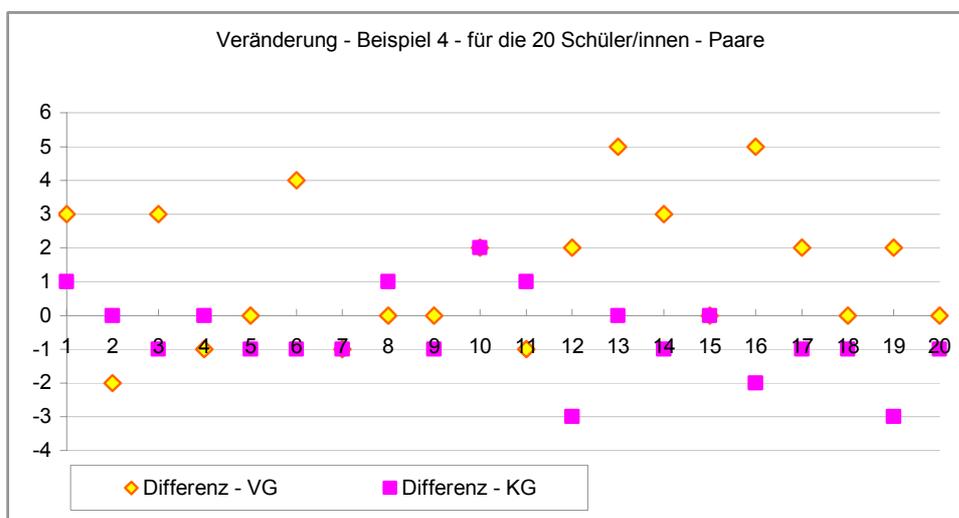


Abbildung 15: Veränderung zwischen Einstiegstest und Endtest (Beispiel 2 bzw. Beispiel 4)

Aus Abbildung 16 kann abgelesen werden, wie viele der 20 Schüler/innen aus der Kontrollgruppe jede einzelne der sieben Fragestellungen zu Aufgabe 2 beim Einstiegstest bzw. beim Endtest richtig beantwortet haben. Bei Teilaufgabe 2 ergibt sich z.B. eine deutliche Steigerung von fünf auf dreizehn richtige Antworten.

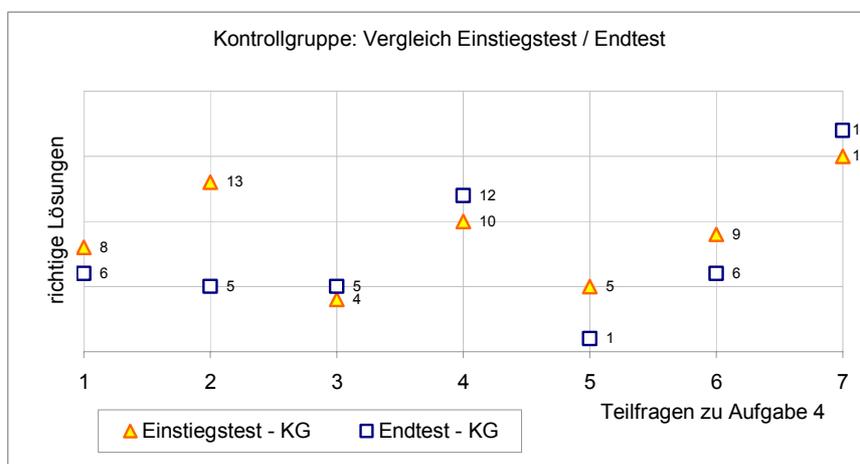


Abbildung 16: Vergleich Einstiegstest/Endtest/ Kontrollgruppe/ Anzahl der richtigen Lösungen

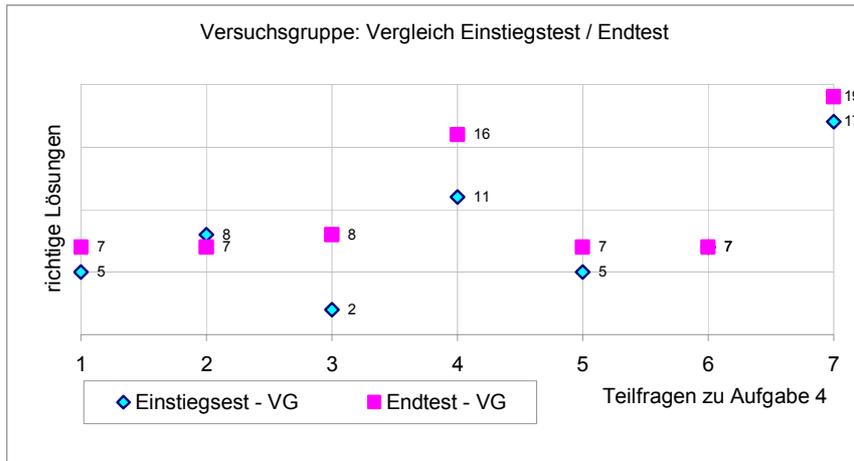


Abbildung 17: Vergleich Einstiegstest/Endtest/ Kontrollgruppe/ Anzahl der richtigen Lösungen

In Abbildung 17 ist dargestellt, wie viele der 20 Schüler/innen aus der Versuchsgruppe jede einzelne der sieben Fragestellungen zu Aufgabe 2 beim Einstiegstest bzw. beim Endtest richtig beantwortet haben. Hier fällt auf, dass gerade bei Teilaufgabe 2 keine Steigerung im Vergleich zum Einstiegstest erzielt werden konnte.

In Abbildung 18 sind auf der Abszisse die 20 Schüler/innenpaare dargestellt. Auf der Ordinate kann abgelesen werden, wie viele Teilaufgaben jeder einzelne Schüler/ jede einzelne Schülerin im Einstiegstest und im Endtest sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe richtig gelöst hat. So hat z.B. beim Schülerpaar mit der Nummer zwölf bei gleichen Ausgangswerten im Einstiegstest (drei richtige Antworten von sieben) der Schüler/die Schülerin aus der Kontrollgruppe beim Endtest dann sogar keine Teilaufgabe mehr richtig beantwortet, während der Schüler/die Schülerin aus der Versuchsgruppe noch zwei weitere Teilaufgaben richtig gelöst hat.

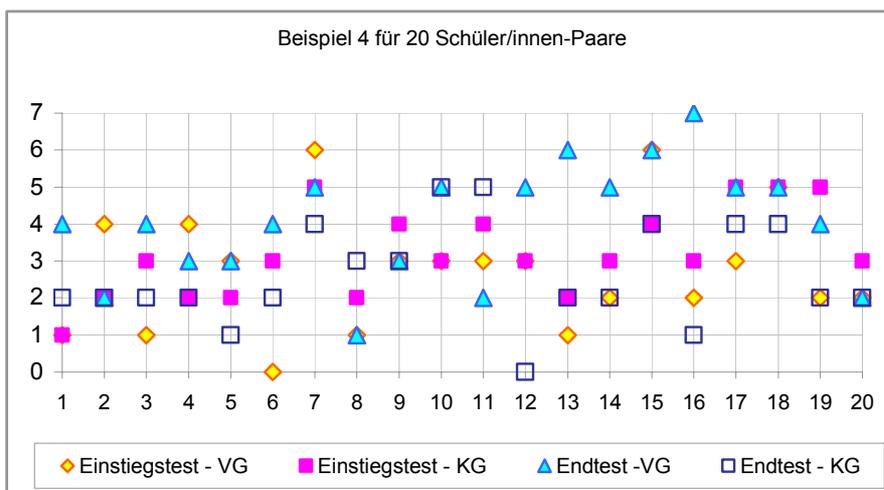


Abbildung 18: Vergleich Einstiegstest/Endtest für Versuchs- und Kontrollgruppe

In Abbildung 19 wird vergleichsweise veranschaulicht, wie viele richtige Lösungen es bei den insgesamt 40 Schülern/innen beim Einstiegstest und beim Endtest zu denselben Teilaufgaben 1 bis 7 gegeben hat.

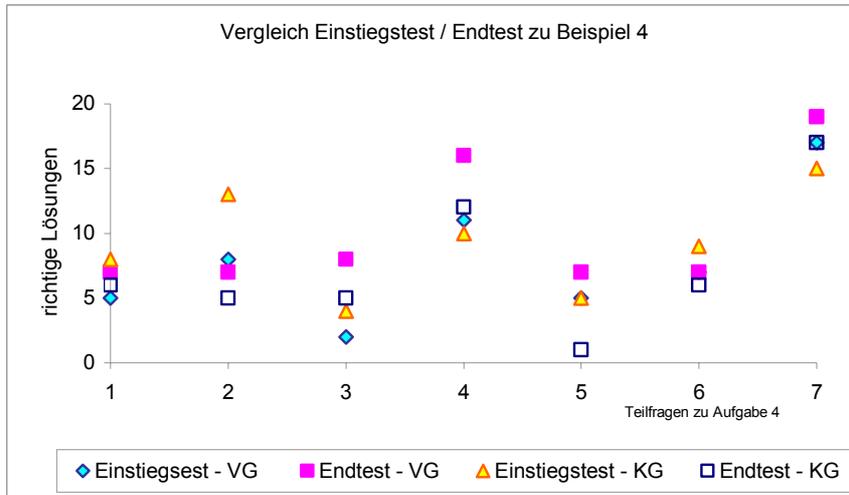


Abbildung 19: Vergleich Einstiegstest/Endtest – Lösungen pro Teilaufgabe für Beispiel 4

4.4 Ergebnisse Fragebogen Einstellungen/Einschätzungen

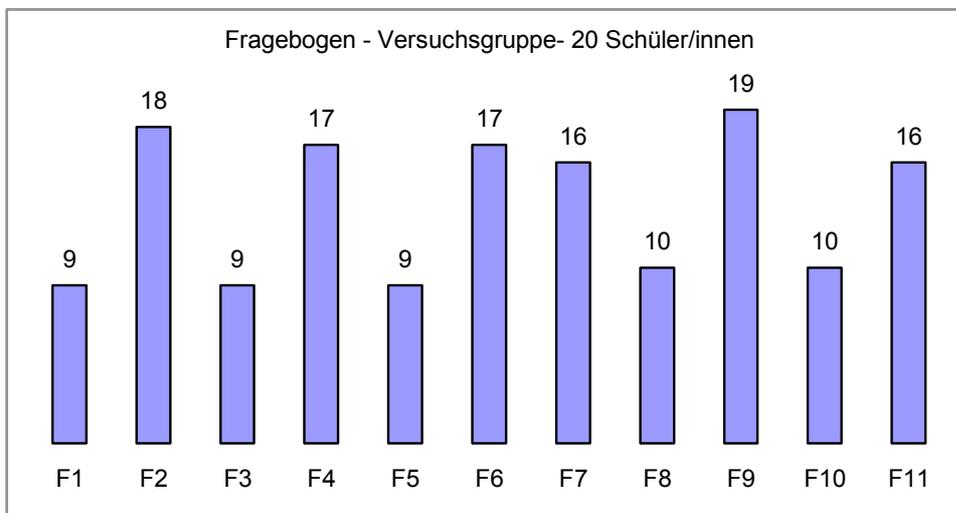


Abbildung 20: Fragebogenauswertung zu Einstellungen/Einschätzungen – Versuchsgruppe

Abbildung 20 stellt die Auswertung der Schüler/inneneinschätzungen und – einstellungen in der Versuchsklasse im Zusammenhang mit ihrer Beschäftigung mit den elektronischen Lernmaterialien dar. 9 von 20 Schülern/innen nennen Physik als eines ihrer drei Lieblingsfächer und geben an, dass sie sich außerhalb der Unterrichtsstunden mit Physik mehr beschäftigt haben als mit anderen nicht „Schularbeitsfächern“. 18 der 20 Schüler/innen haben sich jedenfalls auch außerhalb des Physikunterrichts mit den Lernmaterialien beschäftigt und 17 haben die Möglichkeit der Lernplattform von zu Hause aus genutzt, 9 Schüler/innen sehen in der Lernplattform

eine Möglichkeit um mit und von anderen zu lernen. 17 Schüler/innen haben zumindest versucht, das Programm „Crocodile Physics“ zu Hause zu installieren; mehr als zwei Drittel davon waren dabei erfolgreich. 16 Schüler/innen glauben dass ihnen der Umgang mit den elektronischen Lernmaterialien beim Verstehen des Stoffes geholfen hat.

Für die Hälfte der Schüler/innen waren die Bearbeitung der Lernaufgaben am Computer und vor allem das Schreiben von Reflexionen und Lerntagebüchern anstrengend. Als Gründe werden hauptsächlich die eingeforderten Dokumentationen und Reflexionen im Lerntagebuch angesehen, deren Sinnhaftigkeit oft hinterfragt wurde. 19 Schüler/innen sind der Meinung, dass sie im abgelaufenen Jahr in Physik sehr viel Neues kennen gelernt haben, einige führen aus, dass auch Dinge dabei waren, die nicht direkt etwas mit Physik zu tun haben. 16 Schüler/innen meinen, dass sie im zweiten Semester, wo der Computer beim Lernen von Physik eingesetzt wurde, mehr in Physik gelernt haben als im ersten Semester, wo keine Lernplattform zur Verfügung stand und der Physikunterricht im Physiksaal bzw. einmal pro Woche in der Klasse stattfand.

4.5 Ergebnisse Fragebogen „elektrischer Widerstand“

Diese Erhebung wurde vor dem Unterricht über elektrischen Widerstand in der Versuchsklasse mit 20 Schülern/innen durchgeführt.

Die ersten zwei Punkte des Testbogens lassen offene Antworten zu Fragen was die Schüler/innen unter einem elektrischen Widerstand verstehen erwarten. Eine Auswahl der Schüler/innen-Antworten auf die ersten beiden Fragen soll hier angeführt werden:

- *„Eine Lampe ist zum Beispiel ein elektrischer Widerstand vom elektrischen Strom.“*
- *„Ein elektrischer Widerstand ist eine Kraft, die sich dem Strom entgegenstellt, die der Strom überwinden muss.“*
- *„Elektrischer Widerstand verkleinert die Schnelligkeit der Elektronen.“*
- *„Der elektrische Widerstand hält den Strom auf.“*
- *„Der elektrische Widerstand ist eine Barriere für den elektrischen Strom.“*
- *„Der elektrische Strom fließt durch eine Leitung und der elektrische Widerstand erschwert dem Strom das.“*
- *„Je weniger elektrischer Widerstand da ist, desto mehr elektrischer Strom kann fließen.“*
- *„Wenn Strom fließt, dann tritt Widerstand auf, der den Strom behindert. Die Glühlampe absorbiert den Strom gibt Licht, dabei entsteht der Widerstand.“*
- *„Ein elektrischer Widerstand ist ein Material mit wenig freien Elektronen.“*
- *„Der Widerstand entsteht durch den Strom.“*

Bei Frage 3 sollten die Schüler/innen von den zwölf angebotenen Möglichkeiten höchstens drei Aussagen ankreuzen.

12 Schüler/innen sind der Meinung, dass der elektrische Widerstand nur gemeinsam mit dem elektrischen Strom auftritt. 7 Schüler/innen meinen, dass der elektrische Widerstand eine Kraft ist. 10 Schüler/innen sind der Ansicht, dass der elektrische Wi-

derstand durch den Strom erzeugt wird und fünf Schüler/innen führen an, dass der elektrische Widerstand einen Stromverbrauch erzeugt. 5 Schüler/innen geben an, dass der elektrische Widerstand eine Verkleinerung des Stroms ist und 9 meinen, dass er den Strom behindert. 2 Schüler/innen sehen im elektrischen Widerstand ein Bauelement. 6 Schüler/innen schreiben dem elektrischen Widerstand das Kriterium „Eigenschaft des Leiters“ zu und 7 Schüler/innen sind davon überzeugt, dass der elektrische Widerstand den Strom verändern kann. Niemand nimmt an, dass ein elektrischer Widerstand dort auftritt, wo kein Strom fließt oder dass er Strom erzeugt.

Die Frage 4 beantworten 15 von 20 Schülern/innen richtig, niemand ist der Meinung, dass eine Veränderung des Widerstands keinen Einfluss auf den elektrischen Strom hat.

Bei Frage 5 sollten die Schüler/innen die vorgegebenen drei Stromkreise betrachten und dann die vier angegebenen Aussagen auf ihre Richtigkeit überprüfen. In Tabelle 10 sind die Vorstellungen der Schüler/innen zahlenmäßig dargestellt. Die Zahlenwerte geben an, wie viele Schüler/innen aus insgesamt 20 den jeweiligen Aussagen zugestimmt haben.

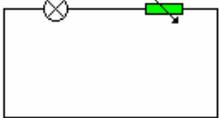
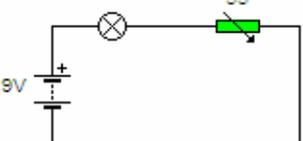
			
Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt ein elektrischer Widerstand auf.	0	5	14
Es fließt kein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.	15	12	0
Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.	0	0	3
Es fließt kein elektrischer Strom und es tritt ein elektrischer Widerstand auf.	2	5	0

Tabelle 10: Vorstellungen zum elektrischen Strom und zum elektrischen Widerstand

Zu Frage 6 äußern nur zwei Schüler/innen, dass die Lampe einen elektrischen Widerstand hat, auch wenn kein elektrischer Strom fließt. 8 Schüler/innen sind der Meinung, dass dasselbe auch für den Holzklötz zutrifft.

Bei Frage 7 meinen 13 Schüler/innen, dass die Lampen in beiden Stromkreisen gleich hell leuchten werden. 7 Schüler/innen sind der Ansicht, dass die Lampe im Stromkreis mit den kürzeren Leitungen heller leuchten wird als im Stromkreis mit längeren Leitungen.

9 von 20 Schülern/innen meinen, dass die Lampe im Stromkreis mit den dünneren Leitungen weniger hell leuchten wird, als jene im Stromkreis mit dickeren Leitungen. 7 Schüler/innen meinen, dass es umgekehrt ist, 2 Schüler/innen geben an, dass die-

se Lampe gar nicht leuchten wird und 2 Schüler/innen geben an, dass beide Lampen gleich hell leuchten werden.

4.6 Datenauswertung mit EViews

Neben der so genannten Matching-Methode (jedem Schüler/jeder Schülerin aus der Versuchsgruppe wird ein Schüler/eine Schülerin mit etwa gleicher Punktezahl beim Einstiegstest aus der Kontrollgruppe zugeordnet) wurden mit EViews 5.1, einem kommerziellen Statistikprogramm für multiple lineare Regressionen weitere Analysen durchgeführt. Die Matching-Methode wurde verwendet, da die Anzahl der Schüler/innen in der Versuchsgruppe viel geringer war als in der Kontrollgruppe. Das Programm EViews berücksichtigt aber diese ungleiche Verteilung in den Berechnungen.

4.6.1 Datenbereinigung

Aus dem Datensatz wurden alle Schüler/innencodes eliminiert, für die Resultate vom Anfangs- oder Endtest, aber nicht für beide Tests vorlagen. Die Gründe dafür waren:

- Schüler/in hat nicht an beiden Tests (Anfangs- und Endtest) teilgenommen.
- Schüler/in hat zwar an beiden Tests teilgenommen, aber nicht den gleichen Code am Testblatt angegeben. Damit war keine eindeutige Zuordnung mehr möglich.

Nach dieser Datenbereinigung waren noch 55 Datensätze übrig.

4.6.2 Verwendete Daten

Von jedem zu einem Schüler/innencode gehörenden Datensatz wurden folgende Daten aufgenommen:

- Mediendummy (**DO1**): hat den Wert 1, wenn der Schüler/die Schülerin an der Versuchsgruppe mit Einsatz neuer Medien teilgenommen hat
- Punktesumme Einstiegstest (**AS** für Anfang-Summe)
- Punktesumme Endtest (**ES** für Ende-Summe)
- Punktepartialsomme 1 Einstiegstest (**AP1**): Das ist die Punktesumme im Einstiegstest für alle Fragen, die sowohl im Einstiegs- als auch im Endtest vorkamen.
- Punktepartialsomme 2 Einstiegstest (**AP2**): Das ist die Punktesumme im Einstiegstest für alle anderen Fragen.
- Punktepartialsomme 1 Endtest (**EP1**): Das ist die Punktesumme im Endtest für alle Fragen, die sowohl im Einstiegs- als auch im Endtest vorkamen.
- Punktepartialsomme 2 Endtest (**EP2**): Das ist die Punktesumme im Endtest für alle anderen Fragen.

4.6.3 Auswertungsprogramm

Histogramme und Schätzungen für das multiple lineare Regressionsmodell wurden mit EViews (Version 5.1) erstellt. EViews ist ein kommerzielles Statistikprogramm (Quantitative Micro Software, Inc.) für multiple lineare Regressionen (Querschnitts- und Zeitreihenanalysen).

4.6.4 Histogramme

Der EViews Output für Histogramme wurde in Form von Abbildungen eingefügt. Teile des Outputs, die für den Sachverhalt nicht relevant sind, d.h. Parameter wie Skewness, Kurtosis etc. werden im Folgenden nicht erklärt.

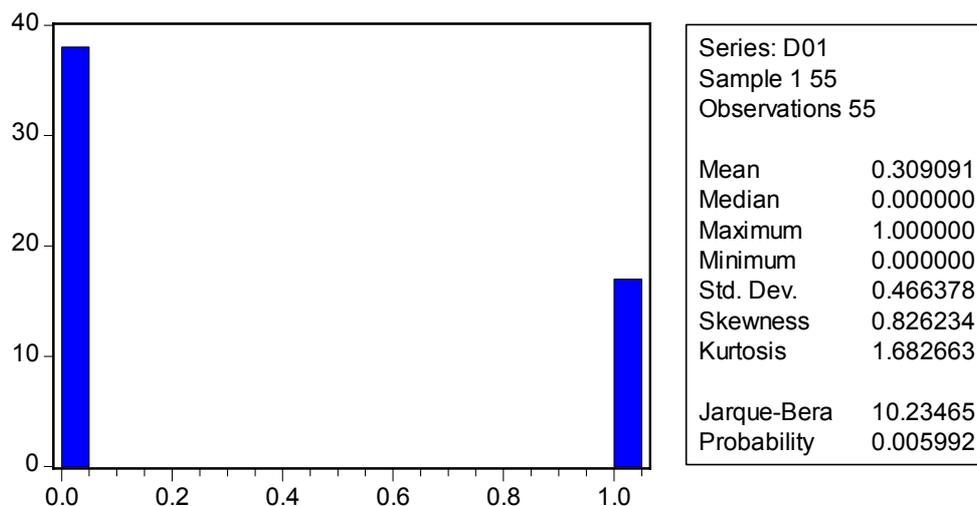


Abbildung 21: Verteilung der Dummyvariable „Lernen mit neuen Medien“

Abbildung 21 zeigt, dass etwa 31% der Schüler/innen des gesamten Datensatzes am Unterrichtsversuch „Lernen mit neuen Medien“ teilgenommen haben.

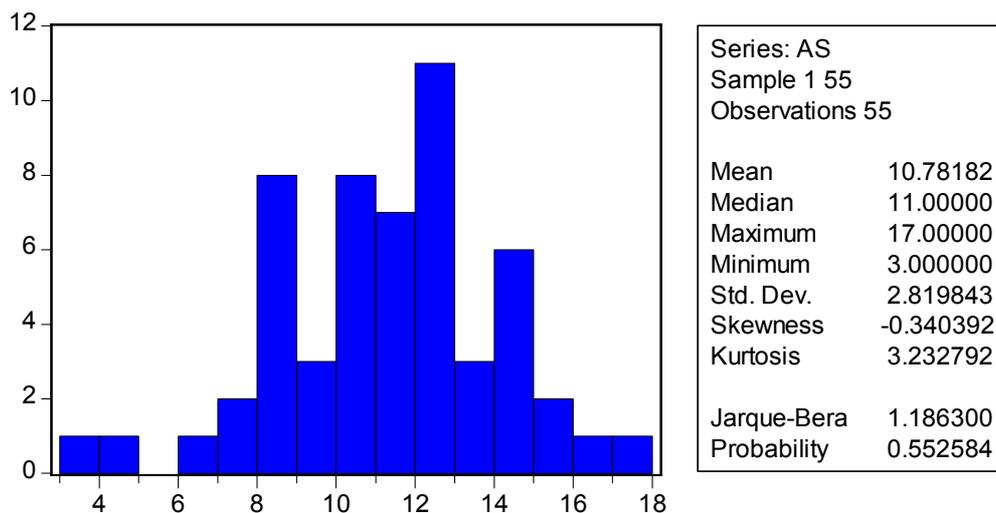


Abbildung 22: Verteilung der Punktesumme im Einstiegstest (AS)

Abbildung 22 zeigt eine relativ „breite“ Verteilung mit einem Medianwert von 11 Punkten und einer maximal möglichen Punktzahl von 28.

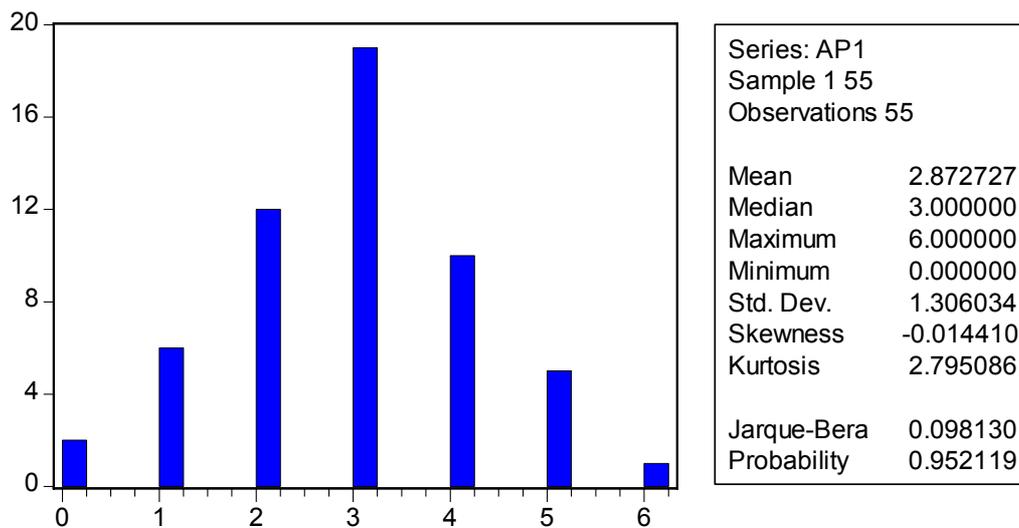


Abbildung 23: Verteilung der Punktpartialsomme 1 im Einstiegstest (AP1)

In Abbildung 23 ist veranschaulicht, dass die Verteilung für das Beispiel 2 beim Einstiegstest relativ symmetrisch ist, mit einem Medianwert von 3 Punkten bei maximal sieben möglichen.

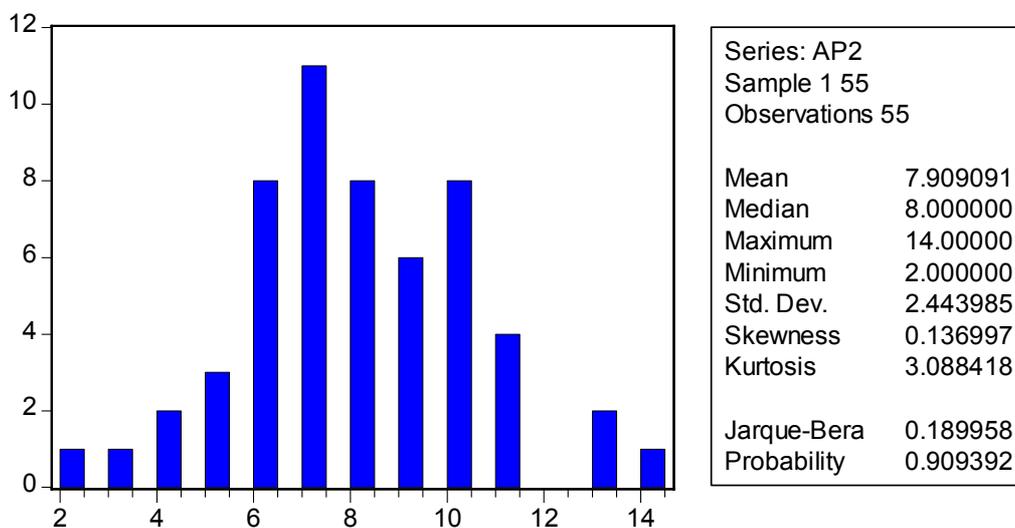


Abbildung 24: Verteilung der Punktpartialsomme 2 im Einstiegstest (AP2)

Abbildung 24 zeigt eine breite weitgehend symmetrische Verteilung mit einem Medianwert von 8 Punkten von 21 möglichen für alle anderen Fragestellungen beim Einstiegstest.

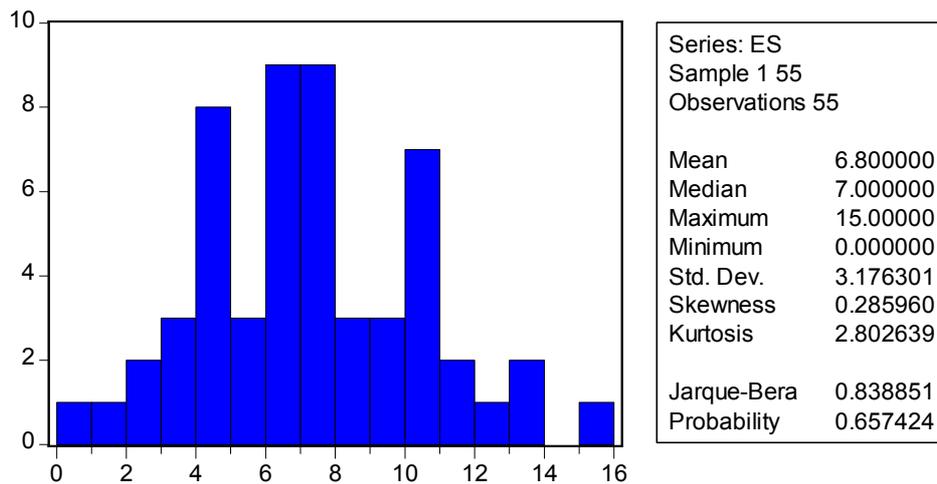


Abbildung 25: Verteilung der Punktesumme im Endtest (ES)

Aus Abbildung 25 ergibt sich, dass die Verteilung eine ähnlich symmetrische Form hat wie beim Einstiegstest (vergleiche Abbildung 22).

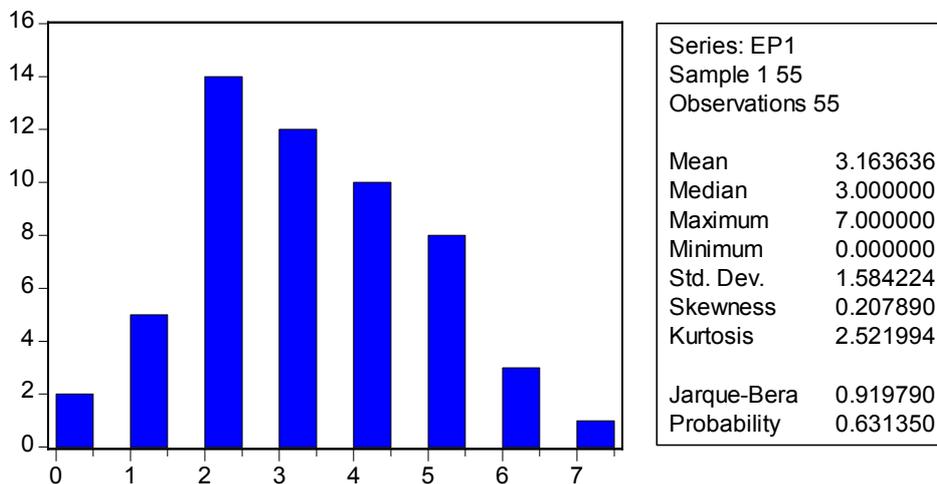


Abbildung 26: Verteilung der Punktepartialsomme 1 im Endtest (EP1)

Abbildung 26 zeigt eine breite asymmetrische Verteilung mit einem Medianwert von 3 Punkten.

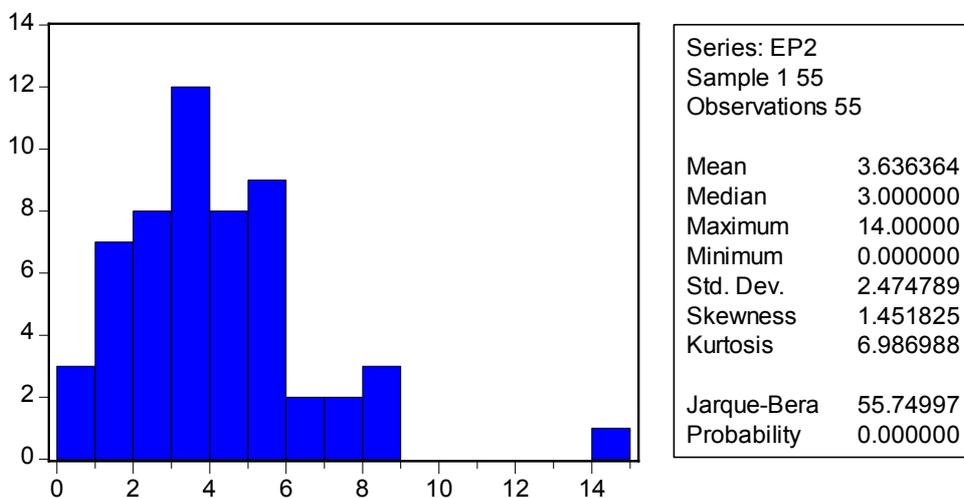


Abbildung 27: Verteilung der Punktepartialsomme 2 im Endtest (EP2)

Abbildung 27 zeigt eine vergleichsweise schmale Verteilung mit einem niedrigen Medianwert von 3.

4.6.5 Multiple lineare Regression

Mittels EViews wurde folgendes Modell geschätzt:

$$ES = C + c_1DO1 + c_2AP1 + c_3AP2 \quad (\text{Gleichung 1})$$

c_1 , c_2 und c_3 , sind Koeffizienten, die zusammen mit dem Intercept C in der Regressionsanalyse geschätzt werden. Es wurde ein OLS (ordinary least squares) Modell verwendet, das im Normalfall ein BLUE Schätzer ist (**B**est **L**inear **U**nbiased **E**stimator).

Dependent Variable: ES				
Method: Least Squares				
Sample: 1 55				
Included observations: 55				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.532454	1.387751	3.986632	0.0002
D01	4.439022	0.780803	5.685200	0.0000
AP1	0.313571	0.273217	1.147700	0.2564
AP2	-0.127109	0.145878	-0.871344	0.3876
R-squared	0.389015	Prob(F-statistic)	0.000013	

Tabelle 11: Regressionsergebnisse im EViews Output

Coefficient	geschätzter Wert für C, c_1 , c_2 und c_3
Std. Error	statistische Standardabweichung des geschätzten Koeffizienten
t-Statistic	Wert der t-Statistik (ab einem Wert von ca. 2 ist der Koeffizient signifikant zum 5% Niveau von 0 unterschieden)
Prob.	Die Wahrscheinlichkeit (1 entspricht 100%) dass die Nullhypothese H_0 zutrifft. Die Nullhypothese H_0 ist die Annahme dass der wahre Wert des Koeffizienten 0 ist (soll heißen, dass der Regressionsparameter irrelevant ist).
R-squared	auch als R^2 bezeichnet. Gibt den Prozentsatz der Ergebnisse für die abhängige Variable (hier Punktesumme Endtest) an, die durch das Modell erklärt werden ($0.39 = 39\%$)
Prob(F-statistic)	gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass alle Koeffizienten Null sind (und damit das Modell völlig irrelevant ist).

Tabelle 12: Legende zu den Parametern und Variablen von Tabelle 11

Die Auswertung der Regressionsergebnisse aus Tabelle 11 lässt folgende Aussagen zu:

- Der Dummy D01 für neue Medien war hochsignifikant mit einem t-Wert von 5.7. Das heißt, nur durch die Teilnahme an der Gruppe „Neue Medien“ ist – ceteris paribus - eine um 5.5 höhere Punktesumme im Endtest zu erwarten.
- Die erzielte Punkteanzahl im Einstiegstest hat einen geringen prognostischen Wert für die Punktesumme im Endtest. Aufgeschlüsselt nach Punktepartialsumme 1 und 2 fließen +31% der AP1 und -13% der AP2 in die Punktesumme des Endtests ein. Diese Werte sind – vor allem für den unplausiblen Koeffizienten von AP2 – nicht signifikant.
- Das Modell erklärt 37% der Punktesummen im Endtest (ein für derartige Tests vernünftiger Wert) und ist relevant (P-Wert F-Test 0.000013). Für die anderen 63% sind andere Parameter maßgebend, die in dem Modell nicht berücksichtigt werden.

5 EVALUATION, BEWERTUNG UND REFLEXION

Wurden die Ziele erreicht? Gibt es Antworten auf die Forschungsfragen?

Gelingt es, Lernende durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen zu reaktivem Lernen und selbstständigem Wissenserwerb anzuregen?

Die Auswertung des Fragebogens zu Einstellungen und Einschätzungen der Schüler/innen lässt hier doch weitgehend eindeutige Aussagen zu. Fast die Hälfte der Schüler/innen haben sich auch außerhalb der Unterrichtsstunden mit Physik mehr beschäftigt als mit anderen nicht „Schularbeitsfächern“. 18 der 20 Schüler/innen haben sich jedenfalls auch außerhalb des Physikunterrichts mit den Lernmaterialien beschäftigt und 17 haben die Möglichkeit der Lernplattform von zu Hause aus genutzt. Es kann also schon davon gesprochen werden, dass die Schüler/innen zum möglichen Wissenserwerb angeregt wurden. Sie haben die Lernplattform wenigstens von zu Hause aus „besucht“. Wie sich dann das Lernen und der Transfer der angebotenen Informationen in Wissen gestaltet haben, das hängt nach Analyse der vorliegenden Daten offenbar ganz entscheidend von Lernervariablen ab.

Da sich eine Lehrerin aber nicht damit zufrieden geben kann, positive Lerneffekte bei den lernstarken und lernwilligen Schülern/innen zu erreichen, sondern den Blick vor allem auch auf die Lerngruppe am anderen Ende der Interessens- und Leistungsskala richten muss, stellen sich ganz entscheidende weitere Fragen:

Wie müssen Lernmodule und Lernaufgaben an Schülervorwissen, Fehlkonzepte und erwartete Lernprozesse angepasst werden und wie müssen sie instruktional gestaltet sein, damit Schüler/innen gerne damit arbeiten und dabei noch einen Lerneffekt haben?

„Die Lernumgebung zur Elektrizitätslehre war mir viel zu umfangreich. Ich habe nur einmal alles angeklickt und gesehen, dass hinter jedem Link ein Arbeitsblatt steckt. Es war auch sehr viel zu lesen. Obwohl wir viele Bonuspunkte dafür bekommen hätten, habe ich diese Möglichkeit nicht genutzt. Das habe ich aber dann zu Schulschluss doch bereut, da hätte ich ein paar zusätzliche Punkte gut brauchen können, aber da war es zu spät.“

„Mit dem Applet „Stromkreis“ habe ich mich oft und lange beschäftigt. Es gibt so viele Möglichkeiten damit Dinge zu untersuchen – noch viel mehr als auf den Arbeitsblättern gefragt war. Ich kenne mich jetzt sehr gut mit dem elektrischen Potenzial und mit der elektrischen Spannung aus. Ich glaube, dass ich auch noch komplexere Schaltungen verstehe.“

„Die Lernumgebung zur Elektrizitätslehre hat mir besonders gut gefallen. Da gab es auch eine Menge Tests, die man online machen konnte. Ich habe dann sogar meine Lehrerin gefragt, wie man solche Tests machen kann, da ich wusste, dass sie von ihr waren. Wir haben dann einmal in der Begabtenförderung mit HotPotatoes gearbeitet. Das ist eigentlich sehr einfach – wenn man weiß wie es geht. Ich habe dann selbst Tests für meine Mitschüler/innen gemacht und auf die Lernplattform gestellt.“

„Ich habe zu Hause auch oft mit meinem Freund mit den Arbeitsblättern gear-

beitet. Wir haben dann immer unsere Vermutungen verglichen, noch bevor wir es ausprobiert haben. Dann war es immer sehr spannend, wer recht hat.“

Diese ausgewählten Schülerrückmeldungen zeigen die differenzierte Sichtweise zu ein und demselben Lernmaterial. Die Fragestellung kann also in dieser Ausformulierung nicht beantwortet werden. Obwohl wohl durchdachte abgestufte Lernhilfen für die lernschwächeren Schüler/innen angeboten wurden, kann keine zuverlässige Aussage zu den motivationalen Effekten und Lerneffekten für die weniger interessierten Lerner/innen gemacht werden. Diese haben sich nämlich meist nur sehr oberflächlich mit den Lernmaterialien beschäftigt und auch durch lückenhafte Dokumentationen darüber hinaus die Datensammlung erschwert. Die lernstarken und leistungswilligen Schüler/innen haben die Anregungen gerne angenommen und waren darüber hinaus bereit sich eigene Fragen zu stellen, diese zu untersuchen und zu dokumentieren.

Einstiegs- und Endtest wurden anonym ausgewertet. Es kann daher nicht zugeordnet werden, welche Lerneffekte sich vor allem bei den lernschwachen Schülern/innen eingestellt haben. Die Stichprobe ist darüber hinaus viel zu klein um eindeutige Feststellungen zu machen.

Abbildung 10 lässt eine vorsichtige Einschätzung zu, dass das Lernen mit neuen Medien bei bestimmten Fragestellungen doch deutlich bessere Lerneffekte ergeben könnte. Dies kann man vor allem bei den Fragen 2a, 2b, 3b, 5c, 5d und 6 festmachen, wo geschlossen werden könnte, dass sich der Einsatz der neuen Medien positiv auf die Lern- und Verstehensprozesse der Schüler/innen auswirkt. Schüler/innen der Versuchsgruppe können deutlich besser mit „was-wäre-wenn“-Szenarios umgehen und haben möglicherweise einen anderen Zugang zu symbolischen Darstellungen von Schaltkreisen als dies Schüler/innen der Vergleichsgruppe haben. Diese Einschätzung wird auch durch die vorsichtige Interpretation der Auswertungen mit EViews bestätigt. Es scheint so zu sein, dass nur durch den Einsatz der neuen Medien im Endtest um 5.5 höhere Punktesummen zu erwarten sind, woraus ein höherer Lerneffekt der Versuchsgruppe abgeleitet werden könnte. Ähnliche Interpretationen lassen auch die Analysen der Matching-Untersuchungen zwischen Schülern/innen der Versuchs- bzw. Kontrollgruppe zu.

Wie weit und wie gelingt es mit Hilfe des virtuellen Labors „Crocodile Physics“ Schüler/innen dazu anzuregen, selbst entdeckend zu lernen?

„Ich finde, dass das Arbeiten in Physik am Computer sehr gut ist, wenn man etwas nicht versteht. Z. B. mit dem Programm Crocodile Physics kann man einen Stromkreis sehr gut „zusammenbasteln“ und wenn man sich damit ein bisschen beschäftigt, kann man viel dazulernen.“

„Auch zu Hause hatte ich viel Spaß mit den Arbeitsblättern am Computer zu „forschen“. Ich kannte mich zwar manchmal am Anfang nicht gleich aus, aber da war ja die Lernplattform und ich konnte meine Fragen ins Forum stellen.“

„Besonders gefallen hat mir die Übungsaufgabe mit den drei Lämpchen. Das war wirklich spannend, weil alle meine Vermutungen zuerst falsch waren. Aber dann habe ich doch alles herausgefunden. Darüber habe ich mich schon gefreut – besonders weil auch alles richtig war – auch meine Erklärungen ha-

ben ganz gut gestimmt.“

„Beim Arbeitsblatt zur Serienschaltung habe ich erst verstanden, wie das mit der Spannung ist, und dass die „Wattzahl“ des Lämpchens auch etwas mit der elektrischen Stromstärke und der Spannung zu tun hat.“

„Besonders gefallen hat mir „Crocodile Physics“ – das habe ich auch zu Hause installiert. Leider ist die Lizenz nach einem Monat abgelaufen. Dann habe ich die Gizmos verwendet. Diese funktionieren auch nur immer für fünf Minuten pro Tag und außerdem war es am Anfang schwer mit dem Englisch klar zu kommen. Aber unsere Lehrerin hat uns geholfen – es gab ein eigenes Arbeitsblatt, wo das Meiste und Wichtigste übersetzt war.“

„Die Aufgaben waren meistens viel zu schwer. Ständig mussten wir Vermutungen hinschreiben und dann überprüfen. Mir ist es viel lieber, wenn ein Versuch vorgezeigt wird. Am PC ist die Arbeit wirklich hart.“

Die oben angeführten Zitate der Schüler/innen der Versuchsklasse aus ihren Aufsätzen am Ende des Schuljahres zeigen zwei Aspekte auf. Die lernwilligen und leistungsstärkeren Schüler/innen äußern sich in der überwiegenden Mehrzahl sehr positiv über das Lernen mit dem Programm Crocodile Physics. Sie stellen ihre Einstellungen und Einschätzungen auch in ausführlichen Dokumenten dar. Die leistungsschwächeren und vor allem weniger motivierten Schüler/innen geben zwar teilweise an, dass das Arbeiten mit dem PC schon „ganz cool“ ist, aber bemängeln, dass sie sich dabei an bestimmte Vorgaben (Vermutungen, Dokumentation der Beobachtungen, Interpretation der Ergebnisse, Dokumentation der Lernprozesse im Lerntagebuch, ...) halten mussten und stellen dar, dass das sehr anstrengend war und sie das auch nicht konnten. Die schriftlichen Darstellungen dieser Schüler/innengruppe sind leider genauso lückenhaft wie auch die Arbeitsblätter und die entsprechenden Lerntagebücher. Daher können auf dieser Datenbasis auch keine gesicherten Folgerungen gezogen werden.

Es scheint also so zu sein, dass die Anregung zu selbst entdeckendem Lernen durch die Arbeit mit neuen Medien vor allem vom Lernstand und der Lernbereitschaft der Lernenden abhängig ist. Es muss angenommen werden, dass auch die beste Lernumgebung aus eher lernunwilligen Schülern/innen keine selbstständigen Forscher/innen und Entdecker/innen machen wird.

Wie weit gelingt es durch den Medieneinsatz die Lernschwierigkeiten (siehe Kapitel 2.1.2) im Bereich der Elektrizitätslehre erfolgreich abzubauen?

Die in den Tabellen 3 bis 7 exemplarisch dargestellten Beispiele wurden am Ende des Schuljahres den Schülern/innen der Versuchsklasse ohne Vorankündigung noch einmal vorgelegt. Viele Schüler/innen beschrieben, dass sie sich noch sehr genau an die diversen Überraschungsmomente bei der Bearbeitung der Lernaufgaben erinnern könnten. Vor allem konnte die „Stromverbrauchsvorstellung“ mit großer Wahrscheinlichkeit bei einem Großteil der Lerngruppe abgebaut werden. Die Schüler/innen haben in vielen verschiedenen Stromkreisen veranschaulicht bekommen, dass z.B. „vor und hinter einer Glühlampe“ die Menge der Elektrizität dieselbe ist. Weiter haben sie selbst in vielen Beispielen erfahren, dass eine Änderung an einer Stelle eines Strom-

kreises Konsequenzen auf andere Teile des Stromkreises hat. Etwa drei Viertel der Schüler/innen kann am Ende des Schuljahres die Begriffe Strom und Spannung sowie Potenzial in Fragestellungen wie bei Tabelle 5 sicher auseinander halten.

Wie werden das Lerntagebuch und die Lernplattform als pädagogische Begleitmaßnahme von den Schülern/innen angenommen?

Aus Abbildung 20 und aus den Aufzeichnungen im Forschungstagebuch, aus den Schülerinterviews und aus dem Klassengespräch über das Lernen mit dem PC kann gefolgert werden, dass zu Beginn der elektronischen Lernsequenz vor allem das Schreiben von Dokumentationen und Reflexionen im Lerntagebuch bei den Schülern/innen auf relativ großen Widerstand gestoßen ist. Durch die konsequente Bearbeitung dieses Feldes (mit vorgegebenen Strukturen aber auch mit Anreizsystemen wie Bonuspunkten) konnten doch mehr als die Hälfte der Schüler/innen von der Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme überzeugt werden. Am Ende des Schuljahres geben immerhin die Hälfte aller Schüler/innen an, dass das Schreiben des Lerntagebuchs nicht anstrengend war – das waren in der Mehrzahl jene Schüler/innen, die diese Aufgabe auch zufrieden stellend bewältigt haben. Diese Schüler/innen haben eingesehen und das auch mehrmals geäußert, dass sie glauben, dadurch mehr gelernt zu haben, da sie immer sehr genaue Rückmeldungen bekommen haben. Jene Schüler/innen, die sich bei der Gestaltung ihrer Lerntagebücher und der Reflexion ihrer Lernprozesse keine große Mühe gemacht haben, geben an, dass eben alles zu anstrengend war.

Die elektronische Lernplattform hingegen wird von Anfang an sehr gut angenommen, wenngleich der Grad der Auseinandersetzung mit den Lernmaterialien, der auch wieder nur aus den Lernergebnissen, die sich im Lerntagebuch in den Dokumentationen und Lernwegen zeigen, sehr differenziert gesehen werden muss. Es gelingt nur sehr schwer die lernschwachen und lernunwilligen Schüler/innen zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zu bewegen. Die Hoffnung, dass vor allem das Programm „Crocodile Physics“ hier einen positiven Beitrag leisten kann ist nicht aufgegangen. Die Lerntagebücher dieser Schüler/innen waren teilweise so lückenhaft, dass auch nur sehr schwer Ziel führende Rückmeldungen zu den Lernergebnissen möglich waren. Die leistungsstarken Schüler/innen hingegen haben mit der Hilfe der Materialien weit über die Vorgaben auf den Arbeitsblättern hinaus eigene Fragestellungen entdeckt und diese explorativ bearbeitet.

6 AUSBLICK

Kaum sind alle Fragen beantwortet, stellen sich schon wieder oder noch immer weitere Fragen: Bin ich zufrieden mit dem Ergebnis? Ist es gut gegangen? Wo gab es Schwierigkeiten? Was habe ich nicht bedacht? Was hätte ich anders/besser machen können? Wie interpretiere ich die Ergebnisse? Welche Schlüsse ziehe ich daraus?

In diesem Projektjahr wollte ich meinen Unterricht weiterentwickeln, attraktiver gestalten und erforschen, welche Rolle neue Medien beim Lehren und Lernen – vor allem im Umgang mit lernschwachen und wenig interessierten Schülern/innen bzw. beim Abbau von Lernschwierigkeiten leisten können. Es wurden vorhandene eLearning-Materialien erprobt und weiter entwickelt, sowie eigene Materialien basierend auf lerntheoretischen, medien- und fachdidaktischen Überlegungen konzipiert, gestaltet und im Unterrichtseinsatz mit dem Blick auf die Lernprozesse der Schüler getestet.

Durch die systematische Untersuchung des gewählten Themenschwerpunkts wollte ich neue Erkenntnisse über den Einsatz von Multimedia beim Lernen von Physik und insbesondere erste Einsichten über die Effizienz beim Abbau von Lernschwierigkeiten gewinnen. Das ist in Bezug auf die lernschwachen Schüler/innen kaum gelungen bzw. kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Es müsste gelingen, auch die lernschwachen Schüler/innen zu einer tiefer gehenden Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zu bringen, wenn Aussagen zu den Lerneffekten beim Einsatz von neuen Medien gemacht werden sollen. Es hat sich aber gezeigt, dass der Einsatz von neuen Medien bei bestimmten Lernaufgaben im Vergleich mit Schülern/innen, die „konventionell“ unterrichtet wurden, zu besseren Lernergebnissen führen könnte. Das müsste noch genauer und mit viel größeren Stichproben an konkreten Lernaufgaben untersucht werden. Nach meiner Einschätzung müsste also neben der bisherigen oft einseitigen Konzentration auf die Entwicklung optimaler Lernprogramme bzw. -anwendungen der Blick viel mehr auch auf die pädagogische Einbettung und die Lernwirksamkeit gelenkt werden, damit das Lernen mit neuen Medien auch Erfolg zeigen kann. Durch entsprechende umfangreiche empirische Untersuchungen müssten Ergebnisse noch besser gestützt werden als bisher.

Gerade in der empirischen Untersuchung sehe ich einen großen Bedarf. Meine Arbeit hat gezeigt, dass bei einer so kleinen Stichprobe, wie sie mir zur Verfügung stand, keine wirklich abgesicherten Aussagen möglich sind.

Die Differenziertheit der vorgestellten Ansätze sowie die ausführlich dokumentierten Beispiele sollten deutlich gemacht haben, dass mit den neuen Medien ein Umbruch beim Lernen stattfindet. Der Schwerpunkt verlagert sich dabei weg von der Passivität der Lernenden in eine Aktivität, mit der Wissen konstruiert wird. Voraussetzung sind Schüler/innen, die Wissen konstruieren wollen. Lernen ist aber harte Arbeit und es reicht nicht aus Schüler/innen nur zu einer oberflächlichen Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial zu motivieren.

Für mich stellen sich aus diesem Projekt folgende Fragen:

- Wie kann ich Schüler/innen mit einer geringen Lernwilligkeit dazu bringen, sich selbstständig und vollständig mit den angebotenen Lernmaterialien auseinander zu setzen?
- Welche instruktionalen Hilfen muss ich ihnen dazu anbieten? Was ist zu viel? Was ist zu wenig? Was ist die richtige „Dosis“?

Mit meinen Darstellungen möchte ich Kollegen/innen ermuntern, ähnliche Fragestellungen zu untersuchen und sich auf diese Art von Unterrichtsforschung einzulassen.

7 VERZEICHNISSE UND ANHÄNGE

7.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: APPLLET STROMKREIS (AUSGANGSSITUATION)	16
ABBILDUNG 2: APPLLET „STROMKREIS“ MIT ANZEIGE DES POTENZIALS	17
ABBILDUNG 3: MINDMAP ELEKTRIZITÄTSLEHRE.....	21
ABBILDUNG 4: VIRTUELLES LABOR AUF DER SEITE HTTP://WWW.EXPLORELEARNING.COM.....	21
ABBILDUNG 5: ERGEBNISSE AUS DEM EINSTIEGSTEST – VERSUCHSGRUPPE	26
ABBILDUNG 6: ERGEBNISSE AUS DEM EINSTIEGSTEST – VERGLEICHSGRUPPE	26
ABBILDUNG 7: EINSTIEGSTEST – 20 SCHÜLER/INNENPAARE AUS VERSUCHS- UND KONTROLLGRUPPE.....	27
ABBILDUNG 8: ERGEBNISSE IM ENDTEST - VERSUCHSGRUPPE	27
ABBILDUNG 9: ERGEBNISSE IM ENDTEST – KONTROLLGRUPPE.....	28
ABBILDUNG 10: ENDTEST – 20 SCHÜLER/INNENPAARE AUS VERSUCHS- UND KONTROLLGRUPPE.....	28
ABBILDUNG 11: VERGLEICH VERSUCHSGRUPPE – KONTROLLGRUPPE FÜR 20 SCHÜLER/INNENPAARE.....	29
ABBILDUNG 12: EINSTIEGSTEST – ENDTEST IM VERGLEICH FÜR DIE VERSUCHSGRUPPE	29
ABBILDUNG 13: ERGEBNISSE FÜR BEISPIEL 2 BEIM EINSTIEGSTEST	30
ABBILDUNG 14: ERGEBNISSE FÜR BEISPIEL 4 BEIM ENDTEST	30
ABBILDUNG 15: VERÄNDERUNG ZWISCHEN EINSTIEGSTEST UND ENDTEST (BEISPIEL 2 BZW. BEISPIEL 4).....	31
ABBILDUNG 16: VERGLEICH EINSTIEGSTEST/ENDTEST/ KONTROLLGRUPPE/ ANZAHL DER RICHTIGEN LÖSUNGEN.....	32
ABBILDUNG 17: VERGLEICH EINSTIEGSTEST/ENDTEST/ KONTROLLGRUPPE/ ANZAHL DER RICHTIGEN LÖSUNGEN.....	32
ABBILDUNG 18: VERGLEICH EINSTIEGSTEST/ENDTEST FÜR VERSUCHS- UND KONTROLLGRUPPE	32
ABBILDUNG 19: VERGLEICH EINSTIEGSTEST/ENDTEST – LÖSUNGEN PRO TEILAUFGABE FÜR BEISPIEL 4	33
ABBILDUNG 20: FRAGEBOGENAUSWERTUNG ZU EINSTELLUNGEN/EINSCHÄTZUNGEN – VERSUCHSGRUPPE... ..	33
ABBILDUNG 21: VERTEILUNG DER DUMMYVARIABLE „LERNEN MIT NEUEN MEDIEN“	37
ABBILDUNG 22: VERTEILUNG DER PUNKTESUMME IM EINSTIEGSTEST (AS).....	37
ABBILDUNG 23: VERTEILUNG DER PUNKTEPARTIALSUMME 1 IM EINSTIEGSTEST (AP1).....	38
ABBILDUNG 24: VERTEILUNG DER PUNKTEPARTIALSUMME 2 IM EINSTIEGSTEST (AP2).....	38
ABBILDUNG 25: VERTEILUNG DER PUNKTESUMME IM ENDTEST (ES)	39
ABBILDUNG 26: VERTEILUNG DER PUNKTEPARTIALSUMME 1 IM ENDTEST (EP1).....	39
ABBILDUNG 27: VERTEILUNG DER PUNKTEPARTIALSUMME 2 IM ENDTEST (EP2).....	39

7.2 Verzeichnis der Tabellen

TABELLE 1: FORSCHUNGSFRAGEN.....	15
TABELLE 2: BESCHREIBUNGEN ZUM APPLLET „STROMKREIS“	18
TABELLE 3: ÜBUNGSAUFGABE ZUM ABBAU DER SEQUENTIELLEN ARGUMENTATION.....	19
TABELLE 4: ÜBUNGSAUFGABE ZUR „STROMVERBRAUCHSVORSTELLUNG“	19
TABELLE 5: TESTAUFGABEN ZUR ELEKTRISCHEN SPANNUNG	20
TABELLE 6: STROMKREIS MIT ZWEI LÄMPCHEN IN SERIE	20
TABELLE 7: STROMKREIS MIT ZWEI PARALLEL GESCHALTETEN LÄMPCHEN.....	20
TABELLE 8: STATISTISCHE KENNGRÖßEN FÜR DAS BEISPIEL 2 AUS DEM EINSTIEGSTEST.....	30
TABELLE 9: STATISTISCHE KENNGRÖßEN FÜR DAS BEISPIEL 4 AUS DEM ENDTEST.....	31
TABELLE 10: VORSTELLUNGEN ZUM ELEKTRISCHEN STROM UND ZUM ELEKTRISCHEN WIDERSTAND	35
TABELLE 11: REGRESSIONSERGEBNISSE IM EViews OUTPUT	40
TABELLE 12: LEGENDE ZU DEN PARAMETERN UND VARIABLEN VON TABELLE 11.....	40

7.3 Literaturverzeichnis

- [1] CAILLOT, M.; CHALOUHI, E. (1984). Problemlösen im Bereich der Elektrizitätslehre. Der Physikunterricht. Heft 2. S. 36-45.
- [2] CLOSSET, J. (1984). Woher stammen bestimmte "Fehler" von Schülern und Studenten aus dem Bereich der Elektrizitätslehre? Kann man sie beheben? Der Physikunterricht. Heft 2. S. 21-31.
- [3] DUIT, R. (1989). Vorstellung und Experiment. Von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie. Heft 48. S. 319-321.
- [4] DUIT, R. (1993). Alltagsvorstellungen berücksichtigen! Praxis der Naturwissenschaften Physik 6/42. S. 7-11.
- [5] HERMANN, F.; SCHMÄLZLE, P. (1984). Das elektrische Potenzial im Unterricht der Sekundarstufe 1. MNU. 37. Jahrgang. Heft 8. S. 476-482.
- [6] HERRMANN, F. (2003). Der Karlsruher Physikkurs 2. Daten Licht Elektrizität. Ein Lehrbuch für die Sekundarstufe 1. Aulis Verlag Deubner. Köln.
- [7] JUNG, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie. Heft 13. S. 2-6.
- [8] LEWANDOWSKA, D. (1995). Lernschwierigkeiten bei der Aneignung des Begriffes „elektrischer Widerstand“. Physik in der Schule. Heft 33. S. 350-355.
- [9] MUCKENFUSS, H.; WALZ, A. (1997). Neue Wege im Elektrikunterricht. Unterrichtshilfen Naturwissenschaften. Aulis Verlag Deuber. Köln.
- [10] RHÖNECK, Ch.; VÖLKER, B. (1984). Vorstellungen vom Stromkreis und ihr Einfluss auf den Lernprozess. Der Physikunterricht. Heft 2. S. 4-16.
- [11] RHÖNECK, Ch. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie. Heft 13. S. 108-112.
- [12] STARAUSCHEK, E. (2003). Elektrizitätslehre nach dem Karlsruher Physikkurs. Ergebnisse einer empirischen Studie. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. PhyDid 1 / 2. S. 39-47.

7.4 Anhänge

7.4.1 Fragebogen zur Einschätzung (Versuchsgruppe)

Code					
------	--	--	--	--	--

Lieber Schüler, liebe Schülerin!

Du hast in diesem Schuljahr an einem Forschungsprojekt zum Einsatz von neuen Lernmedien im Physikunterricht teilgenommen. Ich ersuche dich, die folgenden Fragen möglichst sorgfältig und ausführlich zu beantworten. Du hilfst mir Daten für ein Lehrerforschungsprojekt zu sammeln. Danke!

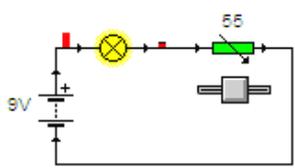
Meine Jahresnote in Physik:

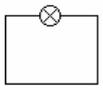
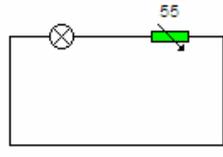
	ja	nein
Physik ist eines meiner drei Lieblingsfächer.		
Ich habe mich auch außerhalb des Physikunterrichts mit den Lernmaterialien beschäftigt.		
Ich habe mich außerhalb der Unterrichtsstunden mit Physik mehr beschäftigt als jeweils mit anderen „Nicht-Schularbeitsfächern“.		
Ich habe die Möglichkeit der Lernplattform auch von zu Hause aus genutzt.		
Ich habe auch die Möglichkeiten der Lernplattform genutzt, um mit und von anderen zu lernen.		
Ich habe auch versucht, das Programm Crocodile Physics zu Hause zu installieren.		
Ich glaube, dass mir der Umgang mit den elektronischen Lernmaterialien beim Verstehen des Stoffes geholfen hat.		
Die Bearbeitung der Lernaufgaben am Computer war für mich anstrengend. Warum? Warum nicht?		
Ich habe das Gefühl, dass ich in diesem Jahr in Physik sehr viel Neues gelernt habe.		
Das Schreiben von Reflexionen und Lerntagebüchern war für mich anstrengend. Warum? Warum nicht?		
Ich glaube, dass ich durch den Umgang mit dem Computer mehr gelernt habe als im ersten Semester, wo der Computer und die Lernplattform nicht eingesetzt wurden		
Welches Programm (welches Arbeitsblatt) war eine besondere Herausforderung für mich? Warum?		
Welches Programm (welches Arbeitsblatt) hat mir besonders gut gefallen? Warum?		
Welches Programm (welches Arbeitsblatt) hat mir überhaupt nicht gefallen? Warum?		
Was ich sonst noch sagen möchte:		

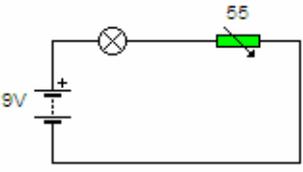
7.4.2 Vorunterrichtliche Vorstellungen zum elektrischen Widerstand (Versuchsgruppe)

Begründe bitte deine Entscheidungen möglichst ausführlich auf der Rückseite!

1.)	Schreibe einen Satz auf, in dem die Worte „elektrischer Widerstand“ und „elektrischer Strom“ vorkommen!		
2.)	Dein jüngerer Freund möchte gern wissen, was elektrischer Widerstand ist. Schreibe auf, wie du ihm das erklärst!		
3.)	Welches der folgenden Kriterien ist für dich am ehesten zutreffend. Kreuze höchstens drei Aussagen an. Widerstand ...		
	ist eine Behinderung des Stroms	<input type="checkbox"/>	ist ein Merkmal des Stroms
	ist eine Verkleinerung des Stroms	<input type="checkbox"/>	tritt nur gemeinsam mit Strom auf
	ist ein Bauelement	<input type="checkbox"/>	tritt dort auf, wo kein Strom fließt
	ist eine Eigenschaft des Leiters	<input type="checkbox"/>	wird durch Strom erzeugt
	kann den Strom verändern	<input type="checkbox"/>	erzeugt Strom
	ist eine Kraft	<input type="checkbox"/>	erzeugt einen Stromverbrauch

4.)		Kreuze die richtige Antwort an: Wenn du den Widerstand im abgebildeten Stromkreis verkleinerst (<i>vergrößerst</i>), dann wird die Stromstärke in der Glühlampe ...		
		steigen	<input type="checkbox"/>	<i>steigen</i>
		sinken	<input type="checkbox"/>	<i>sinken</i>
		gleich bleiben	<input type="checkbox"/>	<i>gleich bleiben</i>
		ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>	<i>ich weiß es nicht</i>

5.)	 <p style="text-align: right;">A</p>	Betrachte die drei Stromkreise A, B und C und kreuze die richtigen Antworten an:		
		A	B	C
	 <p style="text-align: right;">B</p>	Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt ein elektrischer Widerstand auf.		
		Es fließt kein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.		
		Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.		
		Es fließt kein elektrischer Strom und es		

 <p style="text-align: center;">C</p>	tritt ein elektrischer Widerstand auf.			
	Ich weiß es nicht.			

6.)	In einem Stromkreis fließt kein elektrischer Strom. Besitzen die einzelnen Bauelemente einen elektrischen Widerstand?								
	Batterie		Draht		Feder aus Metall		Lampe		Holzklötz
7.)	In einem elektrischen Stromkreis A mit einer Glühlampe sind die Leitungen kürzer als in einem Stromkreis B. Die Lampe im Kreis A leuchtet ...								
	nicht			heller als in B					
	weniger hell als in B			gleich hell wie in B					
8.)	In einem elektrischen Stromkreis A mit einer Glühlampe sind die Leitungen dünner als in einem Stromkreis B. Die Lampe im Kreis A leuchtet ...								
	nicht			heller als in B					
	weniger hell als in B			gleich hell wie in B					

Danke für deine Mitarbeit!

7.4.3 Fragebogen – Endtest

Code					
------	--	--	--	--	--

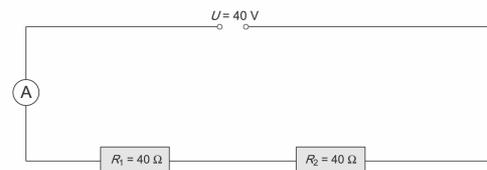
1.) In einem Fachgeschäft findest du einen Kühlschrank mit einem Hinweisschild „Täglicher Energiebedarf nur 0,6 kW/h“. Steckt in dieser Angabe ein Fehler? ja nein

2.) Welche Stromstärke zeigt das Messgerät an?

2 A 1 A 0,5 A

Wenn der Widerstand R_2 entfernt wird, wird die Stromstärke

größer kleiner die Stromstärke bleibt gleich

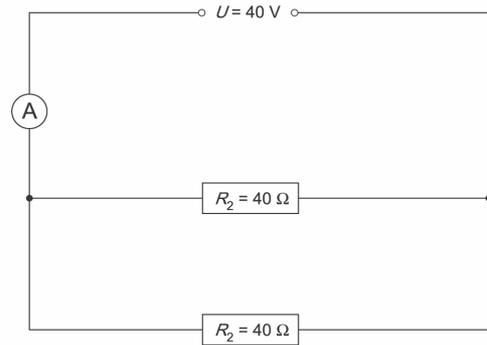


3.) Welche Stromstärke zeigt das Messgerät an?

2 A 1 A 0,5 A

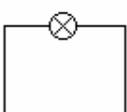
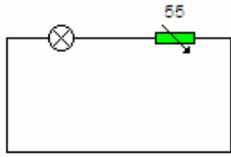
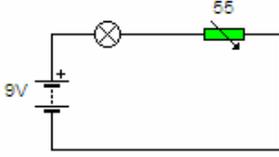
Wenn der Widerstand R_2 entfernt wird, wird die Stromstärke

größer kleiner die Stromstärke bleibt gleich



4.) Du findest hier einige Sätze zur elektrischen Spannung, zum elektrischen Strom und zur Energie. Lies jeden der untenstehenden Sätze und kreuze an!

	stimmt	falsch	weiß nicht
Die elektrische Spannung und der elektrische Strom kommen nur zusammen vor.			
Die elektrische Spannung kann auch einmal ohne den elektrischen Strom vorkommen.			
Der elektrische Strom ist Energie.			
Die elektrische Spannung ist Energie.			
Die Stromstärke ist die Kraft des elektrischen Stromes.			
Die Stromstärke ist ein Maß für die Menge des elektrischen Stromes.			
Stromstärke und Spannung sind dasselbe.			

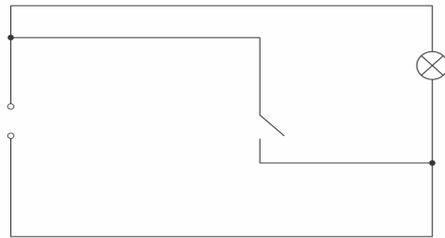
 A	5.) Betrachte die drei Stromkreise A, B und C und kreuze die richtigen Antworten an:			
	A	B	C	
 B	Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt ein elektrischer Widerstand auf.			
	Es fließt kein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.			
 C	Es fließt ein elektrischer Strom und es tritt kein elektrischer Widerstand auf.			
	Es fließt kein elektrischer Strom und es tritt ein elektrischer Widerstand auf.			
	Ich weiß es nicht.			

6.) Welche Folgen hat es, wenn man den Schalter schließt?

Die Lampe leuchtet.

Die Lampe leuchtet nicht.

Begründe deine Entscheidung!



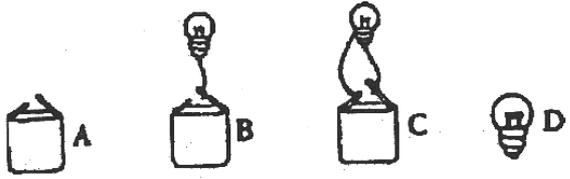
7.4.4 Fragebogen – Einstiegstest

Code					
------	--	--	--	--	--

Liebe Schülerin! Lieber Schüler!

Bitte fülle den Arbeitsbogen sorgfältig aus. Du hilfst dabei mit, Lehrern und Lehrerinnen Einblick in deine Vorstellungen vor dem Unterricht zu geben. Durch diese Forschungen kann die Qualität des Unterrichts weiter verbessert werden!

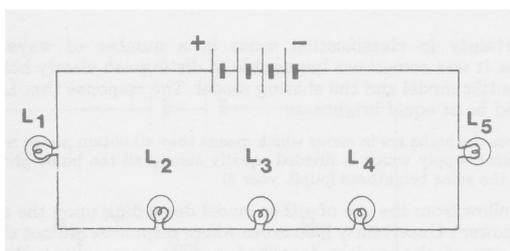
Danke für deine Mitarbeit!

Aufgabe 1 	Betrachte die vier Abbildungen A, B, C und D, die brauchbare Batterien und Lämpchen enthalten. Lies nun jeden der vier folgenden Sätze durch. Ein Satz kann auf mehrere Abbildungen zutreffen. Wenn der Satz zutrifft, mache bitte im entsprechenden Kästchen ein Kreuz.				
	A	B	C	D	weiß nicht
Das Lämpchen leuchtet in:					
Elektrischer Strom ist in:					
Elektrische Stromstärke ist in:					
Elektrische Spannung ist in:					

Aufgabe 2			
Du findest hier einige Sätze zur elektrischen Spannung, zum elektrischen Strom und zur Energie. Lese jeden der untenstehenden Sätze und kreuze an!			
	stimmt	falsch	weiß nicht
Die elektrische Spannung und der elektrische Strom kommen nur zusammen vor.			
Die elektrische Spannung kann auch einmal ohne den elektrischen Strom vorkommen.			
Der elektrische Strom ist Energie.			
Die elektrische Spannung ist Energie.			

Die Stromstärke ist die Kraft des elektrischen Stromes.			
Die Stromstärke ist ein Maß für die Menge des elektrischen Stromes.			
Stromstärke und Spannung sind dasselbe.			

Aufgabe 3



Betrachte die Abbildung auf der linken Seite.

Die Lämpchen L1 bis L5 sind alle gleich gebaut.

Lies nun jeden der vier folgenden Sätze durch.

Wenn der Satz zutrifft, mache bitte im entsprechenden Kästchen ein Kreuz. Gib Begründungen für deine Antworten an!

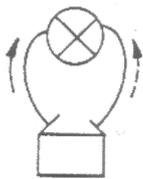
L4 ist heller als L5				
L3 wird nicht leuchten				
L2 und L4 haben die gleiche Helligkeit				
L3 leuchtet heller als L1				
Die Helligkeit von L2 ist	größer als	kleiner als	gleich wie	die Helligkeit von L1

Aufgabe 4

Das Lämpchen in den Abbildungen 1 bis 4 ist an die Batterie angeschlossen. Es leuchtet.

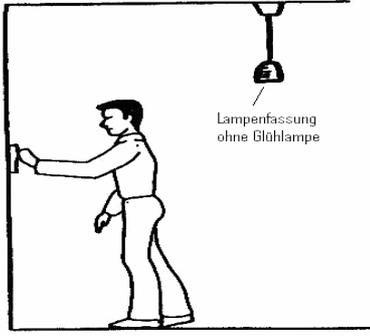
Welche der folgenden Aussagen hältst du für richtig? Kreuze entsprechend an. Vergiss nicht auf die Begründung. Schreibe die Begründung direkt zur Aussage.

1		Aus beiden Laschen fließt Strom in gleicher Menge zum Lämpchen.	
2		Hinter dem Lämpchen fließt der gleiche Strom wieder zur Batterie zurück.	
3		Hinter dem Lämpchen fließt ein geringerer Strom als in der Hinleitung.	

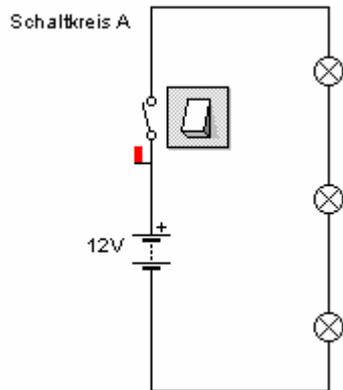
4		Aus den beiden Batterieanschlüssen fließt jeweils ein unterschiedlicher Strom zum Lämpchen.	
---	---	---	--

Aufgabe 5			
Du siehst hier ein Lämpchen und eine Batterie angeschlossen. Das Lämpchen leuchtet. Entscheide und begründe!			
	stimmt	falsch	weiß nicht
Die Lampe verbraucht den elektrischen Strom vollständig.			
Die Lampe verbraucht ein bisschen den elektrischen Strom.			
Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.			
Die Lampe treibt den elektrischen Strom an.			
Die Lampe behindert den elektrischen Strom.			
Die Lampe nimmt dem ankommenden elektrischen Strom einen Teil seiner Energie.			
Die Lampe ist ein elektrischer Widerstand.			

Aufgabe 6			
Für die nebenstehende Abbildung gilt:			
<ul style="list-style-type: none"> ☺ Es ist keine Lampe angeschlossen. ☺ Der Schalter ist eingeschaltet. 			
Entscheide und begründe deine Entscheidung!			
	stimmt	falsch	weiß nicht
Es ist ein elektrischer Strom in den Drähten zur Lampenfassung vorhanden.			



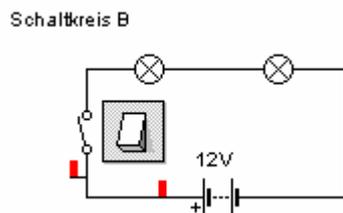
7.4.5 Arbeitsblatt zur Serienschaltung



Schaltkreis A ist ein einfacher Serien-Schaltkreis. 3 Lampen sind in Serie mit einer Batterie und einem Schalter verbunden.

> Schalten Sie Schaltkreis A ein.

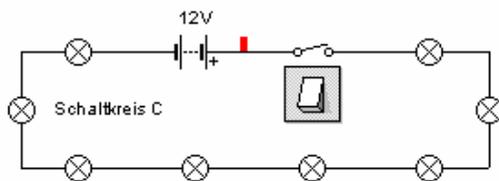
1. Leuchten alle 3 Lampen gleich hell?



Schaltkreis B enthält 2 in Serie geschaltete Lampen.

> Schalten Sie Schaltkreis B ein.

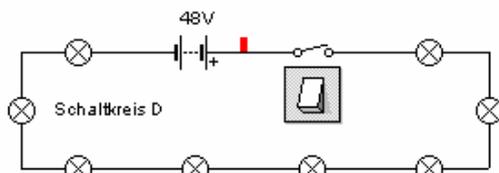
2. Vergleichen Sie die Helligkeit der Lampen in den Kreisen A und B. Welche Lampen leuchten heller?



Schaltkreis C enthält 8 in Serie geschaltete Lampen.

> Schalten Sie Schaltkreis C ein.

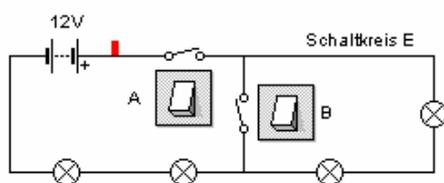
3. Beschreiben Sie das Verhalten des Schaltkreises.
4. Schlagen Sie vor, wie der Schaltkreis geändert werden könnte, damit er korrekt funktioniert.



Schaltkreis D enthält ebenfalls 8 Lampen in Serie.

> Schalten Sie Schaltkreis D ein.

5. Vergleichen Sie die Schaltkreise C und D. Warum funktioniert Schaltkreis D wie erwartet?



Schaltkreis E enthält 4 Lampen und zwei Schalter.

> Bedienen Sie Schalter A.

6. Merken Sie sich die Helligkeit der Lampen.

> Bedienen Sie nun Schalter B.

7. Was passiert? Können Sie eine Erklärung geben?

Das habe ich gelernt:

Beschreibe bitte deinen Lernweg in einem kurzen schriftlichen Aufsatz (ca. 1 Seite) in deinem Lerntagebuch!

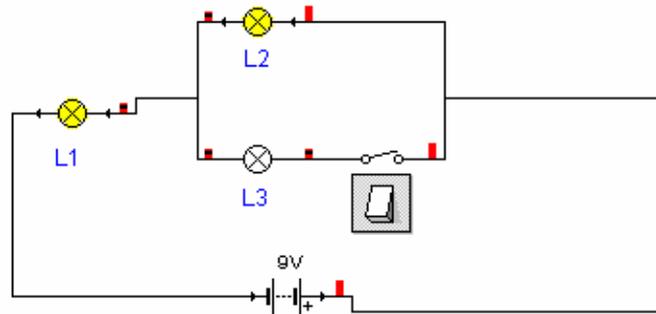
7.4.6 Forschungsaufgabe – drei Lämpchen

Untersuche die **Helligkeit der Lämpchen je nach Schalterstellung!**

Du kannst für deine Untersuchungen auch die Spannung verändern!

Zusatzfragen:

1. Was passiert, wenn du ein weiteres Lämpchen parallel zu L2 und L3 schaltest?
2. Was passiert, wenn du ein weiteres Lämpchen in Serie mit L2 schaltest?
3. Was passiert, wenn du ein weiteres Lämpchen in Serie mit L1 schaltest?



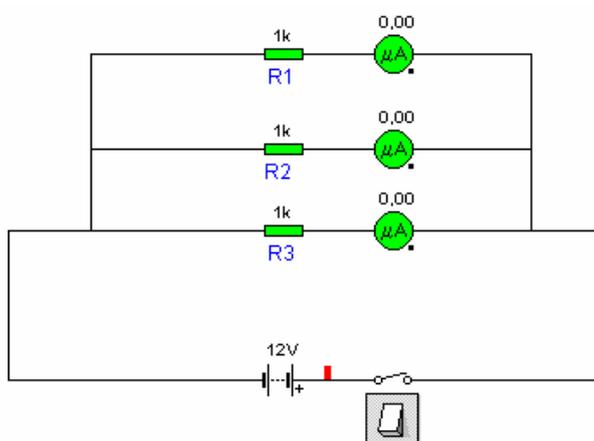
Was kannst du beobachten, wenn der Schalter offen bzw. geschlossen ist. Erkläre deine Beobachtungen!

Das habe ich gelernt:

Beschreibe bitte deinen Lernweg in einem kurzen schriftlichen Aufsatz

(ca. 1 Seite) in deinem Lerntagebuch! Was war überraschend? Waren deine Vermutungen richtig? Wo hast du dich geirrt?

7.4.7 Arbeitsblatt – drei Widerstände in Parallelschaltung



Miss die Stromstärke des elektrischen Stromes durch jeden der drei Widerstände bei einer Batteriespannung von 12V für die folgenden Fälle:

- a) $R1 = R2 = R3$
- b) $R1 = R2$ und $R3 = 2 R1$
- c) $R2 = 2 R1$ und $R3 = 4 R1$

Welche Abhängigkeiten bzw. welche Gesetzmäßigkeiten stellst du fest?

Das habe ich gelernt:

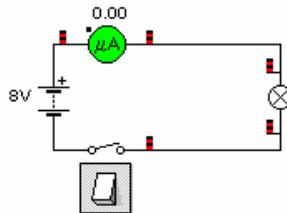
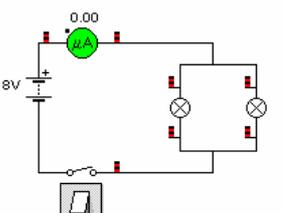
Beschreibe bitte deinen Lernweg in einem kurzen schriftlichen Aufsatz (ca. 1 Seite)!

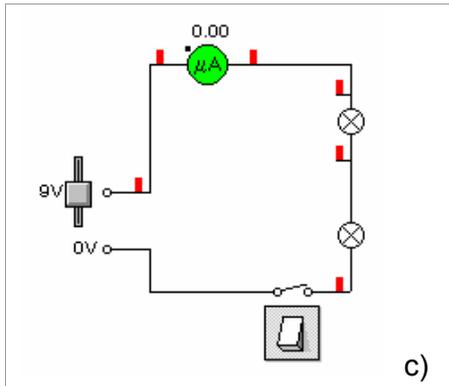
7.4.8 Arbeitsblatt - Die Elektrizität als Energieträger

Von der „Quelle“ zum „Empfänger“ fließt ein Energiestrom. In jeder Sekunde fließt eine bestimmte Energiemenge E . Wenn du diese Energiemenge durch die Zeit t dividierst, erhältst du die Energiestromstärke P . Diese wird in Watt angegeben.

Um Energie elektrisch (d.h. mit dem Träger Elektrizität) zu transportieren, braucht man ein Kabel, das aus zwei Leitungen besteht. Die beiden Leitungen befinden sich auf unterschiedlichem elektrischem Potenzial – es herrscht zwischen den beiden Leitungen eine elektrische Spannung.

Forschungsaufgabe: Wie hängt nun die Stärke des Energiestroms mit der Stärke des elektrischen Stroms in den Leitungen und mit der Spannung zwischen Leitungen zusammen?

 <p>a)</p>	<p>Die beiden Abbildungen zeigen jeweils ein „Quelle-Empfänger-Paar“.</p> <p>Die Lampen sind völlig gleichartig.</p> <ul style="list-style-type: none">• Was erwartest du in Bezug auf die Energieströme in den beiden Anordnungen?• Untersuche die beiden Anordnungen mithilfe von Crocodile Physics, fasse deine Beobachtungen zusammen und versuche Erklärungen dafür zu geben.• Wie steht es in beiden Fällen mit elektrischer Spannung und elektrischer Stromstärke?• Überprüfe deine Vermutungen mit weiteren Lampen.• Fasse deine Ergebnisse zusammen:
 <p>b)</p>	
<p>Bei einem elektrischen Energietransport sind – bei konstanter Spannung – Energiestromstärke und elektrische Stromstärked.h. es gilt: $P \sim I$</p>	



Auch in dieser Anordnung sind zwei Lampen an das Netzgerät angeschlossen. Sorge dafür, dass beide Lampen gleich stark wie oben leuchten. Was musst du wie ändern?

Hat sich die Energiestromstärke verändert? Wenn ja, wie?

Hat sich die elektrische Stromstärke verändert?

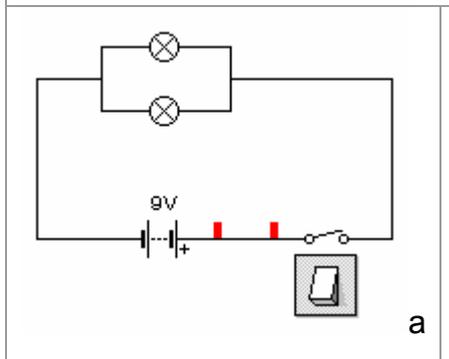
Hat sich die elektrische Spannung verändert? Wenn ja, wie?

Was schließt du daraus?

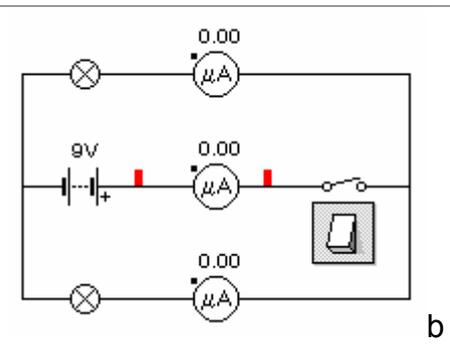
Wir fassen zusammen: Überträgt man Energie mit dem Energieträger Elektrizität, so ist die Energiestromstärke proportional zur in den Leitungen und zur zwischen den Leitungen.

7.4.9 Übungsaufgaben

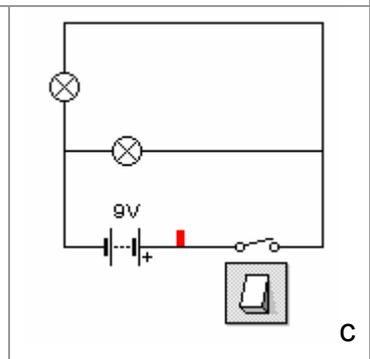
- Gib an, bei welcher Schaltung es sich um eine Parallelschaltung der zwei Lämpchen handelt.
- Wie kannst du deine Vermutung überprüfen?
- Beschreibe deinen Lösungsweg möglichst ausführlich?
- Vielleicht hast du auch das Programm Crocodile Physics verwendet? Wenn ja, gib an, wie?



a)



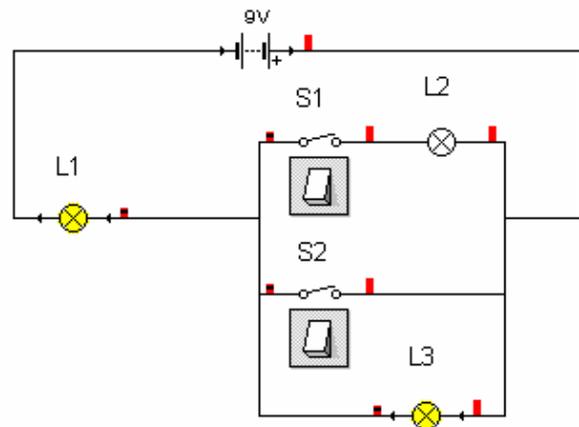
b)



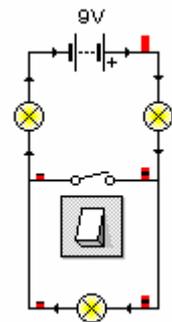
c)

Ein Stromkreis enthält drei gleichartige Lämpchen.

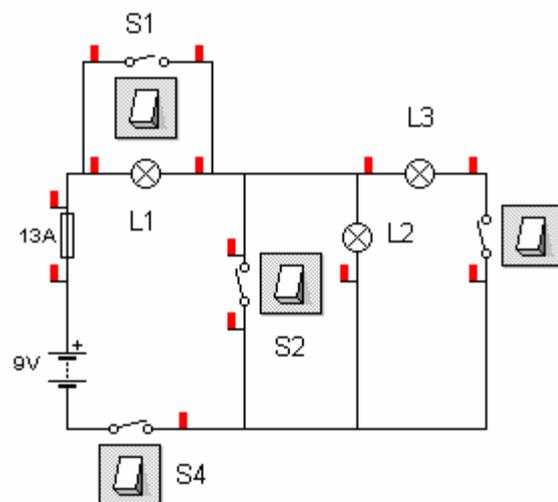
- Warum leuchten bei der skizzierten Stellung der Schalter nur die beiden Lämpchen L1 und L3? Vergleiche die Helligkeit der beiden Lämpchen!
- Nun wird der Schalter S1 geschlossen. Welche Lämpchen leuchten jetzt? Vergleiche wiederum die Helligkeit der Lämpchen!
- Schließlich wird auch der Schalter S2 geschlossen. Welche Lämpchen leuchten? Begründung!
- Vergleiche die Helligkeit von L1 bei Teilaufgabe c) mit der Helligkeit von L1 bei Teilaufgabe a).



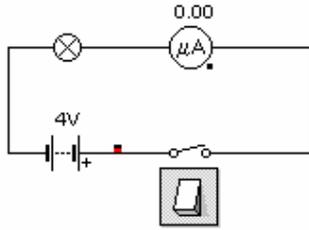
- Wie sind die drei Lämpchen geschaltet? Vergleiche ihre Helligkeit!
- Welche Lämpchen leuchten, wenn du den Schalter schließt? Begründung!
- Überprüfe deine Vermutung! Was fällt dir auf, wenn du die die Helligkeiten der Lämpchen vergleichst?
- Was müsstest du ändern, damit die drei Lämpchen in der Ausgangsschaltung (bei offenem Schalter) ebenso hell leuchten?



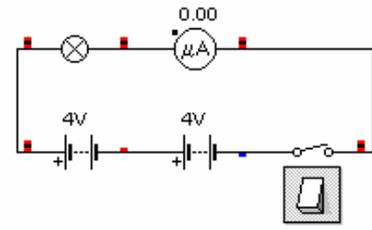
- Welche Lampe(n) leuchten (leuchtet), wenn S1 und S4 geschlossen sind und S2 sowie S3 geöffnet sind?
- Nenne eine Kombination von Schalterstellungen bei der alle drei Lampen leuchten.
- Nenne eine Kombination von Schalterstellungen bei der die Sicherung durchbrennt. Erkläre, warum!



Was ändert sich, wenn du zwei Batterien in Serie schaltest? Was erwartest du, wenn du die beiden Stromkreise a und b „einschaltest“?

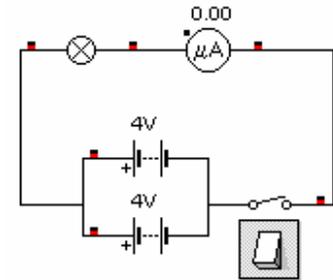
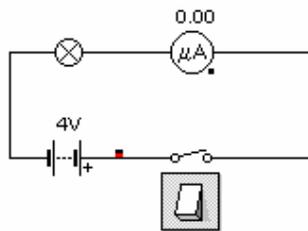


a



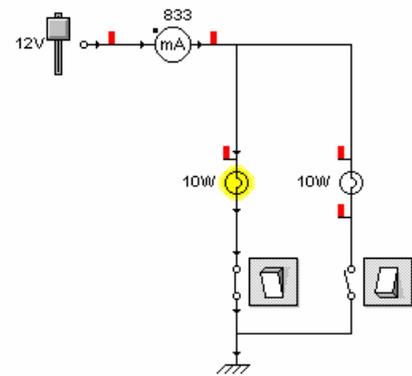
b

Was ändert sich, wenn du zwei Batterien parallel schaltest? Was erwartest du, wenn du die beiden Stromkreise a und b „einschaltest“?



Schalte immer weitere Lampen parallel. Notiere jeweils die elektrische Stromstärke!

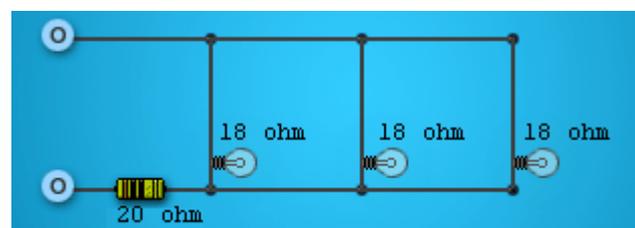
In welchem Zusammenhang steht die elektrische Stromstärke mit der elektrischen Leistung der Lampen?



7.4.10 Assessment Questions zu den Circuits Gizmos

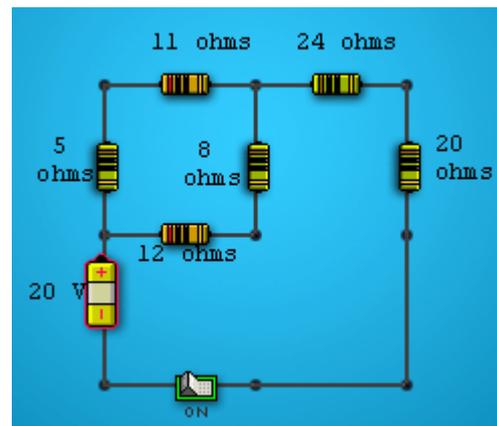
What resistance will the ohmmeter measure in the circuit shown on the right?

- | | | | |
|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | 19 ohms | <input type="checkbox"/> | 38 ohms |
| <input type="checkbox"/> | 26 ohms | <input type="checkbox"/> | 74 ohms |



The circuit on the right is powered by a 20-volt battery.

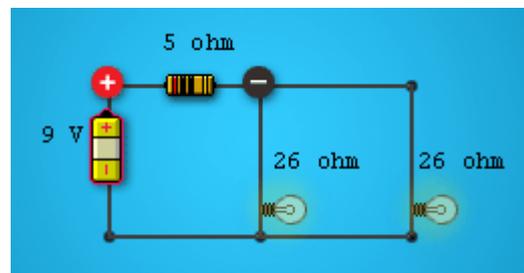
What current is flowing through the on/off switch (when it is on, as shown)?



- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 0.23 amperes | <input type="checkbox"/> | 0.32 amperes |
| <input type="checkbox"/> | 0.29 amperes | <input type="checkbox"/> | 0.38 amperes |

The circuit on the right is powered by a 9-volt battery.

What is the voltage measured by the voltmeter?



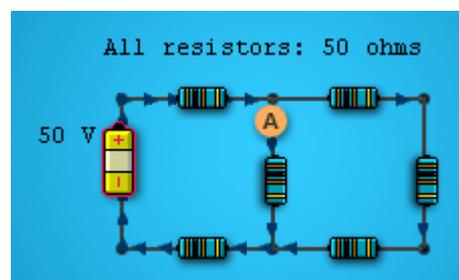
- | | | | |
|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | 2.50 volts | <input type="checkbox"/> | 4.96 volts |
| <input type="checkbox"/> | 3.15 volts | <input type="checkbox"/> | 6.54 volts |

A string of holiday lights is connected to an outlet in a series circuit.

When the lights are plugged in, the circuit is overloaded, causing a fuse to blow. Which of the following is most likely to solve the problem and allow the lights to remain lit?

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Add more lights to the series circuit. | <input type="checkbox"/> | Increase the voltage of the battery. |
| <input type="checkbox"/> | Replace several lights on the string with wires. | <input type="checkbox"/> | Connect the lights in a parallel circuit. |

On the circuit on the right, what is the current measured by the ammeter? Each resistor is 50 ohms, and the battery is 50 volts.



- | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 0.15 amperes | <input type="checkbox"/> | 0.27 amperes |
| <input type="checkbox"/> | 0.21 amperes | <input type="checkbox"/> | 0.36 amperes |