

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Analyse des Lernerfolgs verschiedener Unterrichtsverfahren im
Physikunterricht zum Thema Reihen- und Parallelschaltung

verfasst von | submitted by
Christine Utz BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2024

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 520 523 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Mathematik Unterrichtsfach Physik

Betreut von | Supervisor:

Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron Privatdoz.

Zusammenfassung

Eine zentrale Frage im Schulalltag ist die effektive Vermittlung von Unterrichtsinhalten an Schülerinnen und Schüler. Dabei kommen verschiedene Unterrichtsmethoden wie Frontalunterricht, Gruppenarbeit und Einzelarbeit zum Einsatz. Das Ziel dieser Arbeit ist es, diese Unterrichtsmethoden im Physikunterricht in der Sekundarstufe 1 am Unterrichtsthema „Serien- und Parallelschaltungen“ zu vergleichen und insbesondere deren Effektivität in Bezug auf die Revidierung von Fehlvorstellungen zu untersuchen. Hierzu wurde anhand eines Pre-Tests das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler von drei dritten Klassen (7. Schulstufe) ermittelt und anschließend die drei verschiedenen Unterrichtsmethoden implementiert. In zwei weiteren Schritten wurde ein Post-Test zur Überprüfung des kurzfristigen Lernerfolges und ein Follow-up-Test zur Überprüfung des langfristigen Lernerfolges in allen drei Klassen durchgeführt. In der Auswertung dieser Arbeit wurde der Fokus auf die Betrachtung des kollektiven Lernerfolges der Gruppen gelegt, um generelle Unterschiede der verschiedenen Lernmethoden aufzuzeigen. Hierbei wurden die Ergebnisse des Pre-, Post- und Follow-up-Tests der einzelnen Fragen und der Wissensgewinn der jeweiligen Gruppe im Vergleich von Pre- zu Post-Test dargestellt, sowie eine Gesamtauswertung durchgeführt. Abschließend erfolgte eine Interpretation der Ergebnisse, bei der die Effektivität der verschiedenen Unterrichtsmethoden im Detail untersucht wurde. Diese ergab, dass vor allem bei Einzelarbeit und Gruppenarbeit sowohl ein kurzfristiger als auch ein langfristiger Lernerfolg gegeben war, während Frontalunterricht sich vorwiegend für den kurzfristigen Lernerfolg eignete, da Schülerinnen und Schüler bei einigen Fragen wieder in ihre Fehlvorstellungen zurückfielen.

Abstract

A central question in everyday school life is the effective transmission of lesson content to students. Various teaching methods such as lectures, group work, and individual work are employed. The goal of this thesis is to compare these teaching methods in physics education at the secondary level 1 on the topic of “series and parallel circuits”, particularly examining their effectiveness in revising misconceptions. For this purpose, the prior knowledge of students from three different third-grade classes (7th grade level) was assessed through a pre-test, followed by the implementation of the three different teaching methods. Subsequently, a post-test was conducted to check the short-term learning success and a follow-up test to assess the long-term learning success in all three classes. The evaluation of this study focused on the collective learning successes of the groups to demonstrate general differences between the learning methods. The results of the pre-, post-, and follow-up tests for individual questions and the knowledge gain of each group from pre- to post-test are presented, along with a comprehensive evaluation. Finally, an interpretation of the results was conducted, where the effectiveness of the different teaching methods was examined in detail. This showed that both individual work and group work were effective in achieving both short and long-term learning success, while lectures were primarily suitable for short-term success, as students tended to revert to their misconceptions for some questions.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Frau Prof. Mag.^a Dr.ⁱⁿ Urban-Woldron für die fortwährende Unterstützung während der Durchführung, sowie bei der Fertigstellung dieser Arbeit bedanken. Ebenso gilt mein besonderer Dank meiner Familie und meinen Freunden für ihre Unterstützung und Ermutigung. Nicht zuletzt bin ich den Schülerinnen und Schülern dankbar, deren Beteiligung die Erarbeitung dieser Studie überhaupt erst ermöglichte.

Inhalt

1	Einleitung.....	9
2	Fachdidaktischer Hintergrund	10
2.1	Was ist guter Unterricht?	10
2.2	Sozialformen	11
2.2.1	Frontalunterricht.....	11
2.2.2	Gruppenunterricht/Gruppenarbeit.....	14
2.2.3	Einzelarbeit.....	15
2.2.4	Fazit Sozialformen.....	16
2.3	Was sind Schülervorstellungen?	16
2.3.1	Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre.....	16
2.3.2	Zusammenfassung – Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre	19
2.4	Didaktische Analyse	20
2.5	Modelle in der Elektrizitätslehre.....	20
2.5.1	Fahrradkettenmodell	20
2.5.2	Elektronengasmodell	21
2.5.3	Wasserkreislaufmodell	22
2.5.4	Stäbchenmodell.....	22
3	Fachliche Grundlagen	24
3.1	Serienschaltung/Reihenschaltung.....	24
3.2	Parallelschaltung	25
4	Forschungsdesign.....	27
4.1	Forschungsfragen	27
4.2	Forschungsablauf	27
4.3	Testinstrumente zur Evaluierung von Schülervorstellungen.....	28
4.3.1	Zweistufiger Test von Urban-Woldron und Hopf	28
4.3.2	Testinstrument von Rhöneck.....	28
4.3.3	DIRECT Test.....	28
4.4	Fragebogenerstellung	29
4.4.1	Frage 6	29
4.4.2	Fragen 1-5	30
4.4.3	Fragen 7, 9, 11, 12.....	30

4.4.4	Frage 8	33
4.4.5	Frage 10	33
4.4.6	Frage 13	34
4.5	Stundenplanungen	35
4.5.1	Stundenplanung – Frontalunterricht	35
4.5.2	Stundenplanung - Gruppenarbeit/Plenum	37
4.5.3	Stundenplanung – Einzelarbeit/Plenum	38
5	Durchführung	40
5.1	Durchführung der Unterrichtseinheiten und Tests	40
5.2	Allgemeine Informationen zu den Testgruppen	41
6	Auswertung	44
6.1	Auswertung der Fragen	44
6.1.1	Frage 6	45
6.1.2	Frage 7	47
6.1.3	Frage 8	55
6.1.4	Frage 9	57
6.1.5	Frage 10	60
6.1.6	Frage 11	64
6.1.7	Frage 12	68
6.1.8	Frage 13	70
6.2	Gesamtauswertung	73
6.2.1	Frontalunterricht	73
6.2.2	Gruppenarbeit	74
6.2.3	Einzelarbeit	75
6.2.4	Vergleich zwischen Mädchen und Buben beim Pre-Test	76
6.3	Interpretation der Ergebnisse	77
6.3.1	Pre-Test	77
6.3.2	Post-Test	77
6.3.3	Follow-up-Test	79
6.3.4	Diskussion	80
7	Zusammenfassung	82
8	Ausblick	85

9	Abbildungsverzeichnis	86
10	Tabellenverzeichnis.....	89
11	Literaturverzeichnis	90
12	Anhang.....	92

1 Einleitung

Für viele Lehrpersonen stellt sich am Anfang einer Stundenplanung die Frage: „Welches Unterrichtsverfahren nehme ich am besten für die jeweilige Sequenz zur Hand?“ Diese Frage wird in dieser Arbeit genauer im Hinblick auf die Parallel- und Serienschaltung in der Elektrizitätslehre untersucht. Natürlich ist die Wahl des Unterrichtsverfahrens stark vom zu vermittelnden Lerninhalt abhängig. Da es mittlerweile sehr viele verschiedene Möglichkeiten gibt, Unterrichtsinhalte Schülerinnen und Schülern näher zu bringen, zeigt diese Arbeit nur einen kleinen Teil auf. In der hier vorliegenden Arbeit werden in Kapitel 2 vor allem die gewählten Unterrichtsverfahren bzw. Sozialformen (Frontalunterricht, Gruppenarbeit und Einzelarbeit) genauer beleuchtet. Es folgt eine Zusammenfassung der Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre, welche das Vorwissen der Lernenden widerspiegeln. Im Anschluss werden die didaktische Analyse sowie die verschiedenen Modelle in der Elektrizitätslehre eingeführt. In Kapitel 3 folgt eine kurze Ausführung über das fachliche Grundwissen zu Reihen- und Parallelschaltungen. Anschließend werden in Kapitel 4 die Forschungsfragen, sowie die genaue Ausführung des Forschungsablaufes präsentiert. In diesem Kontext werden verschiedene Testinstrumente zur Evaluierung von Schülervorstellungen erläutert. In einem weiteren Unterkapitel wird der Fragebogen, welcher sowohl beim Pre-, Post- und Follow-up-Test verwendet wird, vorgestellt. Diese Tests dienen zur Messung des Vorwissens und des kurzfristigen und langfristigen Lernerfolgs. Weiters werden in Kapitel 4 die drei verschiedenen Stundenplanungen vorgestellt. In einer Klasse wird die Stundenplanung mit reinem Frontalunterricht abgehalten, in einer weiteren Klasse wird die Stundenplanung mit Gruppenarbeit und Plenum unterrichtet und in der dritten Klasse wird die Unterrichtseinheit mittels Einzelarbeit und Plenum abgehalten. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse des Pre, Post- und Follow-up-Tests evaluiert und die wichtigsten Ergebnisse in einer Auswertung dargestellt und interpretiert. In Kapitel 7 folgt eine Zusammenfassung und in Kapitel 8 ein kurzer Ausblick.

2 Fachdidaktischer Hintergrund

In diesem Kapitel wird auf die fachdidaktischen Aspekte eingegangen. Hierbei wird erklärt, was guten Unterricht kennzeichnet, die verschiedenen Sozialformen vorgestellt und auf die Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre eingegangen. Zudem werden in weiteren Unterkapiteln die didaktische Analyse und die unterschiedlichen Unterrichtsmodelle in der Elektrizitätslehre beleuchtet.

2.1 Was ist guter Unterricht?

Guter Unterricht ist oft schwer zu definieren. Jede Lehrperson plant ihren Unterricht auf individuelle Weise und präsentiert diesen in ihrer/seiner eigenen Art. Es gibt hierfür ein paar Richtlinien guten Unterrichts, welche in Abbildung 1 ersichtlich sind. Diese 13 Merkmale guten Unterrichts wurden von Reinders Duit (Duit & Wodzinski, 2006) niedergeschrieben.

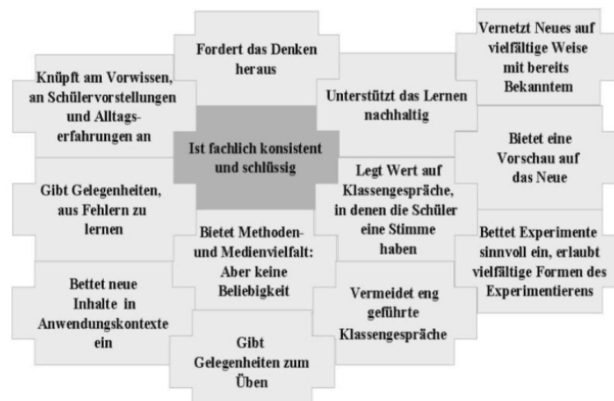


Abbildung 1: Merkmale guten Unterrichts (Duit & Wodzinski, 2006)

Auch Hilbert Meyer (Meyer, 1987) definierte Merkmale des guten Unterrichts. Er führte zusätzlich noch die intensive Nutzung der Lernzeit an. Beide Verfasser sprechen die Methodenvielfalt an. Guter Unterricht ist also eine Mischung aus den verschiedenen Unterrichtsverfahren bzw. Sozialformen und Methoden. In dieser Arbeit soll untersucht werden, welche der verschiedenen Unterrichtsverfahren sich am besten für das Unterrichtsthema „Reihen- und Parallelschaltung von Lämpchen“ eignen.

2.2 Sozialformen

Wie schon in Kapitel 2.1 beschrieben, steht folgende Frage in dieser Arbeit im Mittelpunkt: „Mit welcher Sozialform/ welchem Unterrichtsverfahren kann eine Lehrperson den Inhalt des Unterrichts am lernförderlichsten gestalten“. In Abbildung 2 ist ersichtlich, dass nach der Studie von Hage et al. (Hage, et al., 1985) der Frontalunterricht mit 76,86% über alle Fächer und Schulformen hinweg die meistverwendete Sozialform ist. Weit dahinter reihen sich die Einzelarbeit mit 10,24% und der Gruppenunterricht mit 7,43% ein. Hierbei handelt es sich um eine Studie von 1985. Götz et al. (Götz, Lohrmann, Ganser, & Haag, 2005) griffen die Studie neu auf und zeigten in ihrer Arbeit „Einsatz von Unterrichtsmethoden: Konstanz und Wandel?“, dass im Jahr 2005 eine wesentliche Abnahme des Frontalunterrichts auf 47,11% erfolgte. Im Gegensatz dazu, konnte bei der Einzelarbeit eine Zunahme auf 18,15% und bei der Gruppenarbeit eine Zunahme auf 13,42% registriert werden.

	Hage et al. (1985)	Vorliegende Studie
Frontalunterricht	76.86	47.11
Einzelarbeit	10.24	18.15
Partnerarbeit	2.8	15.64
Gruppenarbeit	7.43	13.42

Abbildung 2: Verbreitung von Sozialformen (Götz, Lohrmann, Ganser, & Haag, 2005)

Es besteht also ein klarer Trend in Richtung Methodenvielfalt im Unterricht. In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Sozialformen näher beschrieben.

2.2.1 Frontalunterricht

Die am häufigsten verwendete Unterrichtsform ist, wie Abbildung 2 ersichtlich, der Frontalunterricht. Diese Unterrichtform ist vor allem zur schnellen Vermittlung von Wissen geeignet. Hierbei kontrolliert die Lehrperson die Kommunikation und die Interaktion zwischen Lehrperson und Lernenden zueinander. Für die Lehrperson selbst ist die Vorbereitung des Frontalunterrichts weniger Aufwand, da für die Gruppenarbeit oft mehr Unterlagen erstellt werden müssen. Es gibt verschiedene Definitionen von Frontalunterricht, welche sich jedoch nicht maßgeblich voneinander unterscheiden. Gudjons (Gudjons H. , 2011, S. 24) unterscheidet zwischen zwei Arten des Frontalunterrichtes:

- Traditioneller Frontalunterricht: Dieser Frontalunterricht ist die einzige und somit auch Hauptsozialform im Unterricht. Er wird nach Gudjons auch als dominierender oder alleiniger Frontalunterricht bzw. als methodische Monokultur bezeichnet.
- Integrierter Frontalunterricht: Der „integrierte Frontalunterricht“ beschränkt sich nicht auf reinen Frontalunterricht. Hier gibt es auch immer wieder Phasen der eigenständigen, selbstverantworteten und selbstgesteuerten Arbeit.

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, lässt sich der Frontalunterricht nach Gudjons (Gudjons H. , 2011) in verschiedene didaktische Aspekte unterteilen:

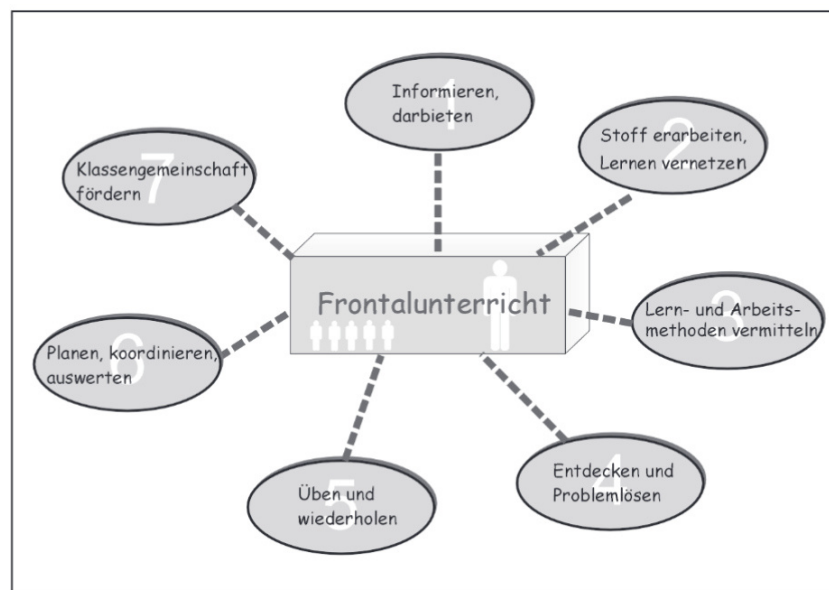


Abbildung 3: Didaktische Aspekte des Frontalunterrichtes (Gudjons H. , 2011)

Zunächst informiert die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler über Fachinhalte und Experimente. Im nächsten Schritt erfolgt das Erarbeiten des Stoffes und das Vernetzen des Gelernten. Es ist entscheidend, dass die Lerninhalte miteinander verknüpft werden, um langfristigen Lernerfolg sicherzustellen. Gudjons führt außerdem an, dass im Frontalunterricht das Entdecken und Problemlösen eine wichtige Rolle spielt. Hierbei stehen eigenständiges Arbeiten und das Lösen von Aufgaben im Vordergrund. Die Hattie-Studie (Hattie, 2009) legt nahe, dass dies durch einen gezielt gestalteten Frontalunterricht effektiver erreicht werden kann. In dieser Phase hat der Frontalunterricht den Zweck, durch angeleitete Aufgaben das selbstständige, entdeckende Lernen zu fördern. Es folgt das Üben und Wiederholen, bei dem die Lehrkraft ausreichend Übungsphasen einplant und diese angemessen kennzeichnet. Hierbei ist es wichtig, den Schülerinnen und Schülern zielgerichtete Übungsaufgaben zur Verfügung zu stellen. Die genaue und sorgfältige Planung des Unterrichts ist ein weiterer wichtiger Aspekt, der

in den Händen der Lehrkraft liegt. Schließlich hat der Frontalunterricht auch die Aufgabe, die Klassengemeinschaft zu fördern, indem die Lehrkraft ein geeignetes Lernumfeld schafft. (Gudjons H. , 2011)

Auch Meyer (Meyer, 1987) führt eine Definition von Frontalunterricht an:

„Frontalunterricht ist ein zumeist thematisch orientierter und sprachlich vermittelter Unterricht, in dem der Lernverband (die Klasse) gemeinsam unterrichtet wird und in dem der Lehrer – zumindest dem Anspruch nach – die Arbeits-, Interaktions- und Kommunikationsprozesse steuert und kontrolliert.“

(Meyer, 1987, S. 138)

Traditioneller Frontalunterricht hat nach Meyer (Meyer, 2011) folgende Eigenschaften:

- Die Lehrkraft hat die Kontrolle im Unterricht.
- Es gibt wenig Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern.
- Die Schülerinnen und Schüler halten den Blickkontakt mit der Lehrperson.
- Der Großteil des Unterrichts wird von sprachlichen Aspekten dominiert. Das heißt, der Redeanteil der Lehrperson ist in der Regel meist höher als von Schülerinnen und Schülern.
- Weitere Sozialformen werden nur zur methodischen Abwechslung eingesetzt.
- Der Frontalunterricht bestimmt den größten Teil des Schultages.
- Der Frontalunterricht gliedert sich in folgende Schritte:
 - Stundeneröffnung/Einstieg in das Thema bzw. Wiederholung
 - Darbieten, Erarbeiten oder Wiederholen des Lehrstoffes
 - Ergebnissicherung (Mitschrift, Tafel)
 - Hausaufgaben (abhängig vom Fach)

2.2.1.1 Vor- und Nachteile des Frontalunterrichts

Ein wesentlicher Vorteil des Frontalunterrichts ist, dass Lerninhalte schnell und einfach vermittelt werden können. Der Vorteil im Vergleich zur Einzelarbeit ist jener, dass sich Schülerinnen und Schüler das Wissen nicht durch mühsame Arbeit selbst aneignen müssen, sondern dieses auf effiziente Art und Weise vermittelt wird. Außerdem wird beim Frontalunterricht der Lerninhalt schnell und kompakt vermittelt. Diese schnelle und kompakte Vermittlung des Stoffes läuft aber Gefahr, nicht richtig aufgenommen zu werden und dass erworbenes Wissen schneller verloren geht, wie eine Studie von Harter et al. im Jahr 2009 zeigte (Harter, Schellberg, Möltner, & Kadmon, 2009). Außerdem muss sich die Lehrperson viel

intensiver mit den Schülervorstellungen auseinandersetzen um auch nachvollziehen zu können, welche Lernschwierigkeiten auftreten können. Eine Präsentation muss sorgfältig und mindestens so aufwändig wie z.B. eine Gruppenarbeit vorbereitet werden. „Wer glaubt, eine Wissensvermittlung mit darbietenden Methoden ist schneller vorzubereiten, geht in die Irre“ (Mikelskis-Seifert & Rabe, 2010, S. 97). Für die Lehrperson ist diese Sozialform auch im Unterrichtsgeschehen viel anstrengender, da sie wie ein Dauerakteur agieren muss. Ein weiterer Nachteil des Frontalunterrichtes ist, dass der Frontalunterricht oft dem sogenannten „Lehr-Lern-Kurzschluss“ unterliegt. Damit ist gemeint, dass Lehrende davon ausgehen, ihre Lehrmethoden hätten zu erfolgreichen Lernprozessen bei Schülerinnen und Schülern geführt (Wiechmann, 2011; S. 26). Es gibt Momente, in denen aus pragmatischen und organisatorischen Gründen die Nutzung anderer sozialer Formen nicht empfehlenswert ist. Kircher et al. (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015, S. 187) betonen die Notwendigkeit des Frontalunterrichts im Physikunterricht, insbesondere dann, wenn:

- *große Klassen nicht in kleinere Lerngruppen aufgeteilt werden können,*
- *eine angemessene Ausstattung nicht vorhanden ist,*
- *durchführbare Schülerexperimente durch Vorschriften eingeschränkt sind (z.B. im Bereich der Kernphysik),*
- *die Möglichkeit besteht, attraktive Demonstrationsversuche durchzuführen.*

2.2.2 Gruppenunterricht/Gruppenarbeit

Der Begriff „Gruppenunterricht“ wurde von Johann Friedrich Herbart im 19. Jahrhundert definiert (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015, S. 191). Gruppenunterricht/Gruppenarbeit oder auch Teamarbeit wird als Unterrichtsform definiert, welche im Klassenverband mit nicht mehr als 5 Schülerinnen und Schülern durchgeführt wird (Weidner, 2003, S. 120). Diese Schülerinnen und Schüler müssen in Gruppen einen Arbeitsauftrag eigenständig lösen oder auch eine Diskussion führen. Die Gruppenarbeiten finden oft im gleichen Raum mit einer Lehrperson statt. Die Aufgabenstellungen stehen dabei im direkten Unterrichtszusammenhang und zielen darauf ab, die Kooperationsfähigkeit zu fördern und gemeinsame Problemlösungen zu unterstützen.

2.2.2.1 Vor- und Nachteile des Gruppenunterrichts/Gruppenarbeit

Viele Befürworter des Gruppenunterrichtes sind sich immer noch nicht darüber einig, welche Vorteile dem Gruppenunterricht vorrangig zugesprochen werden können. Einige wichtige Vorteile des Gruppenunterrichts fasst Gudjons (Gudjons H. , 2011) zusammen:

Ein wichtiger Vorteil der Gruppenarbeit ist es, dass Schülerinnen und Schüler in der Gemeinschaft lernen, Selbstvertrauen aufzubauen und zu bemerken, dass sie für andere wichtig sind, da sie einen wesentlichen Beitrag im Gruppenunterricht leisten. Ein wesentliches Ziel der Gruppenarbeit ist es also, Selbstständigkeit im Denken, Fühlen und Handeln zu erreichen und gleichzeitig auf andere Acht geben und andere Meinungen zu akzeptieren. Schülerinnen und Schüler fühlen sich außerdem nicht hilflos oder auf sich allein gestellt. Sie arbeiten hierbei aktiv an ihrer Sozialkompetenz und fördern so die soziale Beziehung innerhalb der Klasse. Auch haben Schülerinnen und Schüler, welche beim Frontalunterricht nicht so eine hohe Aktivität aufweisen, eine höhere Chance sich aktiv am Gruppenunterricht zu beteiligen.

Ein wesentlicher Nachteil des Gruppenunterrichts ist, dass dieser mit mehr Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit für die Lehrkraft verbunden ist (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015). Außerdem besteht beim Gruppenunterricht die Gefahr, dass manche Schülerinnen und Schüler sich mehr als andere einbringen und somit den Großteil der Arbeit leisten während andere passiv daran teilnehmen (Hartmann, Näf, & Reichert, 2006).

2.2.3 Einzelarbeit

Da schon lange bekannt ist, dass es keine leistungshomogenen Gruppen aufgrund von genetischen und sozialen Faktoren geben kann, ist Einzelarbeit eine gute Methode, Lerninhalte den Schülerinnen und Schülern näher zu bringen. Jede Schülerin / jeder Schüler geht hier allein für sich den Lernaufgaben nach. In der gegenwärtigen didaktischen Diskussion wird die Bedeutung dieser Lernform unterschätzt und vernachlässigt (Peterßen, 2009). Gerade unter Verwendung von Distance-Learning rückt diese Sozialform immer mehr in den Vordergrund. Schülerinnen und Schüler müssen sich daheim oft selbstständig die Inhalte der Stunde mittels Arbeitsblätter erarbeiten bzw. auch im Internet die Lerninhalte recherchieren.

2.2.3.1 Vor- und Nachteile der Einzelarbeit

Die Vorteile der Einzelarbeit sind, dass Schülerinnen und Schüler das selbständige Arbeiten erlernen, die Konzentration gefördert wird und die Lerninhalte durch die intensive

Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff vertieft und gefestigt werden. Weiters kann bei erfolgreicher Einzelarbeit das Interesse am Fach Physik gefördert, aber bei sich häufendem Misserfolg auch das Gegenteil bewirkt werden (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015). Ein wesentlicher Nachteil der Einzelarbeit ist, dass die Sozialkompetenz bzw. die Teamarbeit hier nicht gefördert werden. Auch der Aufwand für die Lehrperson bei der Erstellung der Arbeitsblätter ist erhöht.

2.2.4 Fazit Sozialformen

Nach Gudjons (Gudjons H. , 2011) gibt es keine beste Lernmethode für jede Situation. Manche Lernmethoden eignen sich für die Erreichung bestimmter Unterrichtsziele besser als andere (Terhart, 2009, S. 85). Wichtig ist es auf jeden Fall, eine dynamische Balance zwischen den Sozialformen bzw. Unterrichtsverfahren zu finden.

2.3 Was sind Schülervorstellungen?

Schülervorstellungen sind für eine Lehrperson eine wichtige Quelle, welche zur Vorbereitung der Unterrichtseinheit zur Hand genommen werden. Laut Wodzinski (Wodzinski, 1996) sind Schülervorstellungen wie folgt definiert:

“...damit [ist] ganz allgemein das Verständnis der Schülerinnen und Schüler vor dem Unterricht gemeint [...]“ (Wodzinski, 1996, S. 15)

Das heißt, Schülerinnen und Schüler kommen schon mit einer bestimmten Vorstellung über verschiedene Phänomene und Prinzipien, welche sie aus ihrem Alltag kennen, in den Unterricht. Oft wissen sie nicht, dass es sich dabei um Fehlvorstellungen handelt, welche nicht mit den wissenschaftlichen Gegebenheiten übereinstimmen.

2.3.1 Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre

Schülervorstellungen bzw. „Fehlvorstellungen“ kommen fast in allen Gebieten der Physik vor. In den folgenden Absätzen werden die Schülervorstellungen aus der Elektrizitätslehre vorgestellt. Diese wurden zum Großteil den Büchern „Schülervorstellungen und Physikunterricht“ (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018), „Schülervorstellungen in der Physik“ (Müller, Wodzinski, & Hopf, 2004/2011), „Physikdidaktik kompakt“ (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015) und „Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012) entnommen.

2.3.1.1 Kategorisierung von elektrischem Strom als Substanz und nicht als Vorgang/Prozess

Der elektrische Strom ist ein physikalischer Prozess, bei dem elektrische Ladungsträger durch ein System fließen. Es ist wichtig zu beachten, dass der Begriff „Strom“ ausschließlich während dieses Flusses verwendet wird und sich auf die Bewegung der Ladungsträger bezieht. Oft verwenden Schülerinnen und Schüler den Begriff jedoch auch fälschlicherweise, um die elektrische Ladung selbst zu beschreiben, ohne eine klare Unterscheidung zwischen den beiden vorzunehmen. In einer Batterie ist demnach Strom gespeichert (ruhende Substanz). Die häufige Verwendung von Formulierungen wie „Es fließt Strom durch das Lämpchen“ trägt zur Verwirrung bei und unterstützt diese falsche Kategorisierung. Diese Fehlinterpretation von Strom als eine fließende Substanz, die manchmal auch ruht, erschwert auch die Abgrenzung von Spannung und Stromstärke. (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015)

2.3.1.2 Strom wird verbraucht

Bei einer bekannten Schülervorstellung haben Schülerinnen und Schüler oft die Vorstellung, dass Strom (so wie Treibstoff) verbraucht wird. Hierbei wird der Strom durch das Lämpchen oder den Widerstand im Stromkreis verbraucht. Diese Brennstoff-Vorstellung kann mit der Alltags-Energievorstellung verknüpft sein, bei der nicht die Energie im physikalisch korrekten Sinn als erhalten betrachtet wird, sondern ebenso erzeugt und wieder verbraucht wird. (Urban-Woldron & Hopf, 2012)

2.3.1.3 Stromstärke und Spannung sind im Wesentlichen das Gleiche

Viele Schülerinnen und Schüler können nicht zwischen Stromstärke und Spannung unterscheiden. *„Spannung wird oft als eine Eigenschaft des Stroms angesehen, genauer gesagt als seine Stärke (nicht im physikalischen Sinne als durch den Querschnitt strömende Ladungsmenge pro Zeit) im Sinne der Wirkungsmächtigkeit“.* (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015, S. 43)

2.3.1.4 Batterie als konstante Stromquelle / Konstantstromquelle

Bei dieser Vorstellung liefert die Batterie immer den gleichen Strom, unabhängig vom Widerstand im Stromkreis. Diese Fehlvorstellung kann durch die Verwendung des Begriffes „Stromquelle“ statt „Spannungsquelle“ induziert sein. (Urban-Woldron & Hopf, 2012)

Wird einem Lämpchen parallel ein zweites zugeschaltet, haben viele Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass das erste Lämpchen schwächer leuchtet, weil der Batteriestrom jetzt auf zwei Lämpchen verteilt wird (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015). Diese Fehlvorstellung wird

von den Schülerinnen und Schülern oft in der Formulierung „Der Strom bleibt immer konstant“ oder „Der Batteriestrom bleibt immer konstant“ wiedergegeben (von Rhöneck & Grob, 1989).

2.3.1.5 Vorstellung zum elektrischen Widerstand

In der Literatur wird häufig von Fehlvorstellungen gesprochen, die Schülerinnen und Schüler bezüglich des elektrischen Widerstands haben. Insbesondere die sogenannte inverse Widerstandsvorstellung ist weit verbreitet, bei der angenommen wird, dass ein größerer Widerstand zu einem höheren Strom führt. (von Rhöneck & Grob, 1989)

2.3.1.6 Lokale und sequentielle Argumentation

Schülerinnen und Schüler neigen dazu, den elektrischen Strom in einer Schaltung auf einzelne Punkte zu reduzieren und anzunehmen, dass der Stromfluss an jeder Verzweigung entscheidet, wie er sich weiterverhält. Sie teilen die Ströme an den Verzweigungspunkten so auf, als wüsste der Strom nicht, was im restlichen Stromkreis geschieht. Sowohl die lokale Denkweise als auch die sequentielle Argumentation berücksichtigen nicht die gesamte Schaltung in ihrer Betrachtung. Bei der sequentiellen Argumentation wird darauf geschlossen, dass der Stromfluss an einem Batterieanschluss beginnt und sich dann nacheinander durch die Kabel und Geräte bewegt. Schülerinnen und Schüler erwarten beispielsweise, dass eine Erhöhung des Widerstands vor einem Lämpchen zu einer schwächeren Beleuchtung führt. Wenn jedoch der Widerstand nach dem Lämpchen erhöht wird, nehmen sie an, dass dies keinen Einfluss auf die Helligkeit des Lämpchens hat. (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015)

2.3.1.7 Schülervorstellungen bei der Parallel- und Serienschaltung

Schülerinnen und Schüler haben beim Erfassen von Parallel- und Serienschaltungen Probleme, zwischen Parallel- und Serienschaltungen zu unterscheiden. Es wird geglaubt, dass alle angeschlossenen Bauteile mit der gleichen Stromstärke versorgt werden, unabhängig von der Anzahl der Bauteile. Oft werden auch parallel geschaltete Bauteile nicht erkannt, wenn die geometrischen Eigenschaften nicht klar erkennbar sind. Weiters ist es eher schwer für Schülerinnen und Schüler einen realen Stromkreis mittels eines gegebenen Schaltbildes aufzubauen. (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018)

2.3.2 Zusammenfassung – Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre

Die nachstehende Tabelle stellt einen Überblick von Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre dar. Die Tabelle stammt aus dem Artikel „Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012).

Tabelle 1: Schülervorstellungen entnommen aus „Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012)

Schülervorstellungen	Abk.	Beschreibung
Strom wird verbraucht	SV	Vorstellung, dass der Strom in der Batterie gespeichert ist, dann zur Lampe fließt und dort schließlich zumindest teilweise verbraucht wird.
Batterie als konstante Stromquelle	BS	Die Batterie wird als Quelle für einen konstanten Strom gesehen. Bei der Entwicklung des Verständnisses zum elektrischen Widerstand, sowie beim Erfassen eines Stromkreises als System kann sich diese Vorstellung hinderlich auswirken.
Inverse Widerstandsvorstellung	IR	Bei der Vergrößerung des Widerstandes in einer Schaltung erhöht sich auch die Stromstärke durch diesen Widerstand.
Stromstärke ist unabhängig von R	UR	Die Veränderung eines Widerstandes wirkt sich nicht auf die Stromstärke aus.
Stromverbrauch ist proportional zu R	PR	Typische Fehlvorstellung für die Reihenschaltung ist meist die mit der Stromverbrauchsvorstellung verknüpfte sequenzielle Argumentation, dass die Stromstärke bei Vergrößerung des Widerstandes kleiner wird, da ein größerer Widerstand mehr Strom verbraucht.
Lokales Denken	LD	An einem Verzweigungspunkt wird eine Aufspaltung des Stromes in gleiche Teile erwartet. Damit wird die Stromstärke nicht als Folge der vorhandenen Widerstände und der anliegenden Spannungen gesehen.
Sequenzielle Argumentation	SA	Wird in einer Reihenschaltung ein Widerstand geändert, so wirkt sich das auf die Stromstärke „vor“ diesem Widerstand nicht aus, sondern nur auf die Stromstärke „nach“ dem Widerstand.
Erfassen von Parallelschaltungen	PS	Parallel geschaltete Widerstände müssen im Schaltbild auch tatsächlich parallel zueinander gezeichnet sein, damit sie als solche erkannt werden.

2.4 Didaktische Analyse

Die didaktische Analyse stellt eine wichtige Methode für Lehrpersonen dar, um den Unterricht vorzubereiten. Dabei werden vor Beginn mehrerer Unterrichtssequenzen die Ziele und Inhalte des Unterrichts genauer betrachtet. Wolfgang Klafki, ein einflussreicher Erziehungswissenschaftler, bezeichnete die didaktische Analyse als das "Kernstück der Unterrichtsvorbereitung" (Klafki, 1969). Eine gute didaktische Analyse beinhaltet Informationen darüber, warum das Thema für den Unterricht geeignet ist, welche Lernziele durch das Thema erreicht werden können und wie das Fachwissen zum Thema vereinfacht werden kann (didaktische Reduktion) (Klafki, 1969). Im Anhang ist eine didaktische Analyse für die jeweiligen Sequenzen des Anfangsunterrichts und der Parallel- und Serienschaltung in der Elektrizitätslehre zu finden.

2.5 Modelle in der Elektrizitätslehre

Besonders in der Elektrizitätslehre gibt es viele Wege, die Lerninhalte den Schülerinnen und Schülern näherzubringen. Wie schon im Kapitel 2.3 behandelt, gibt es viele Fehlvorstellungen zu diesem Thema. Um diese Fehlvorstellungen zu revidieren, werden oft Modelle zur Veranschaulichung des „elektrischen Stromes bzw. der elektrischen Spannung“ verwendet. Da man Strom nicht sieht und auch nicht angreifen kann, werden diese Modelle von vielen Fachdidaktikern für den Einsatz im Unterricht empfohlen. Für den Anfangsunterricht eignen sich vor allem das Fahrradkettenmodell, das Elektronengasmodell, das Wasserkreislaufmodell, oder auch das Stäbchenmodell. Im Buch „Schülervorstellungen und Physikunterricht“ (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018) wird empfohlen, das Fahrradkettenmodell zur Thematisierung der Energieübertragung in einer Reihenschaltung zu verwenden. Bei der Behandlung in Parallel- und Reihenschaltung hat sich das Elektronengasmodell am besten bewährt. (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018)

2.5.1 Fahrradkettenmodell

Mittels des Fahrradkettenmodells kann ein elektrischer Stromkreis gut für Schülerinnen und Schüler visualisiert werden. Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, stellt die Fahrradkette hier einerseits den elektrischen Leiter und andererseits auch den Elektronenstrom dar. Die Spannungsquelle wird mittels der Pedale realisiert und der elektrische Widerstand mittels der Bremse bzw. eines Bremsklotzes. Ein wesentlicher Vorteil dieses Analogiemodells ist, dass viele Schülerinnen und

Schülern schon mit Fahrrädern im Alltag zu tun hatten und sich somit auch einen Stromkreis besser vorstellen können. (Burde & Wilhelm, 2016)

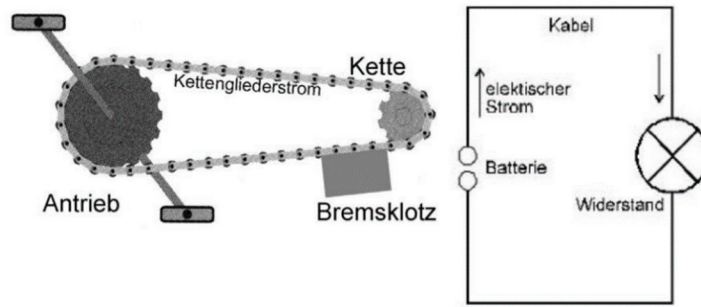


Abbildung 4: Analogiemodell Fahrradkette (Burde, et al., 2018)

2.5.2 Elektronengasmodell

Das von Jan-Philipp Burde und Thomas Wilhelm (Burde & Wilhelm, 2016) entwickelte Elektronengasmodell soll die Begriffe Spannung, Stromstärke und Widerstand sowie ihre wechselseitige Beziehung in einfachen Stromkreisen für Schülerinnen und Schüler so anschaulich wie möglich darbieten. Das elektrische Potenzial stellt den Luftdruck bzw. den sogenannten „elektrischen Druck“ in einem Leiter und die elektrische Spannung dementsprechend den „elektrischen Druckunterschied“ dar. Dieses Unterrichtskonzept wurde in einer Studie mit 790 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Im Vergleich zum traditionellen Physikunterricht wurde mittels dieses Konzeptes ein deutlich höherer Lernzuwachs erreicht. (Burde & Wilhelm, 2016)

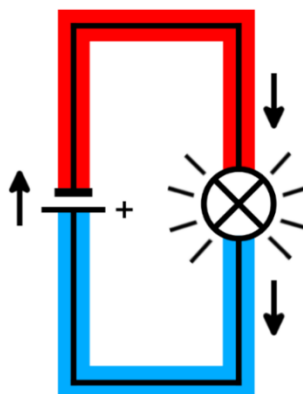


Abbildung 5: Elektronengasmodell (Burde, et al., 2018)

2.5.3 Wasserkreislaufmodell

Im Einführungsunterricht der Elektrizitätslehre wird oft das Wasserkreislauf-Modell verwendet, um elektrische Konzepte zu veranschaulichen. Dieses Modell besteht aus einem geschlossenen Stromkreislauf mit Wasserrohren, einer Wasserpumpe und einem Wasserrad. Die Wasserpumpe fungiert als Spannungsquelle, das Wasserrad als elektrischer Widerstand, und die Wasserstromstärke entspricht der elektrischen Stromstärke. Der Druck im Wasser entspricht dem elektrischen Potenzial, und der Druckunterschied am Wasserrad entspricht dem Potenzialunterschied an einem elektrischen Widerstand.

Dieses Modell ist für Schülerinnen und Schüler anschaulich, da der Wasserstrom sichtbar ist und es ermöglicht Reihen- und Parallelschaltungen zu zeigen. Allerdings können Alltagserfahrungen dazu führen, dass falsche Vorstellungen über elektrische Stromkreise entstehen. Im Alltag fließt Wasser normalerweise nicht im Kreis, sondern teilt sich an Verzweigungen auf, hat unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten und kann sich stauen. Wenn diese Erfahrungen auf den elektrischen Stromkreis übertragen werden, kann dies zu Missverständnissen führen und die lokale und sequenzielle Argumentation begünstigen. (Burde & Wilhelm, 2017)

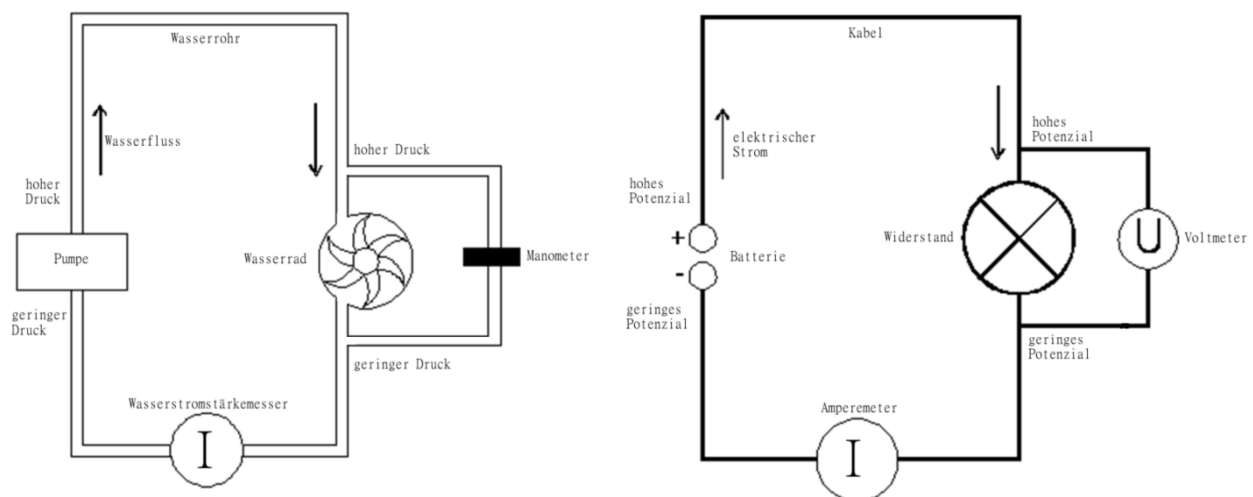


Abbildung 6: Wassermodell (Burde & Wilhelm, 2017)

2.5.4 Stäbchenmodell

Das Münchner Stäbchenmodell und in einer abgewandelten Form das Mauermodell, sind abstraktere Varianten der Höhenanalogie, die sich in Studien als effektive Lernwerkzeuge erwiesen haben. Beim Stäbchenmodell werden jedem Bauteil im elektrischen Stromkreis zwei Stäbchen zugeordnet, deren Höhe das elektrische Potenzial vor und nach dem Bauteil darstellt

(siehe Abbildung 7). Da die Spannung bzw. die Potenzialdifferenz immer einer Höhendifferenz entspricht, können Spannungen in Parallel-, Reihen- und gemischten Schaltungen einfach analysiert werden. (Burde & Wilhelm, 2017)

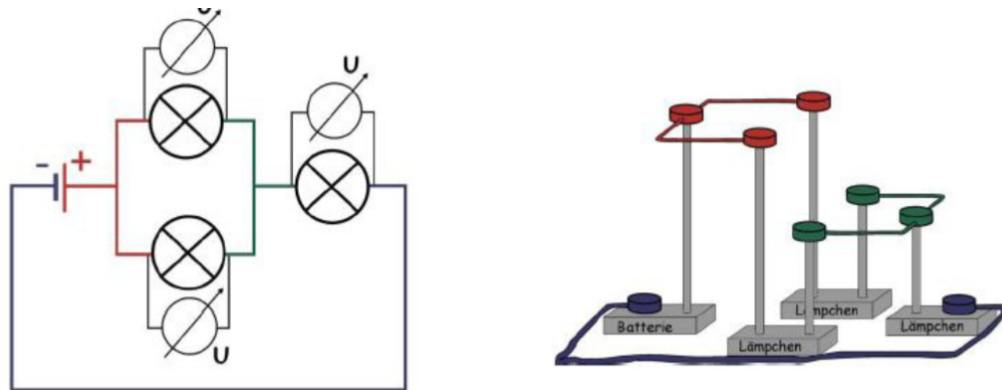


Abbildung 7: Stäbchenmodell (Burde & Wilhelm, 2017)

3 Fachliche Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Parallel- und die Serienschaltung fachlich kurz erläutert. Je nach gewählter Methode oder Unterrichtsstil kann die Vermittlung der Inhalte abweichen, die fachlichen Grundlagen bleiben aber immer gleich.

3.1 Serienschaltung/Reihenschaltung

Die Grundlagen zur Serienschaltung wurden aus Kuhn (Kuhn, 1990, S. 263-264) entnommen. Wenn elektrische Geräte oder Widerstände hintereinander geschaltet werden (ohne Verzweigung), so spricht man in diesem Fall von Serienschaltungen oder auch Reihenschaltungen. Ein sehr bekanntes Beispiel dazu ist z.B. die Christbaumkette. Wenn die Lämpchen nacheinander (in Serie) geschaltet sind und ein Lämpchen aus der Kette entnommen wird, so erlöschen alle anderen Lämpchen

In Abbildung 8 handelt es sich um eine Reihenschaltung – die Widerstände bzw. die Glühlampen sind hintereinander geschaltet. Es fließt jedes Ladungsteilchen durch den Widerstand R_1 und somit auch durch die Widerstände R_2 und R_3 . Folglich fließt durch jedes Bauelement der gleiche Strom I .

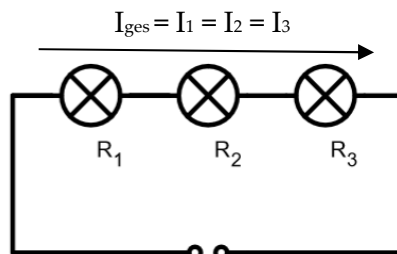


Abbildung 8: Reihenschaltung

Es gilt also:

Bei der Reihenschaltung von Widerständen ist die Stromstärke überall gleich:

$$I_{ges} = I_1 = I_2 = I_3$$

In einer Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand R_{ges} gleich der Summe der hintereinandergeschalteten Einzelwiderstände:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3$$

Außerdem gilt:

Werden die Teilspannungen U_1, U_2, U_3 an den Widerständen gemessen und anschließend addiert, so ergibt dies die Gesamtspannung U_{ges} .

Es gilt also:

Bei der Reihenschaltung von Widerständen R_1, R_2, R_3 liegen an diesen die Teilspannungen

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_3 = IR_3$$

Die Summe der Teilspannungen ist gleich der angelegten Gesamtspannung:

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3$$

Weiters gilt, dass am größten Widerstand die größte Teilspannung liegt. Für die überall gleiche Stromstärke I gilt also:

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

Hieraus ergibt sich:

In der Reihenschaltung verhalten sich zwei Teilspannungen wie die entsprechenden Teilwiderstände:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

3.2 Parallelschaltung

Die Grundlagen zur Parallelschaltung wurden aus Kuhn (Kuhn, 1990, S. 261-262) entnommen. Im Haushalt können durch den Einsatz der Parallelschaltung alle elektrischen Geräte unabhängig voneinander betrieben werden. Bei der Parallelschaltung wird durch das Abklemmen eines Gerätes der Strom zu den übrigen Geräten nicht unterbrochen. In Abbildung 9 handelt es sich um eine Parallelschaltung – die Widerstände bzw. die Glühlampen sind parallel zueinander geschaltet. Wie in Abbildung 9 ersichtlich, teilt sich der gesamte Strom I in drei Zweige auf.

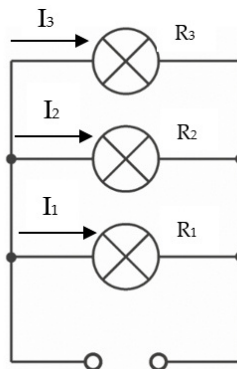


Abbildung 9: Parallelschaltung

Daraus ergibt sich das 1. Kirchhoffsche Gesetz:

Bei der Parallelschaltung ist die Gesamtstromstärke gleich der Summe der Teilstromstärken:

$$I_{ges} = \frac{U}{R} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N$$

Wenn Widerstände parallel geschaltet werden, dann liegt an jedem Widerstand die gleiche Spannung an. Es gilt aufgrund des Ohm'schen Gesetzes ($I = \frac{U}{R}$):

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Dividieren wir nun die Gleichung $I_1 = \frac{U}{R_1}$ und $I_2 = \frac{U}{R_2}$, so erhalten wir das 2. Kirchhoffsche Gesetz:

Bei der Parallelschaltung zweier Widerstände verhalten sich die Teilströme umgekehrt wie die entsprechenden Zweigwiderstände:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Der Gesamtwiderstand in Abhängigkeit von den Teilwiderständen lässt sich folgendermaßen berechnen:

Werden folgende Gleichungen

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

in die Formel für die Gesamtstromstärke eingesetzt, erhalten wir:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Indem nun durch die gesamte Spannung dividiert wird, erhalten wir:

Der Kehrwert $\frac{1}{R_{ges}}$ des Gesamtwiderstandes R_{ges} bei einer Parallelschaltung ist gleich der Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

4 Forschungsdesign

In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen und der Forschungsablauf behandelt. Außerdem werden die verschiedenen Testinstrumente genauer erläutert, welche zur Erstellung der Fragebögen herangezogen wurden.

4.1 Forschungsfragen

Nachfolgend werden die Forschungsfragen F1 und F2 vorgestellt, welche in dieser Arbeit behandelt werden.

F1: Welche Vorstellungen haben die Schülerinnen und Schüler vor der Unterrichtseinheit zu Reihen- und Parallelschaltungen? Welche Vorstellungen sind nach der Einheit geblieben?

F2: Wie wirken sich die verschiedenen Unterrichtsverfahren auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern aus? Hatten manche Unterrichtsverfahren eine bessere Wirkung auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bzw. können Schülerinnen und Schüler mit einem bestimmten Verfahren die Lerninhalte besser aufnehmen? Mit welchem Unterrichtsverfahren ist eine langfristige Sicherung der Lerninhalte möglich?

4.2 Forschungsablauf

In dieser Studie wird der Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern der 7. Schulstufe in Bezug auf die Vermittlung der Inhalte der Reihen- und Parallelschaltung mit Lämpchen untersucht. Die empirische Studie wird an einem Gymnasium in Österreich durchgeführt. Um die Anonymität der Schülerinnen und Schüler zu wahren, werden die Klassen mit 3A, 3B und 3C bezeichnet.

Zu Beginn erfolgt ein Pre-Test, bei welchem die Schülerinnen und Schüler noch über keinerlei Vorwissen bezüglich der Elektrizitätslehre verfügen und somit die Konzepte von Strom, Spannung und Widerstand noch nicht kennengelernt haben. Nach diesem ersten Schritt wird das Thema „Reihen- und Parallelschaltungen“ mittels unterschiedlicher Unterrichtsmethoden implementiert. Die Klasse 3A erhält Frontalunterricht, während die Schülerinnen und Schüler der Klasse 3B die Inhalte in Gruppenarbeit und die Schülerinnen und Schüler der Klasse 3C die Inhalte in Einzelarbeit erarbeiten. Diese Unterrichtsformen werden in drei Einheiten abgehalten. In der dritten Einheit wird sowohl für die Gruppen- als auch für die Einzelarbeit in einer Plenumsdiskussion der Lehrstoff weiter vertieft. Anschließend wird der Post- Test durchgeführt.

Im Anschluss an den Post-Test wird der Unterricht mit einem anderen Thema, in diesem Fall elektrische Leistung und Arbeit, fortgeführt. Vier bis fünf Wochen nach Durchführung des Post-Tests wird ein Follow-up-Test durchgeführt, um zu evaluieren, ob die Schülerinnen und Schüler einen langfristigen Lernerfolg erzielen konnten.

4.3 Testinstrumente zur Evaluierung von Schülervorstellungen

Um herauszufinden, welche Fehlvorstellungen Schülerinnen und Schüler haben, wurden in der Vergangenheit schon einige Testinstrumente entwickelt. Nachfolgend werden 4 Testinstrumente in der Elektrizitätslehre zur Evaluierung von Schülervorstellungen vorgestellt.

4.3.1 Zweistufiger Test von Urban-Woldron und Hopf

Dieses Testinstrument zur Elektrizitätslehre wurde von den beiden Fachdidaktikern Hildegard Urban-Woldron und Martin Hopf im Jahr 2012 entwickelt. Hierbei sollten die von ihnen definierten Schülervorstellungen genauer untersucht werden. Bei diesem Testinstrument wurde besonders Wert auf eine zweistufige Fragestellung gelegt. Schülerinnen und Schüler sollen hier die in Stufe 1 gewählte Antwort in der zweiten Stufe begründen. Manche Fragestellungen wurden auch aus dem Rhöneck (von Rhöneck, 1986) - bzw. Direct-Test (Engelhardt & Beichner, 2004) entnommen. In der ersten Version enthält das Testinstrument insgesamt 30 Fragen zu den Vorstellungen von Stromverbrauch, konstanter Batteriestrom, lokale und sequentielle Vorstellung, systemischer Charakter eines Stromkreises und Erfassen von Parallelschaltungen in Schaltskizzen. (Urban-Woldron & Hopf, 2012)

4.3.2 Testinstrument von Rhöneck

Beim Testinstrument von Rhöneck wurden insgesamt 414 (136 schwedische, 189 französische und 89 württembergische Gymnasiasten) Schüler und Schülerinnen der zehnten Schulstufe befragt (von Rhöneck, 1986). Insgesamt besteht der Test aus zwölf Fragen bzw. Aufgaben. Diese Aufgaben sind zumeist durch Ankreuzen, manche auch durch Einsetzen von Werten zu lösen. Die meisten Aufgaben sind einstufig (ohne Begründung) gestaltet.

4.3.3 DIRECT Test

Der Direct Test wurde von Engelhardt und Beichner (Engelhardt & Beichner, 2004) im Jahr 2004 erstellt. Der Test besteht aus insgesamt 29 Fragen und behandelt Gleichstromkreise, welche die

Themen Aufbau von Stromkreisen, Energie, Stromstärke, Spannung und Potenzialdifferenz inkludiert. (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018, S. 133)

4.4 Fragebogenerstellung

Für die Erstellung der Pre-, Post- und Follow-up-Tests wurden hauptsächlich Fragen aus den oben genannten Testinstrumenten verwendet. Einige Fragen wurden auch von der Autorin selbst erstellt. Alle drei Fragebögen bestehen aus denselben Fragen, die Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten wurde variiert, um eine Verfälschung der Testergebnisse zu vermeiden. Der Pre-, Post- und Follow-up-Test besteht aus einer Kombination von Multiple-Choice Fragen und offenen Fragen. Manche Fragen sind in zwei Stufen aufgebaut: In der ersten Stufe werden den Schülerinnen und Schülern Multiple-Choice Fragen gestellt, in der zweiten Stufe werden sie gebeten, ihre Antwort zu begründen. Jeder Test besteht aus dem gleichen Fragebogen, der ungefähr 15 Minuten pro Klasse beansprucht und vollständig anonym durchgeführt wird. Vor dem Test wird das Einverständnis eines Erziehungsberechtigten eingeholt und Schülerinnen und Schülern wird erklärt, zu welchem Zweck dieser Test durchgeführt wird. Im Pre-Test wird das vorhandene Wissen der Schülerinnen und Schüler erfasst. Wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, bringen Schülerinnen und Schüler oft bereits Vorkenntnisse und möglicherweise auch Fehlvorstellungen mit in den Unterricht. Der Post-Test dient der Überprüfung des Wissenszuwachses und soll herausfinden, welches der drei Unterrichtsverfahren am besten geeignet ist, um die zu vermittelnden Inhalte zu unterstützen. Der Follow-up-Test wird etwa 4-5 Wochen nach dem Post-Test durchgeführt. Dabei wird ermittelt, mit welchem Unterrichtsverfahren die Schülerinnen und Schüler die Lerninhalte am besten behalten konnten und ob dies mit den Ergebnissen des Post-Tests korreliert. Im Anhang ist der Fragebogen zu finden, der bei den verschiedenen Tests verwendet wurde.

4.4.1 Frage 6

In Frage 6 wird auf die Schülervorstellung „Strom wird verbraucht“ eingegangen. Es wird hierbei die Verwechslung von elektrischem Strom und elektrischer Energie (wie in den Schülervorstellungen angeführt) behandelt. In dieser Frage werden keine Parallel- und Serienschaltungen behandelt. Sie dient als Einstiegsfrage, um das grundlegende Verständnis der Schülerinnen und Schüler zu Stromkreisen zu überprüfen. Die Frage wurde aus dem Buch „Schülervorstellungen in der Physik“ von (Müller, Wodzinski, & Hopf, 2004/2011) übernommen.

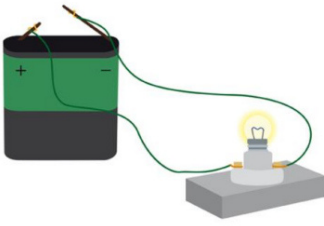
6) Kreuze die richtige Antwort an!	
a) ☐ Die Lampe verbraucht den elektrischen Strom vollständig.	
b) ☐ Die Lampe verbraucht ein bisschen den elektrischen Strom.	
c) ☐ Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	
(Siemens Stiftung, 2015)	

Abbildung 10: Frage 6 - Wird der Strom verbraucht? (von Rhöneck, 1986)

4.4.2 Fragen 1-5

Die ersten Fragen (Frage 1 - 5) dienen der Erfassung von allgemeinen Informationen der Schülerinnen und Schüler. Die Frage zum Geschlecht (Frage 1), zur Muttersprache (Frage 3) und zum eventuellen Wiederholen einer Klassenstufe (Frage 4) sind dabei von Interesse. Diese Informationen ermöglichen es, bei der Auswertung Rückschlüsse auf geschlechtsspezifische Verständnisweisen zu ziehen sowie mögliche Verständigungsschwierigkeiten bei Schülerinnen und Schülern, deren Muttersprache nicht Deutsch ist, oder vorhandenes Vorwissen bei Schülerinnen und Schülern, welche die 3. Klasse bereits wiederholt haben, zu berücksichtigen.

1) Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich	2. Wie alt bist du? _____
3) Ist deine Muttersprache Deutsch? ☐ ja ☐ nein	4. Hast du die 3. Klasse schon einmal wiederholt? Wenn ja, in welchem Fach? ☐ ja, in _____ ☐ nein
5) In welche Klasse gehst du (z.B.: 3a)?	

Abbildung 11: Fragen 1 - 5 - Allgemeine Fragen am Fragebogen

4.4.3 Fragen 7, 9, 11, 12

Die Fragen 7, 9, 11 und 12 befassen sich speziell mit dem Verständnis von Parallel- und Serienschaltungen. Wie bereits in den Darlegungen zu Schülervorstellungen hervorgehoben wurde, tendieren Lernende häufig dazu, aufgrund der grafischen Darstellung diese beiden Arten von Schaltungen zu verwechseln. Die Fragen 11 und 12 wurden dem Werk "Schülervorstellungen in der Physik" (Müller, Wodzinski, & Hopf, 2004/2011, S. 171) entnommen. Frage 7 und 9 wurde von der Autorin selbst erstellt.

Frage 7 wurde erstellt, um herauszufinden, ob Schülerinnen und Schüler nur durch geometrische Gegebenheiten auf eine Parallel- und Serienschaltung schließen.

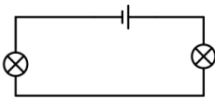
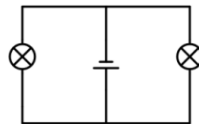
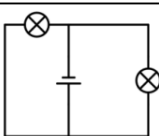
7) Gib bei den unten abgebildeten Schaltungen an, ob es sich hierbei um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt.	
	a) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:
	b) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:
	c) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:

Abbildung 12: Frage 7 - Reihen- und Parallelschaltungen erkennen

Frage 9 zielt darauf ab, zu ermitteln, ob die Lernenden die Beziehung zwischen der Art der elektrischen Schaltung und der Leuchtkraft der Glühlampen erkennen können - vorausgesetzt beide Glühlampen weisen denselben Widerstand auf. Diese Frage beleuchtet zudem die Fehlvorstellung „Eine Batterie ist eine konstante Stromquelle“.

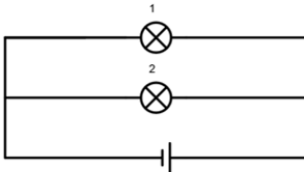
9) Zwei gleiche Lampen werden parallel zueinander geschaltet. Kreuze an, welche Aussage stimmt.	
a) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit unterschiedlicher Intensität.	
b) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit gleicher Intensität, aber weniger stark als Lampe 1, wenn sich diese alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.	
c) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit gleicher Intensität und gleich stark wie Lampe 1, wenn sich diese alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.	
d) ☐ Die Lämpchen leuchten gar nicht.	
e) ☐ Andere Vermutung:	
Begründe deine Antwort:	

Abbildung 13: Frage 9 - Leuchtintensität von Lämpchen

Frage 11 weist eine höhere Komplexität als die vorhergehenden Fragen auf. Hierbei wird wieder auf die Fehlvorstellung „Eine Batterie ist eine konstante Stromquelle“ eingegangen. Bei dieser Frage sollen die Schülerinnen und Schüler ermitteln, welche Glühbirne am hellsten strahlt. Die Beantwortung dieser Frage setzt bereits ein solides Verständnis der Konzepte von Reihen- und Parallelschaltungen voraus. Es wird ebenfalls erwartet, dass die Lernenden bereits vorher im Rahmen des Unterrichts die Berechnung von Widerständen in Reihen- und Parallelschaltungen durchgeführt haben, um diese Aufgabenstellung vollständig zu lösen.

11) Die Lämpchen in der folgenden Schaltung sind alle gleich. Vergleiche die Helligkeit der Lämpchen B und C, kreuze an und begründe (Rhöneck, 1986):	
a) ☐ B und C leuchtet gleich hell.	
b) ☐ B leuchtet heller als C.	
c) ☐ C leuchtet heller als B.	
Begründe deine Antwort:	

Abbildung 14: Frage 11 - Helligkeit von Lämpchen (von Rhöneck, 1986)

In Frage 12 wird das Verständnis des Konzepts der elektrischen Spannung geprüft. Die Lernenden sollen die Parallelschaltung identifizieren und verstehen, dass bei allen drei Lämpchen die gleiche Spannung abfällt.

12) Die Lämpchen in der folgenden Schaltung sind alle gleich, sie leuchten alle gleich hell.
Gib eine Begründung dafür an:

Abbildung 15: Frage 12 - Begründung für gleiche Leuchtkraft angeben (von Rhöneck, 1986)

4.4.4 Frage 8

In Frage 8 wird geprüft, ob Schülerinnen und Schüler einen Schalter in einem Stromkreis finden und verstehen, wie dieser funktioniert. Die Lampe leuchtet in diesem Stromkreis auf, weil der Schalter durch einen parallelen Leiter überbrückt wird.

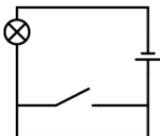
8) Leuchtet die Glühlampe?	
a) ☐ JA	
b) ☐ NEIN	
Begründe deine Antwort:	

Abbildung 16: Frage 8 - Schalter im Stromkreis

4.4.5 Frage 10

In Frage 10 werden die Spannungswerte an verschiedenen Punkten in einfachen Stromkreisen geprüft. Hierbei soll herausgefunden werden, ob Schülerinnen und Schüler die Fehlvorstellung „Spannung ist eine Eigenschaft des Stromes“ haben (von Rhöneck, 1986).

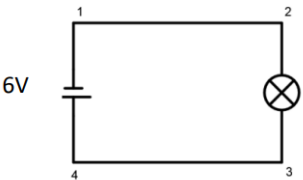
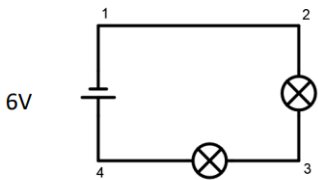
10a) Betrachte die folgende Schaltung (siehe unten) (Rhöneck, 1986):	
Wie groß ist in diesem Stromkreis die Spannung zwischen den Punkten:	
1) 1 und 2: _____	
2) 2 und 3: _____	
3) 3 und 4: _____	
Begründe deine Antwort:	
10b) Zwischen den Punkten 3 und 4 wird ein zweites Lämpchen der gleichen Sorte zugeschaltet:	
Wie groß ist in dem Stromkreis mit 2 Lämpchen die Spannung zwischen den Punkten:	
1) 1 und 2: _____	
2) 2 und 3: _____	
3) 3 und 4: _____	
Begründe deine Antwort:	

Abbildung 17: Frage 10 - Spannungsabfall angeben (von Rhöneck, 1986)

4.4.6 Frage 13

Bei Frage 13 soll herausgefunden werden, ob Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten mit der Regel $I = \text{konstant}$ (bei einer Reihenschaltung) haben. Es existiert oft die Fehlvorstellung, dass der Strom beim Durchfließen von jedem einzelnen Lämpchen verbraucht wird und somit die Leuchtstärke abnimmt (Stromverbrauchsvorstellung).

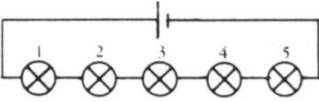
13) Fünf gleiche Lämpchen werden in Reihe an eine Batterie angeschlossen. Kreuze an, was richtig ist:	
a) ☐ Lampe 5 leuchtet heller als Lampe 1.	
b) ☐ Lampe 5 leuchtet so hell wie Lampe 1.	
c) ☐ Lampe 5 leuchtet schwächer als Lampe 1.	
Begründe deine Antwort:	

Abbildung 18: Frage 13 - Helligkeit von Lämpchen in Reihenschaltung (von Rhöneck, 1986)

4.5 Stundenplanungen

In den anschließenden Unterkapiteln wird die Planung von Unterrichtseinheiten für die drei Klassen (Testgruppe Frontalunterricht, Testgruppe Gruppenarbeit und Testgruppe Einzelarbeit) unter Anwendung von drei verschiedenen pädagogischen Methoden dargelegt. Zur besseren Lesbarkeit wird in den nachfolgenden Tabellen die Abkürzung SuS als Ersatz für „Schülerinnen und Schüler“ verwendet. Im Prozess der Unterrichtsplanung wurde darauf geachtet das 5E-Modell (Engage, Explore, Explain, Evaluate, Elaborate) einzubeziehen.

4.5.1 Stundenplanung – Frontalunterricht

Der Frontalunterricht erfolgte in zwei Unterrichtseinheiten, welche jeweils in die Phasen Engage, Explain und Elaborate aufgliedert wurden. Für eine optimierte Übersichtlichkeit des Unterrichtsablaufs wurden die nachfolgenden Planungsraster konzipiert.

1. Einheit:

Zeit (min)	5 E's	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5	Organisatorisches	z.B. Kontrolle der Abwesenheiten		
25	Engage/ Explain	Lehrperson zeigt eine Lichterkette (welche in Reihe geschaltet ist). Lehrperson fragt nach was passiert, wenn ein Lämpchen aus der Fassung gedreht wird. Lehrperson wartet auf Antworten der SuS und dreht anschließend ein Lämpchen aus der Fassung. Lehrperson zeichnet ein Schaltbild einer Reihenschaltung auf Tafel und fragt nach, was der Grund dafür sein könnte das die anderen Lämpchen nun nicht mehr leuchten. Lehrperson zeigt anschließend eine Schaltung mit einem Lämpchen, anschließend eine Reihenschaltung mit zwei Lämpchen und dann eine Reihenschaltung mit drei Lämpchen und fragt die SuS was passiert ist und warum das passiert ist.	SuS folgen dem Unterricht und beteiligen sich am Unterrichtsgespräch.	Frontalunterricht

		Lehrperson zeigt eine Parallelschaltung mit Lämpchen und fragt nach, was die SuS glauben was passiert, wenn ein Lämpchen aus der Fassung herausgeschraubt wird. Lehrperson wartet auf Antwort der SuS und schraubt anschließend ein Lämpchen heraus. Lehrperson zeichnet eine Reihenschaltung auf die Tafel, und fragt wieder nach dem Grund, warum nun die Lämpchen weiter leuchten. Lehrperson zeigt anschließend eine Schaltung mit einem Lämpchen, anschließend eine Parallelschaltung mit zwei Lämpchen und dann eine Parallelschaltung mit drei Lämpchen und fragt die SuS was passiert ist und warum das passiert ist.		
20	Explain	Erkenntnisse werden an die Tafel geschrieben. Die Reihen- und Parallelschaltung wird von der Lehrperson mittels dem Elektronengasmodell erklärt.	SuS schreiben Inhalte in ihr Heft.	Frontalunterricht
10	Elaborate	Übungszettel zu Reihen- und Parallelschaltungen werden ausgeteilt und gemeinsam besprochen.	Die SuS bearbeiten den Übungszettel gemeinsam im Plenum.	Frontalunterricht

2. Einheit:

Zeit (min)	5 E/s	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5	Organisatorisches	z.B. Kontrolle der Abwesenheiten		
20	Explain	Es wird an die vorhergehende Einheit angeknüpft und diese wiederholt. Der Übungszettel wird ausgeteilt und wird gemeinsam mit Lehrkraft bearbeitet.	SuS folgen dem Unterricht und beteiligen sich am Unterrichtsgespräch, Übungszettel wird bearbeitet.	Frontalunterricht
20	Explain/ Explore	Verschiedene Schaltungen mithilfe eines Stecksystems von der Lehrperson aufgebaut und gemeinsam mit dem SuS der Spannungsabfall und die Stromstärke (mittels des Ohm'schen Gesetzes) berechnet.	SuS berechnen die Werte	Frontalunterricht

		SuS bekommen ein Merkblatt sowie Arbeitsblatt, bei welchem sie anschließend selbst den Spannungsabfall und die Stromstärke an den Lämpchen berechnen müssen. Lehrperson steht zur Verfügung, falls Fragen auftauchen.		
5	Elaborate	Werte werden gemeinsam mit der Lehrperson verglichen und Fragen geklärt.	SuS vergleichen Werte.	Frontalunterricht

4.5.2 Stundenplanung - Gruppenarbeit/Plenum

Die Durchführung dieser Unterrichtseinheiten erfolgte in Gruppenarbeit, die eine Explore-, Explain- und Elaboratephase beinhaltete. Insgesamt wurden zwei aufeinander folgende Sequenzen durchgeführt, welche im nachstehenden Planungsraster dargestellt sind.

1. und 2. Einheit:

Zeit (min)	5 E/s	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5 - 7	Organisatorisches	Lehrerin teilt die SuS in Gruppen von 4 Personen ein.		
5 - 7	Einführung	Der Ablauf der Gruppenarbeit sowie die Durchführung der Arbeitsblätter wird erklärt.	SuS hören zu.	
60	Explore	Lehrerin teilt die Arbeitsblätter zur Reihen- und Parallelschaltung aus und stellt die Materialien zur Verfügung (siehe Anhang). Lehrperson steht für Fragen zur Verfügung.	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter und führen die angeführten Versuche durch.	Gruppenarbeit
20	Explain	Die Erkenntnisse der SuS werden gemeinsam mit der Lehrperson besprochen und eventuell ergänzt. Es wird im Plenum das Elektronengasmodell zur Reihen- und Parallelschaltung besprochen und von Lehrperson erklärt.	SuS beteiligen sich am Plenum und teilen ihre Erkenntnisse mit der Klasse.	Plenum

10	Elaborate	Falls noch Zeit bleibt, wird das Arbeitsblatt ausgeteilt und im Anschluss mit Lehrperson besprochen.	SuS bearbeiten Arbeitsblatt.	Gruppenarbeit
----	-----------	--	------------------------------	---------------

3. Einheit:

Zeit (min)	5 E's	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5 - 7	Organisatorisches	Lehrerin teilt die SuS in Gruppen von 4 Personen ein.		
20	Explain	Das Ohm'sche Gesetz wird eingeführt und erklärt. Es wird erklärt, wie man die Stromstärke und den Spannungsabfall bei Schaltungen mittels dem Ohm'schen Gesetzes berechnen kann bzw. werden komplexere Berechnungsbeispiele durchgeführt.	SuS hören zu.	Frontalunterricht
25	Elaborate	SuS wird Arbeitsblatt ausgeteilt. Lehrperson steht für Fragen zur Verfügung. Arbeitsblatt wird verglichen.	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter.	Gruppenarbeit

4.5.3 Stundenplanung – Einzelarbeit/Plenum

Diese Unterrichtseinheiten wurde in Form von Einzelarbeit durchgeführt, welche eine Explore-, Explain- und Elaboratephase enthält. Die Planung der durchgeführten Doppelseinheit ist im anschließenden Planungsraster ersichtlich.

Zeit (min)	5 E's	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5-7	Organisatorisches			
5 - 7	Einführung	Der Ablauf der Einzelarbeit sowie die Durchführung der Arbeitsblätter wird erklärt.	SuS hören zu.	

55-60	Explore	Arbeitsblätter sowie Laptops werden an SuS ausgeteilt. Die SuS bearbeiten das Arbeitsblatt alleine und mithilfe des Phet Simulationstools. Die Lehrperson steht für Fragen zur Verfügung.	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter alleine.	Einzelarbeit
20 -25	Explain	Die Erkenntnisse der SuS werden gemeinsam mit der Lehrperson besprochen und eventuell ergänzt. Es wird im Plenum das Elektronengasmodell zur Reihen- und Parallelschaltung besprochen und von Lehrperson erklärt.	SuS beteiligen sich am Plenum und teilen ihre Erkenntnisse mit der Klasse.	Plenum
10	Elaborate	Falls noch Zeit bleibt, wird das Arbeitsblatt ausgeteilt (siehe Anhang) und im Anschluss mit Lehrperson besprochen.	SuS bearbeiten Arbeitsblatt.	Einzelarbeit/ Plenum

3. Einheit:

Zeit (min)	5 E's	Lehrer_innenaktivität	Schüler_innenaktivität	Unterrichtsform
5 - 7	Organisatorisches			
20	Explain	Das Ohm'sche Gesetz wird eingeführt und erklärt. Es wird erklärt, wie man die Stromstärke und den Spannungsabfall bei Schaltungen mittels dem Ohm'schen Gesetzes berechnen kann bzw. werden komplexere Berechnungsbeispiele durchgeführt.	SuS hören zu.	Frontalunterricht
25	Elaborate	SuS wird Arbeitsblatt ausgeteilt. Lehrperson steht für Fragen zur Verfügung. Arbeitsblatt wird verglichen.	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter.	Einzelarbeit

5 Durchführung

In diesem Kapitel wird die Durchführung der Stundenplanungen sowie der Tests genauer beschrieben. Außerdem werden allgemeine Informationen zu den Testpersonen gegeben.

5.1 Durchführung der Unterrichtseinheiten und Tests

Der Pre-Test, welcher zuerst durchgeführt wurde, sollte das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler überprüfen. Anschließend erhielten alle drei Klassen eine Einführung in die Elektrizitätslehre durch Frontalunterricht. Diese Einführungsphase deckte zentrale Konzepte wie Spannung, Stromstärke und Widerstand ab. Daraufhin erfolgte in jeder Klasse im gleichen Zeitraum die Durchführung von drei Unterrichtseinheiten zu den Themen „Serien- und Parallelschaltungen“. In der Gruppe Frontalunterricht (3A) wurden in der letzten Einheit noch offene Fragen beantwortet und auf komplexere Aufgaben eingegangen. In der Gruppe Gruppenarbeit (3B) wurde vor der Implementierung der Unterrichtsmethode eine Einführung in die Messmethoden von Stromstärke und Spannung gegeben. Anschließend wurden die ersten zwei Unterrichtseinheiten nach der in Kapitel 4.5.2 angeführten Stundenplanung durchgeführt. Aufgrund begrenzter Ressourcen wurde die Klasse in zwei Gruppen aufgeteilt und die Durchführung der Experimente erfolgte in Zweiergruppen. Der Aufbau der Schaltungen nahm jedoch mehr Zeit in Anspruch als geplant, was jedoch zu einem gewissen Zeitdruck führte. In der dritten Unterrichtseinheit wurden deshalb noch die restlichen Beispiele bearbeitet und anschließend wurde auf offene Fragen eingegangen und ebenfalls komplexere Aufgaben behandelt. In der Gruppe Einzelarbeit (3C) wurden die ersten zwei Einheiten nach dem in Kapitel 4.5.3 angeführten Stundenplanung durchgeführt. Die Unterrichtseinheiten im Einzelunterricht verliefen nach Plan, das Simulationstools war für die Schülerinnen und Schüler leicht zu bedienen und sie konnten in der vorgegebenen Zeit alle Arbeitsaufgaben bearbeiten. Auch in der Gruppe Einzelarbeit (3C) hatten die Schülerinnen und Schüler in der dritten Einheit die Möglichkeit Fragen zu stellen und es wurden noch komplexere Aufgabenstellungen besprochen. Im Plenum stießen einige Schülerinnen und Schüler aus allen drei Testgruppen auf Schwierigkeiten, da die komplexeren Aufgaben für ihre Jahrgangsstufe möglicherweise noch zu anspruchsvoll waren. Nach der Implementierung der verschiedenen Unterrichtseinheiten wurde der Post-Test durchgeführt. Im Zeitraum zwischen dem Post-Test und Follow-up-Test wurden für alle Testgruppen zwei Unterrichtseinheiten zur elektrischen Leistung und Arbeit

durchgeführt. Der Follow-up Test wurde 4-5 Wochen nach dem Post-Test abgehalten, um zu evaluieren, welchen langfristigen Lernerfolg die Schülerinnen und Schüler zum Thema „Serien- und Parallelschaltungen“ erzielt haben.

5.2 Allgemeine Informationen zu den Testgruppen

Die nachfolgenden Absätze stellen die allgemeinen Informationen der Schülerinnen und Schüler dar und wurden aus den Ergebnissen der Fragen 1-5 von Pre-, Post-, und Follow-up-Test entnommen. In der Testgruppe Frontalunterricht (3A) nahmen am Pre-Test 24 Schülerinnen und Schüler teil. Davon waren 19 Personen weiblich und 5 Personen männlich. Der Großteil der Schülerinnen und Schüler war 13 Jahre alt (19 Personen), der Rest der Schülerinnen und Schüler war 14 Jahre alt. In dieser Klasse gab es auch den größten Anteil an Personen, welche nicht Deutsch als Muttersprache hatten (insgesamt 7 von 24 Personen). Keine der Schülerinnen und Schüler der Testgruppe 3A hat schon einmal die 3. Klasse wiederholt. Die Klasse umfasste insgesamt 26 Personen - zwei Personen fehlten beim Pre-Test.

In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) nahmen am Pre-Test insgesamt 22 Schülerinnen und Schüler teil. Davon waren 7 der Befragten weiblich und 15 der Befragten männlich. 14 Personen waren 13 Jahre alt, 7 der Personen waren 12 Jahr alt und eine Person war 14 Jahre alt.

Alle Befragten hatten Deutsch als Muttersprache und keine Person hat die 3. Klasse schon einmal wiederholt. Eine Person wiederholte die 3. Klasse. Die Klasse umfasste insgesamt 26 Personen – drei Personen fehlten an dem Tag der Durchführung, eine Person wollte nicht am Test teilnehmen.

In der Testgruppe Einzelarbeit (3C) nahmen am Pre-Test insgesamt 26 Schülerinnen und Schüler teil. Davon waren 8 Personen weiblich und 18 Personen männlich. 9 Personen waren 12 Jahre alt, der Rest der Klasse (18 Personen) war 13 Jahre alt. Alle Befragten hatten Deutsch als Muttersprache und keine Person hat die 3. Klasse schon einmal wiederholt. Die Klasse umfasst insgesamt 27 Personen - eine Person fehlte beim Pre-Test.

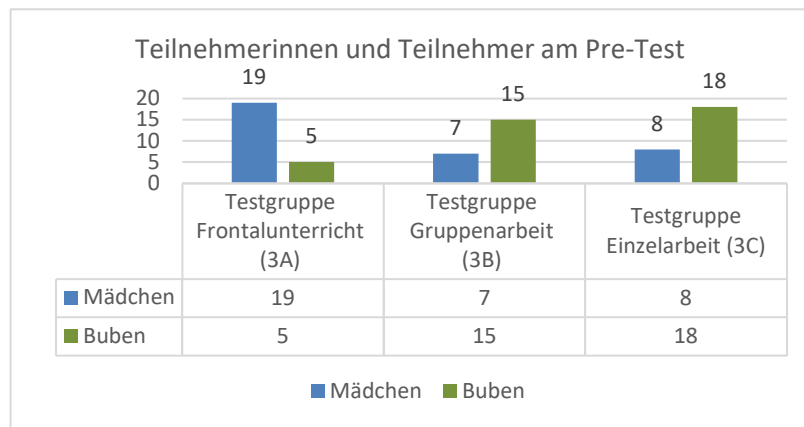


Abbildung 19: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Pre-Test

Beim Post-Test nahmen in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) insgesamt 24 Personen, davon 18 weibliche und 6 männliche Personen, teil. Zwei Personen fehlten an diesem Tag.

In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) nahmen insgesamt 22 Personen teil, davon waren 8 weiblich und 14 männlich. Drei Personen fehlten an diesem Tag und eine Person wollte nicht am Test teilnehmen.

In der Testgruppe Einzelarbeit (3C) nahmen insgesamt 26 Schülerinnen und Schüler teil. Davon waren 8 weiblich und 18 männlich. Es fehlte eine Person an diesem Tag.

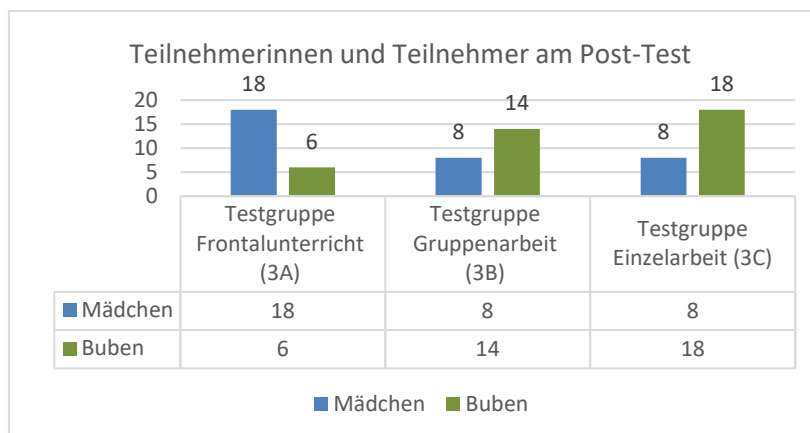


Abbildung 20: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Post-Test

Beim Follow-up-Test nahmen in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) insgesamt 22 Personen, davon 16 weiblich und 6 männlich teil. An diesem Tag fehlten 4 Personen.

In der Kontrollgruppe Gruppenarbeit (3B) nahmen insgesamt 24 Personen, davon waren 8 weiblich und 16 männlich. Es fehlte eine Person an diesem Tag und eine Person wollte nicht am Test teilnehmen.

In der Testgruppe Einzelarbeit (3C) nahmen beim Follow-up-Test insgesamt 27 Personen teil, davon waren 8 weiblich und 19 männlich. Es fehlte keine Person bei der Durchführung des Tests.

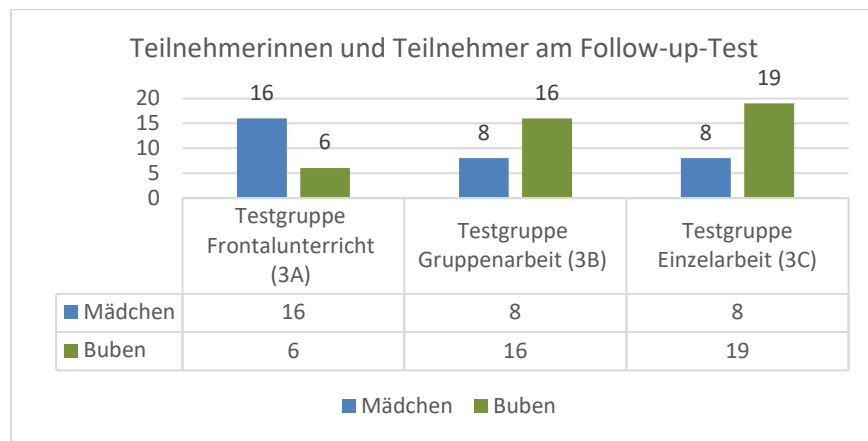


Abbildung 21: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Follow-up-Test

6 Auswertung

In diesem Kapitel wurden die durch die Fragebögen erhobenen Daten unter der Verwendung des Statistikprogrammes PSPP ausgewertet. Im ersten Schritt erfolgt die Auswertung der einzelnen Fragen und anschließend eine Gesamtauswertung. Alle drei Fragebögen (Pre-, Post-, Follow-up-Test) beinhalten die gleichen Fragen, um einen direkten Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen. Beim Pre-Test hatten die Schülerinnen und Schüler noch keinerlei Vorkenntnisse aus der Elektrizitätslehre. Im Unterricht wurden die Begriffe „Strom, Spannung und Widerstand“ und „Parallel- und Serienschaltung“ noch nicht behandelt. Die Schülerinnen und Schüler kannten die Begriffe vielleicht aus ihrem Alltag oder haben sich im Vorhinein Gedanken über die Elektrizitätslehre gemacht. Um etwaigen Fehlvorstellungen auf den Grund zu gehen, wurde deshalb der Pre-Test durchgeführt. Der Post-Test erfolgte nach der Durchführung der jeweiligen Unterrichtsformen (Frontalunterricht, Gruppenunterricht und Einzelarbeit), um zu testen, inwiefern sich die Unterrichtsformen auf den Lernerfolg auswirkt. Der Post-Test hat die Aufgabe, den kurzfristigen Lernerfolg zu ermitteln. Der Follow-up-Test hilft dabei, festzustellen, ob Schülerinnen und Schüler das Gelernte auch längerfristig richtig anwenden können. Nach 4 – 5 Wochen wurde der Follow-up-Test den Schülerinnen und Schülern zur Bearbeitung vorgelegt. Es wurden die Abkürzungen PRE für Pre-Test, POST für Post-Test und FOLUP für Follow-up-Test verwendet.

6.1 Auswertung der Fragen

In den nachfolgenden Kapiteln wurden die einzelnen Fragen des Pre-, Post- und Follow-up-Tests ausgewertet und miteinander verglichen. Um einen besseren Überblick zu erhalten sind in Tabelle 3 die Fragen und deren Beschreibung aufgeführt: Die Auswertung der Fragen 1-5, die nur allgemeine Informationen der Testpersonen behandeln, wurde bereits im Kapitel 5.2 angeführt.

Tabelle 2: Beschreibung der Fragen

Fragen	Beschreibung
Frage 1-5	Allgemeine Informationen zu den Schülerinnen und Schülern
Frage 6	Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung
Frage 7	Erkennung von Parallel- und Reihenschaltung
Frage 8	Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis

Frage 9	Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen, Überprüfung, ob Schülerinnen und Schüler eine Batterie als konstante Stromquelle ansehen.
Frage 10	Überprüfung der Fehlvorstellung „Spannung ist eine Eigenschaft des Stromes“; Spannungswerte angeben können
Frage 11	Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen
Frage 12	Erkennung von Parallelschaltung
Frage 13	Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung, Sequenzielle Argumentation

6.1.1 Frage 6

In Frage 6 wurde die Fehlvorstellung „Strom wird verbraucht“ abgefragt. Die richtige Antwort lautet: „Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück“. Das Thema der Frage 6 wurde in der Einführungsphase mithilfe des Wasserkreislaufmodells in allen drei Testgruppen unterrichtet.

6.1.1.1 Frage 6_PRE

Wie in Abbildung 22 ersichtlich erreichte beim Pre-Test die Testgruppe Frontalunterricht (3A) den höchsten Anteil der korrekten Antworten mit 37,5%. In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) kreuzten weniger als 10% der Schülerinnen und Schüler die korrekte Antwort an. In der Testgruppe Einzelarbeit (3C) konnte lediglich ein Anteil von 11,5% die korrekte Antwort liefern. Besonders auffällig ist, dass in Testgruppe Einzelarbeit (3C) die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler der Fehlvorstellung unterliegen, dass der elektrische Strom ein bisschen von der Lampe verbraucht wird. Diese Erkenntnisse decken sich mit der in der Literatur erwähnten „Stromverbrauchsvorstellung“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012).

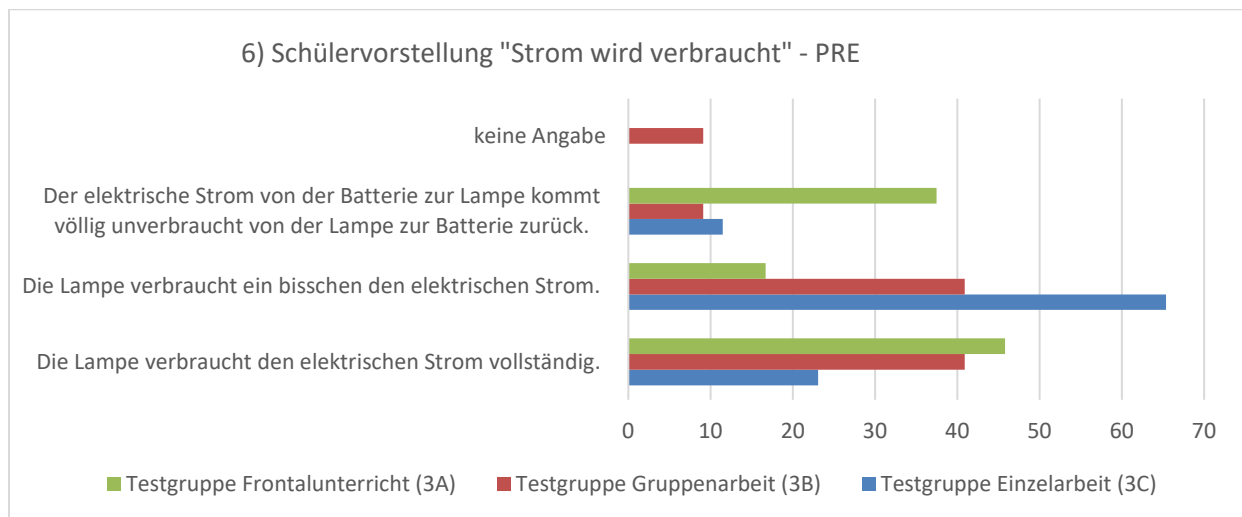


Abbildung 22: Frage 6_PRE - Schülervorstellung „Strom wird verbraucht“

6.1.1.2 Frage 6_POST

Beim Post- Test konnte die Testgruppe Frontalunterricht (3A) mit 50% die meisten richtigen Antworten liefern, dicht gefolgt mit der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) mit 45,5%. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) schnitt mit 30,8% am schlechtesten ab. Dennoch hatten nach den Unterrichtseinheiten noch viele Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass Strom verbraucht wird. Diese Fehlvorstellung scheint stark im Gedächtnis der Schülerinnen und Schüler verankert zu sein.

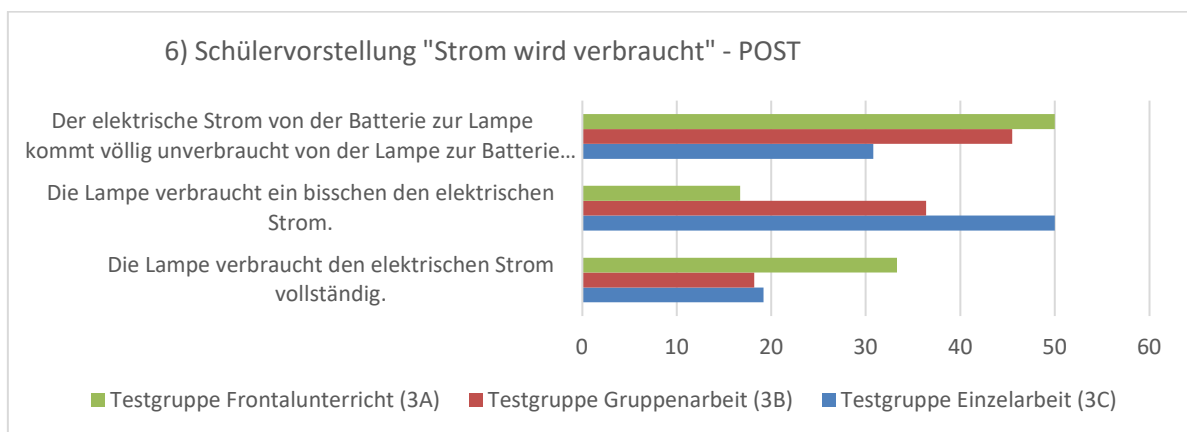


Abbildung 23: Frage 6_POST - Schülervorstellung „Strom wird verbraucht“

Wie in Abbildung 24 ersichtlich, konnte in jeder Klasse eine Steigerung des Lernerfolgs beobachtet werden. Hierbei konnte in der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) ein Wissensgewinn von 36,4%, in der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ein Wissensgewinn von 19,3% und in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) ein Wissensgewinn von 12,5% erreicht werden.

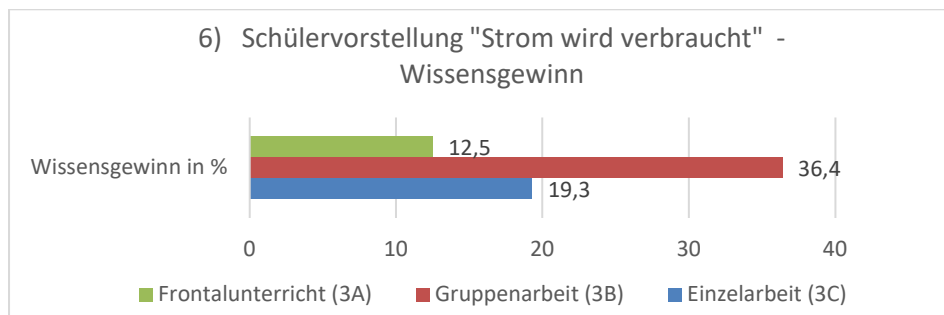


Abbildung 24: Frage 6_Wissensgewinn - Schülervorstellung "Strom wird verbraucht"

6.1.1.3 Frage 6_FOLUP

Wie in Abbildung 25 ersichtlich, konnte die Testgruppe Einzelarbeit (3C) ihren Lernerfolg halten und ihr Ergebnis noch um ca. 40% steigern. Der Grund dafür könnte sein, dass die Stromverbrauchsvorstellung in den nachfolgenden Unterrichtseinheiten zum Thema Leistung und Arbeit in allen drei Testgruppen immer wieder vorkam.

Auch die Testgruppe Frontalunterricht (3A) konnte ihre Leistung im Gegensatz zum Post-Test um etwa 30% erhöhen. Hingegen konnte bei der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) kein langfristiger Wissenserhalt erzielt werden. Diese Gruppe fiel in ihre Fehlvorstellung „Strom wird verbraucht“ zurück.

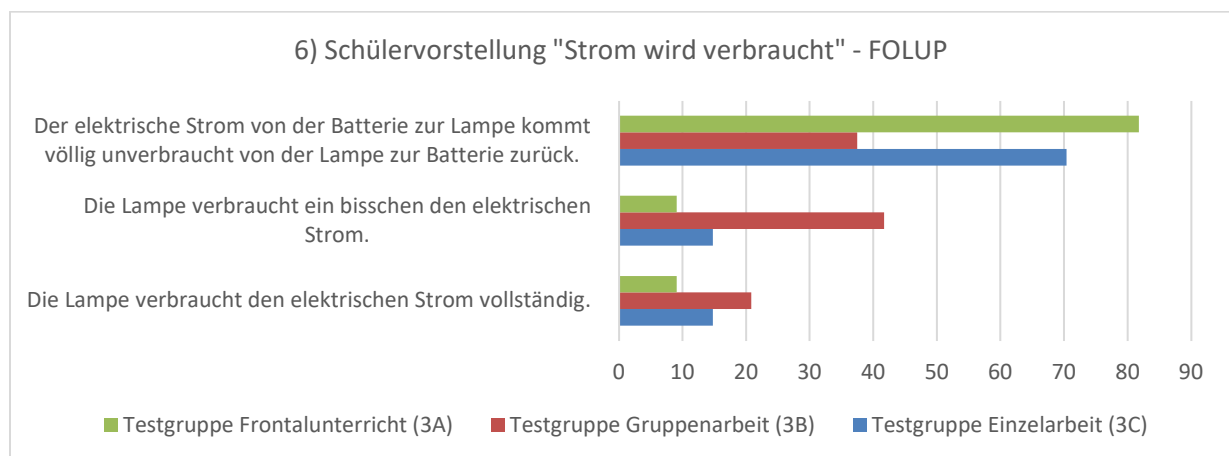


Abbildung 25: Frage 6_FOLUP - Schülervorstellung "Strom wird verbraucht"

6.1.2 Frage 7

Bei Frage 7 wurde getestet, ob Schülerinnen und Schüler zwischen einer Serien- und Parallelschaltung unterscheiden können. In Frage 7a lautet die richtige Antwort, wie in Abbildung 26 dargestellt, „Reihenschaltung“, in 7b, wie in Abbildung 27 dargestellt, „Parallelschaltung“ und in 7c wie in Abbildung 28 dargestellt, ebenfalls „Parallelschaltung“.

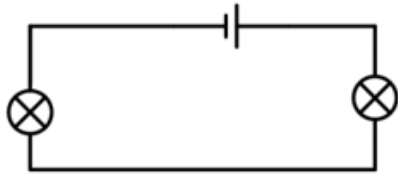


Abbildung 26: Frage 7a -
Reihenschaltung

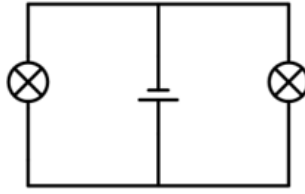


Abbildung 27: Frage 7b -
Parallelschaltung

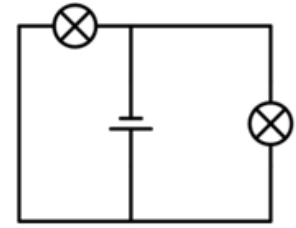


Abbildung 28: Frage 7c -
Parallelschaltung

6.1.2.1 Frage 7_PRE

Wie in Abbildung 29 ersichtlich, hat die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler in allen Testgruppen die Serienschaltung in Frage 7a identifiziert. Mit 61,5% schnitt die Testgruppe Einzelarbeit (3C) am besten ab. Auch 54,5% der Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) konnten die Frage richtig beantworten. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) erreichte 49%.

81,82% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), 80% der Testgruppe Frontalunterricht (3A) und 63,6% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B), welche Parallelschaltung als Antwort wählten, tätigten diese oder eine ähnliche Aussage: "Es handelt sich um eine Parallelschaltung, weil die Lampen parallel angeordnet sind". Diese Fehlinterpretation lässt sich in der Regel auf die grafische Darstellung zurückführen, was durch die Literatur (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018) bestätigt wird. 3,8% der Testpersonen der Gruppe Einzelunterricht (3C) und 8,3% der Testpersonen der Gruppe Frontalunterricht (3A) gaben an, bei dieser Frage geraten zu haben.

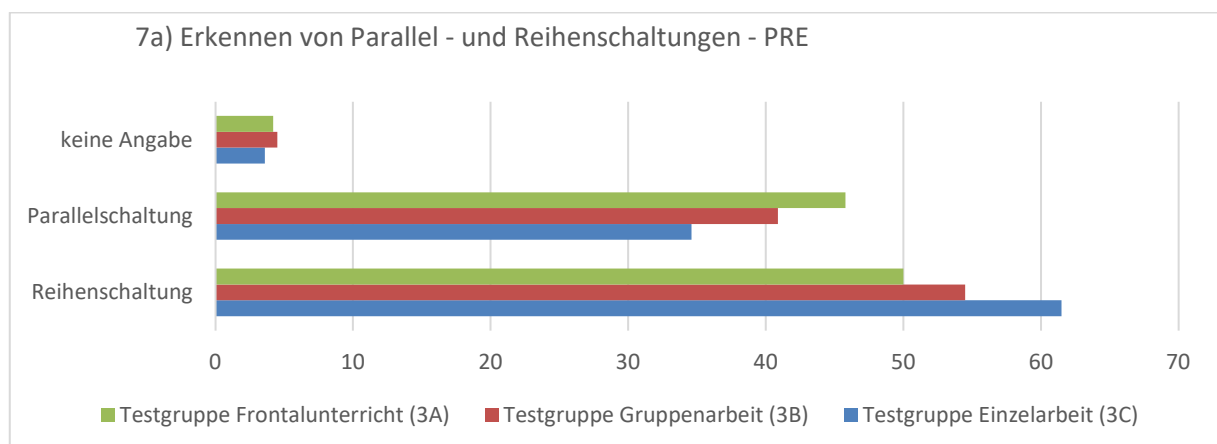


Abbildung 29: Frage 7a_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung

Wie in Abbildung 30 ersichtlich, erkannten die meisten Schülerinnen und Schüler bei Frage 7b, dass es sich hierbei um eine Parallelschaltung handelt. Hierbei gaben 88,5% der Befragten der Testgruppe Einzelarbeit (3C), 86,4% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 79,2% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), die richtige Antwort an.

88,9% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 72,2% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 68,2% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), welche die richtige Antwort Parallelschaltung gewählt haben, gaben an, dass die Lämpchen „parallel zueinander“ stehen und es sich daher um eine Parallelschaltung handeln muss. Eine Person der Testgruppe Frontalunterricht (3A) gab eine detailliertere Begründung an: „Da es eine Gabelung gibt, kann der Strom zu beiden Lämpchen gleichzeitig fließen.“ Eine weitere Person der Testgruppe Einzelarbeit (3C) gab ebenfalls eine detaillierte Begründung an: „Weil es sich hier um zwei verschiedene Stromkreise handelt.“ Einige Schülerinnen und Schüler konnten keine Antwort auf die Frage nach der Begründung finden.

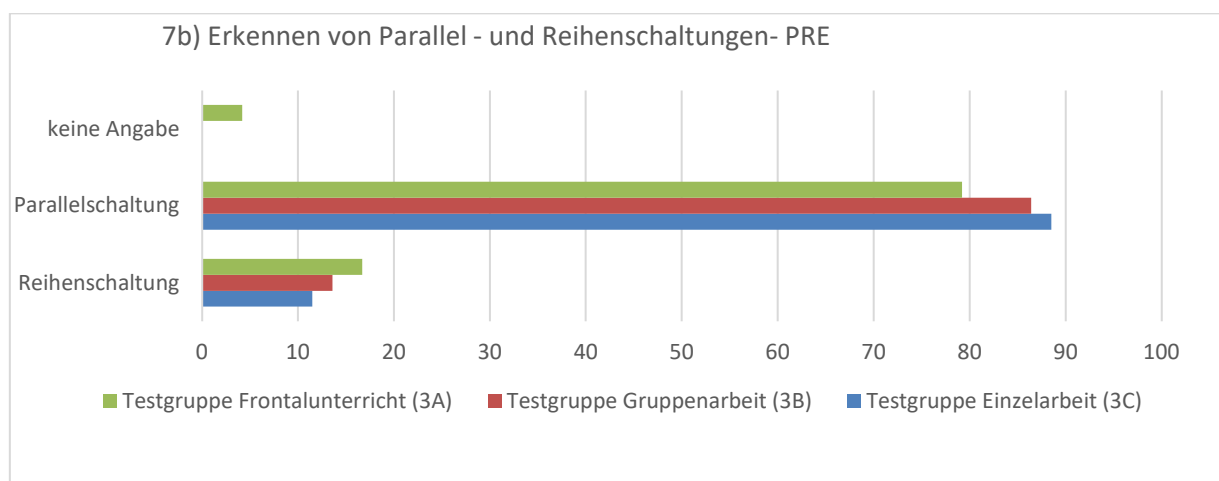


Abbildung 30: Frage 7b_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung

Bei Frage 7c erkannte der Großteil der Schülerinnen und Schüler die Parallelschaltung nicht mehr. Mit 16,7% der richtigen Antwort konnte die Testgruppe Frontalunterricht (3A) hier das beste Ergebnis erzielen, dicht gefolgt von der Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 15,4%. Am schlechtesten schnitt die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) mit 4,5% ab.

Die Schülerinnen und Schüler hatten hier aufgrund grafischer Gegebenheiten Probleme, eine Parallel- und Reihenschaltung zu erkennen. Die am häufigsten auftretenden Begründungen, welche von 75% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 80% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 61,9% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) angegeben wurde, warum es sich um eine Reihenschaltung handelt, waren folgende: „Die Lämpchen stehen nicht parallel zueinander“

oder „Die Lämpchen stehen in einer Reihe“. Weitere Begründungen lauteten wie folgt. Ähnliche Antworten wurden zusammengefasst:

- „Weil eine Strecke länger ist.“
- „Die Lämpchen sind an unterschiedlichen Stellen.“
- „Weil die Lämpchen und die Batterie nicht auf einer Linie liegen.“
- „Weil die Energie nicht gleich lang zu beiden Lämpchen braucht.“
- „Weil der Abstand nicht gleich groß ist.“

Die Schülervorstellungen aus den Fragen 7a, 7b und 7c decken sich mit den Schülervorstellungen zur Parallel- und Reihenschaltung von (Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018).

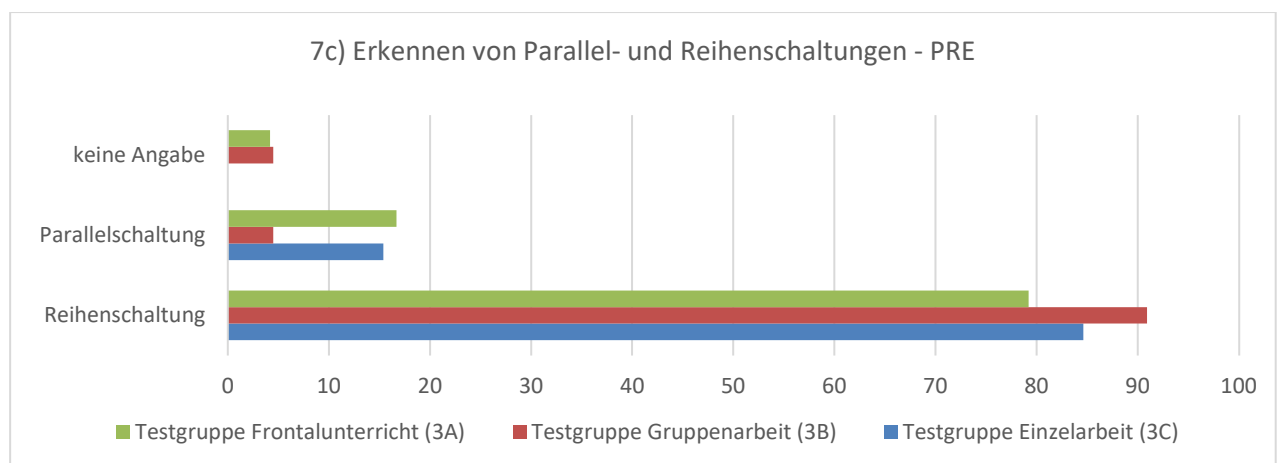


Abbildung 31: Frage 7c_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung

6.1.2.2 Frage 7_POST

Bei Frage 7a konnte beim Post-Test, wie in Abbildung 32 ersichtlich, die Mehrheit der Befragten die Frage richtig beantworten und erkannte, dass es sich hierbei um eine Reihenschaltung handelt. Die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) schnitt mit 95,5% am besten ab, die Testgruppe Frontalunterricht (3A) folgte mit 83,3% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 76,9%.

73,7% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 55% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 68,2% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), erkannten, dass es bei dieser Schaltung keinen Knotenpunkt gibt bzw. durch beide Lämpchen der gleiche Strom fließt und es sich deshalb um eine Reihenschaltung handeln muss. Die Schülerinnen und Schüler legten also in diesem Fall nicht mehr auf das geometrische Aussehen der Schaltung wert.

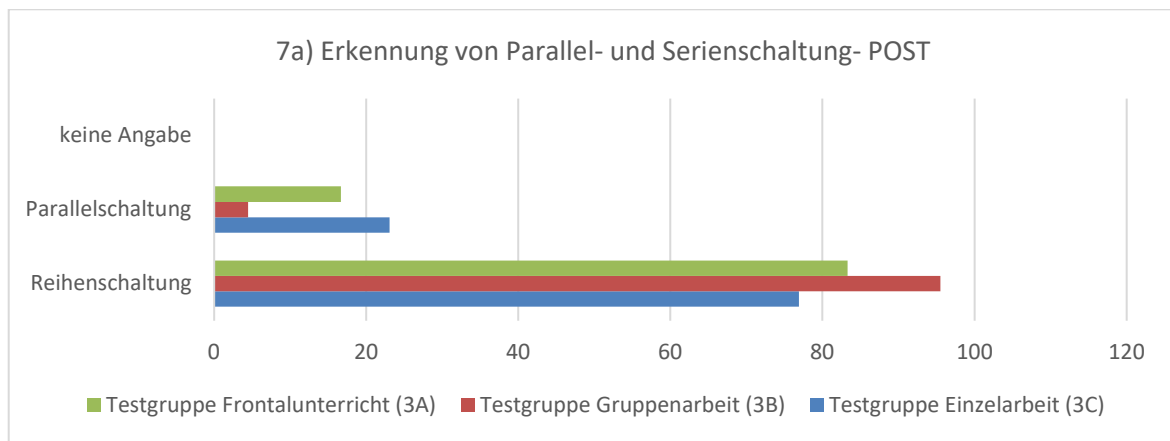


Abbildung 32: Frage 7a_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

Bei allen drei Testgruppen konnte bei Frage 7a ein Lernerfolg beobachtet werden. Hierbei konnte in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) ein Wissensgewinn von 33,3% in der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) ein Wissensgewinn von 22,4% und in der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ein Wissensgewinn von 15,4 % erreicht werden.

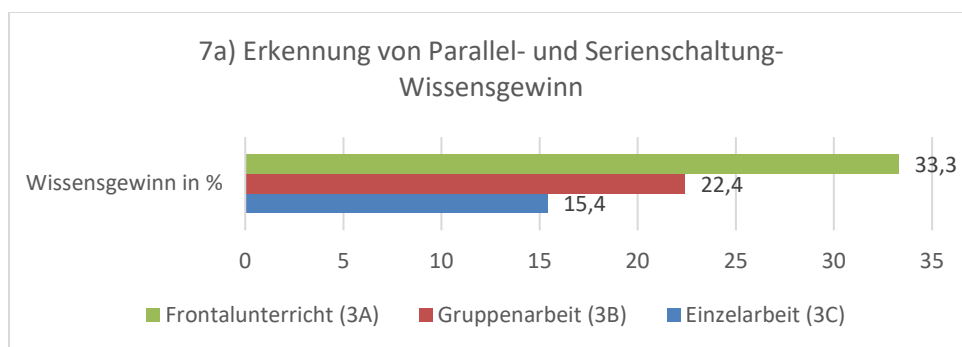


Abbildung 33: Frage 7a_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen

Wie in Abbildung 34 ersichtlich, erkannte die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler aller Testgruppen beim Post- Test der Frage 7b, dass es sich bei dieser Schaltung um eine Parallelschaltung handelt. Es wurde sowohl beim Pre-Test als auch beim Post-Test in allen drei Testgruppen zu einem hohen Prozentsatz die richtige Antwort gewählt.

Zum Vergleich zum Pre-Test gaben Schülerinnen und Schüler dieses Mal aber bessere Begründungen für die Wahl der richtigen Antwort an. 50% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 47,6% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 38,5% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), welche die Antwort „Parallelschaltung“ wählten, gaben an, dass es hier Knotenpunkte, wo sich der Strom aufteilt, gibt bzw. es sich hier um zwei separate Stromkreise handelt.

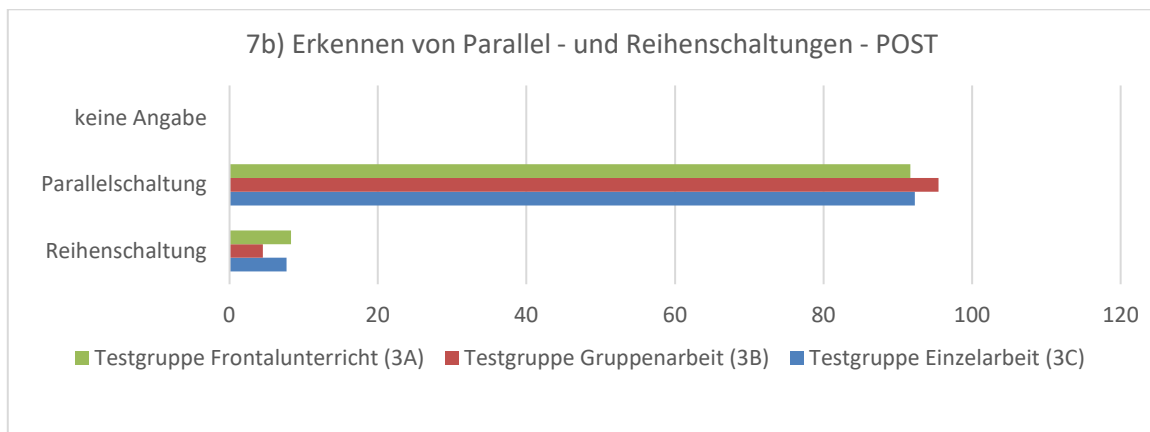


Abbildung 34: Frage 7b_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

Wie in Abbildung 35 ersichtlich konnte bei Frage 7b ein Wissensgewinn, im Vergleich zum Pre-Test, bei allen drei Testgruppen beobachtet werden. In der Testgruppe Frontalunterricht (3A) konnte ein Wissensgewinn von 12,5%, in der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) ein Wissensgewinn von 9,1% und in der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ein Wissensgewinn von 3,8% erreicht werden.

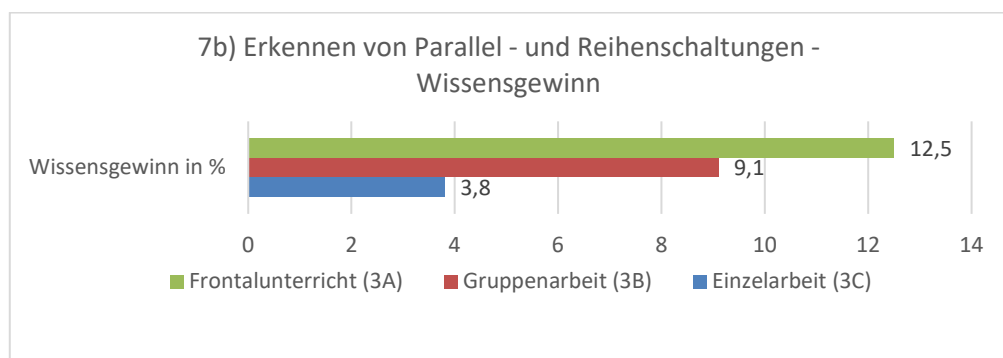


Abbildung 35: Frage 7b_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen

Alle drei Testgruppen konnten sich beim Post-Test bei Frage 7c steigern. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) erreichte 70,8%, die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) erreichte 81,8% und in der Testgruppe Einzelarbeit (3C) erreichte 69,2%. Es wurden beim Post-Test von 42,9% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), von 56,3% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und von 63,2% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) folgende Begründung für die Antwort „Parallelschaltung“ angegeben: „Weil es sich hierbei um zwei separate Stromkreise handelt“ oder „Es gibt bei dieser Schaltung zwei Knotenpunkte“. Bei den meisten Schülerinnen und Schüler aller Testgruppen konnte die Fehlvorstellung zur Parallel- und Serienschaltung revidiert werden.

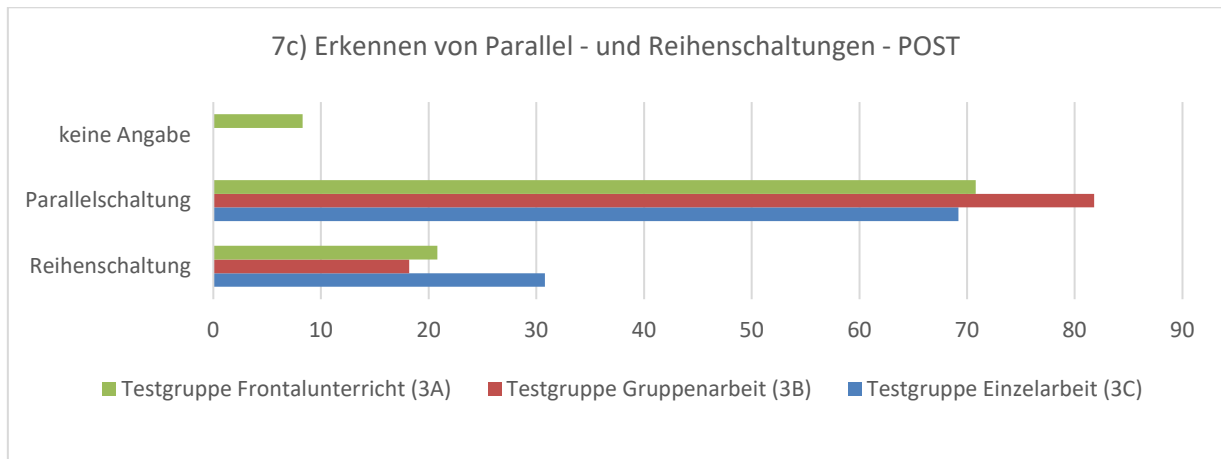


Abbildung 36: Frage 7c_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

Wie in Abbildung 37 ersichtlich, konnten sich alle drei Testgruppen in Frage 7c erheblich steigern. Bei der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) konnte der größte Wissenszuwachs mit 77,3% beobachtet werden. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) erreichte einen Wissenszuwachs von 54,1% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) erreichte einen Wissenszuwachs von 53,8%.

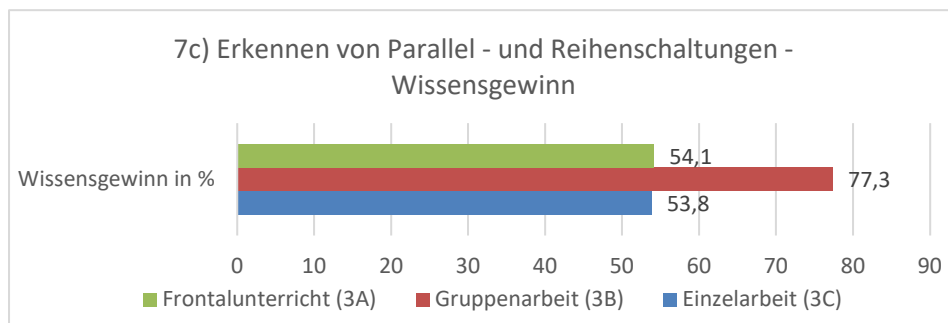


Abbildung 37: Frage 7c_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen

6.1.2.3 Frage 7_FOLUP

Beim Follow-up-Test bei Frage 7a schnitt die Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 92,6% am besten ab. Diese Gruppe konnte das Ergebnis vom Post-Test halten und noch verbessern. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) verschlechterte sich um etwa 2%. Auch die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) verschlechterte sich von 95,5% auf 83,3%.

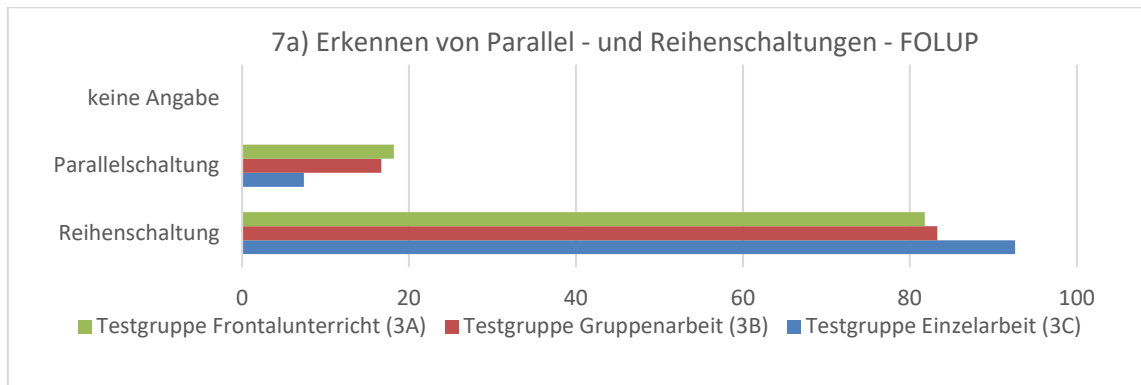


Abbildung 38: Frage 7a_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

Bei Frage 7b schnitt die Testgruppe mit der Gruppenarbeit (3B) mit 87,5% minimal schlechter ab als beim Post-Test, jedoch konnte eine Verbesserung des Ergebnisses bei den Testgruppen Frontalunterricht (3A) und Einzelarbeit (3C) um ca. 5% registriert werden.

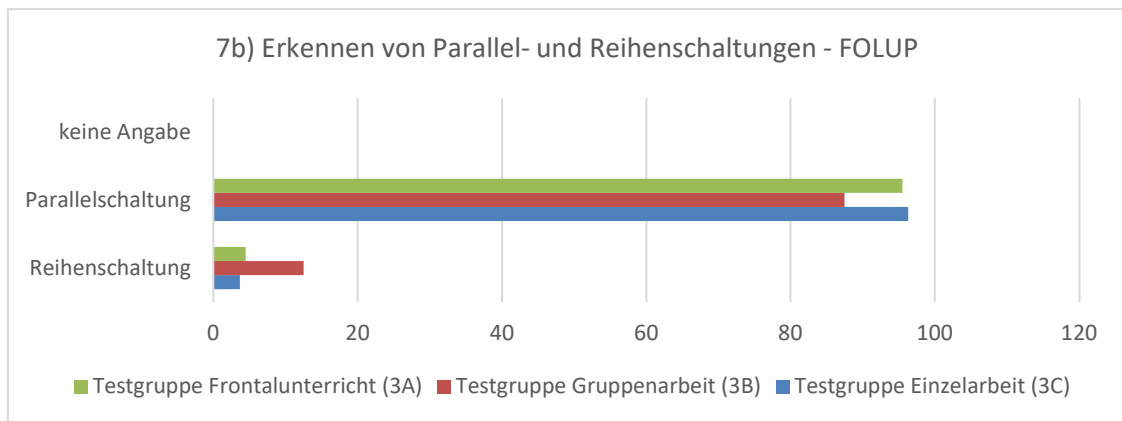


Abbildung 39: Frage 7b_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

Bei Frage 7c konnte die Testgruppe Einzelarbeit (3C) ihr Ergebnis im Vergleich zum Post-Test halten und noch um 19% verbessern. In den anderen beiden Gruppen (Frontalunterricht, Gruppenarbeit) wurde eine Steigerung von ca. 2% registriert.

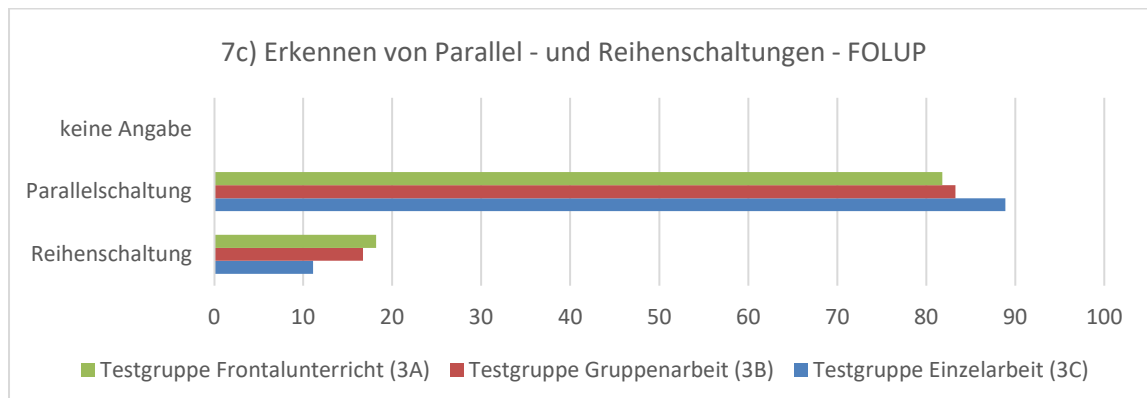


Abbildung 40: Frage 7c_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen

6.1.3 Frage 8

In Frage 8 war es Aufgabe der Schülerinnen und Schüler, die Leuchtfähigkeit der Lampe trotz des offenen Schalters zu bewerten. Die richtige Antwort lautet hier: „Die Lampe leuchtet.“

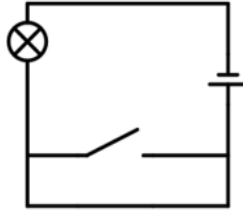


Abbildung 41: Frage 8 – Stromkreis mit Schalter

6.1.3.1 Frage 8_PRE

Die Mehrheit der befragten Personen wählte bereits beim Pre-Test mit „Die Lampe leuchtet.“ die richtige Antwort aus. Wie in Abbildung 42 ersichtlich, schnitt die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) mit 72,7% am besten ab. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) folgte mit 65,4 % und die Testgruppe Frontalunterricht (3A) mit 54,2%. Dies wurde von 23,1% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 52,6% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 75% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) folgendermaßen begründet: „Weil der Schalter keine Auswirkung auf den Stromkreis hat.“

Weitere Begründungen lauteten z.B. wie folgt:

- „Weil der Strom zur Lampe kommt.“
- „Weil ein Stromkreis vorhanden ist.“
- „Weil der Strom um den Hebel kann.“
- „Weil zwischen Lampe und Energiequelle kein Schalter ist, der den Kreislauf unterbricht.“
- „Weil der Strom nicht zwingend über den Schalter gehen muss.“
- „Weil da eine Leitung ist.“
- „Weil eine Strecke von der Batterie zur Lampe führt.“
- „Weil der Kreis geschlossen ist.“

Als Begründungen warum das Lämpchen nicht leuchtet, wurden beispielsweise folgende Antworten gegeben:

- „Die Spannungsquelle hat keine direkte Verbindung zum Schalter.“
- „Weil es keinen freien Weg gibt.“
- „Die Stricke berühren sich nicht“
- „Es gibt keinen Anschluss“

- „Keine Ahnung, es ist halt so eine Lücke -> deswegen nein.“
- „Strom fließt nicht im Kreis.“
- „Weil der Schalter nicht unten ist.“
- „Weil dieser eine Strich unterbrochen ist.“
- „Verbindung muss geschlossen sein.“

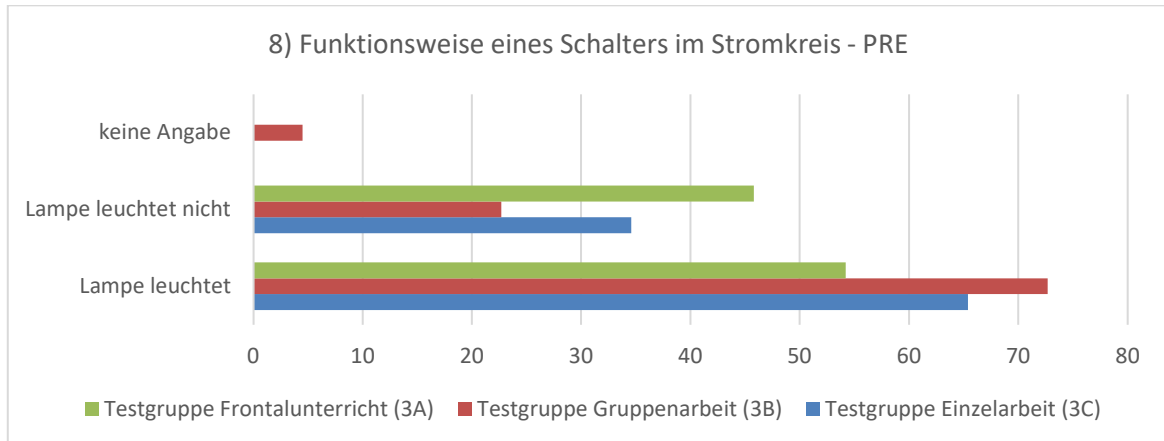


Abbildung 42: Frage 8_PRE - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis

6.1.3.2 Frage 8_POST

Wie in Abbildung 43 ersichtlich, gab beim Post-Test die überwiegende Mehrheit der Testpersonen die richtige Antwort an: „Die Lampe leuchtet“. In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) gaben 95,5%, in der Testgruppe Einzelarbeit (3C) gaben 88,5% und in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) gaben 79,2% die richtige Antwort an.

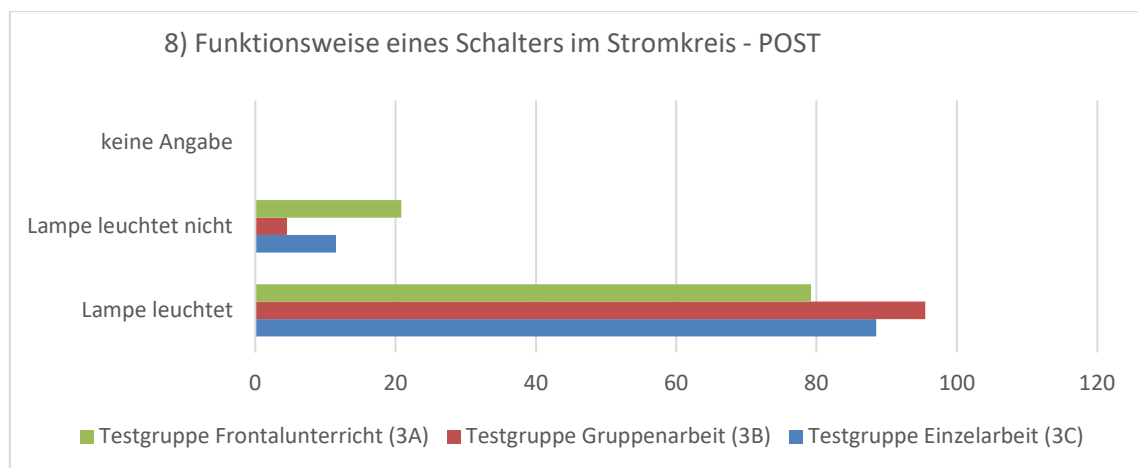


Abbildung 43: Frage 8_POST - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis

Bei dieser Frage konnte in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) der größte Wissenszuwachs von 25%, dicht gefolgt von der Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 23,1% registriert werden. Bei der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) wurde ein Wissenszuwachs von 15,8% ermittelt.

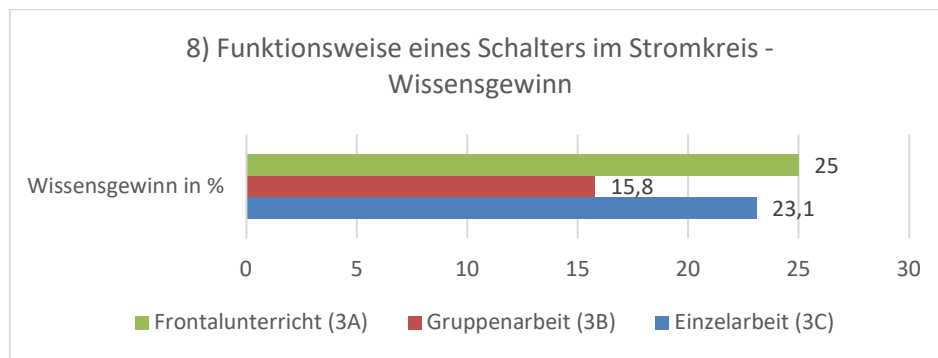


Abbildung 44: Frage 8_Wissensgewinn - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis

6.1.3.3 Frage 8_FOLUP

Beim Follow-up-Test konnte bei der Testgruppe Einzelarbeit (3C) und der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) eine Steigerung registriert werden. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) konnte sich um ca. 10% steigern und erreichte 100%. Die Gruppe mit der Gruppenarbeit (3B) konnte sich um etwa 12% steigern. Die Testgruppe mit dem Frontalunterricht (3A) verlor wiederum 4%.

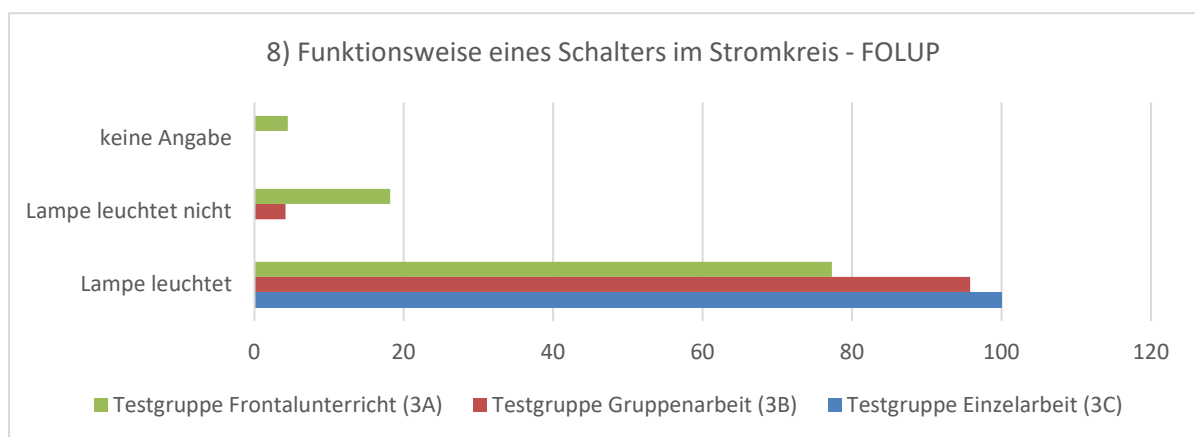


Abbildung 45: Frage 8_FOLUP - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis

6.1.4 Frage 9

Bei Frage 9 wurde geprüft, ob Schülerinnen und Schüler anhand einer Schaltung auf die Intensität der Leuchtkraft zweier Lämpchen schließen können. Die richtige Antwort lautet hier: „Lampe 1 und 2 leuchten mit gleicher Intensität und gleich stark wie Lampe 1, wenn diese sich alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.“

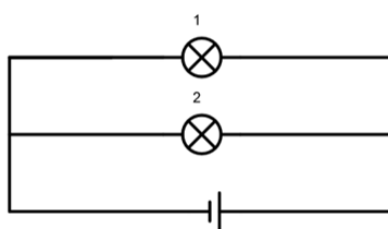


Abbildung 46: Frage 9 - Parallelschaltung mit zwei gleichen Lämpchen

6.1.4.1 Frage 9_PRE

Beim Pre-Test lieferte die Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 38,5% das beste Ergebnis, gefolgt von der Testgruppe Frontalunterricht (3A) mit 25%. Die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) erreichte 18,2%. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) wählte mit mehr als 45% die falsche Antwortmöglichkeit: „Lampe 1 und 2 leuchten mit gleicher Intensität, aber beide weniger stark als Lampe 1, wenn diese sich alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.“, was die Fehlvorstellung zur Konstantstromquelle von (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011/2015) widerspiegelt (siehe Kapitel 2.3.1.4).

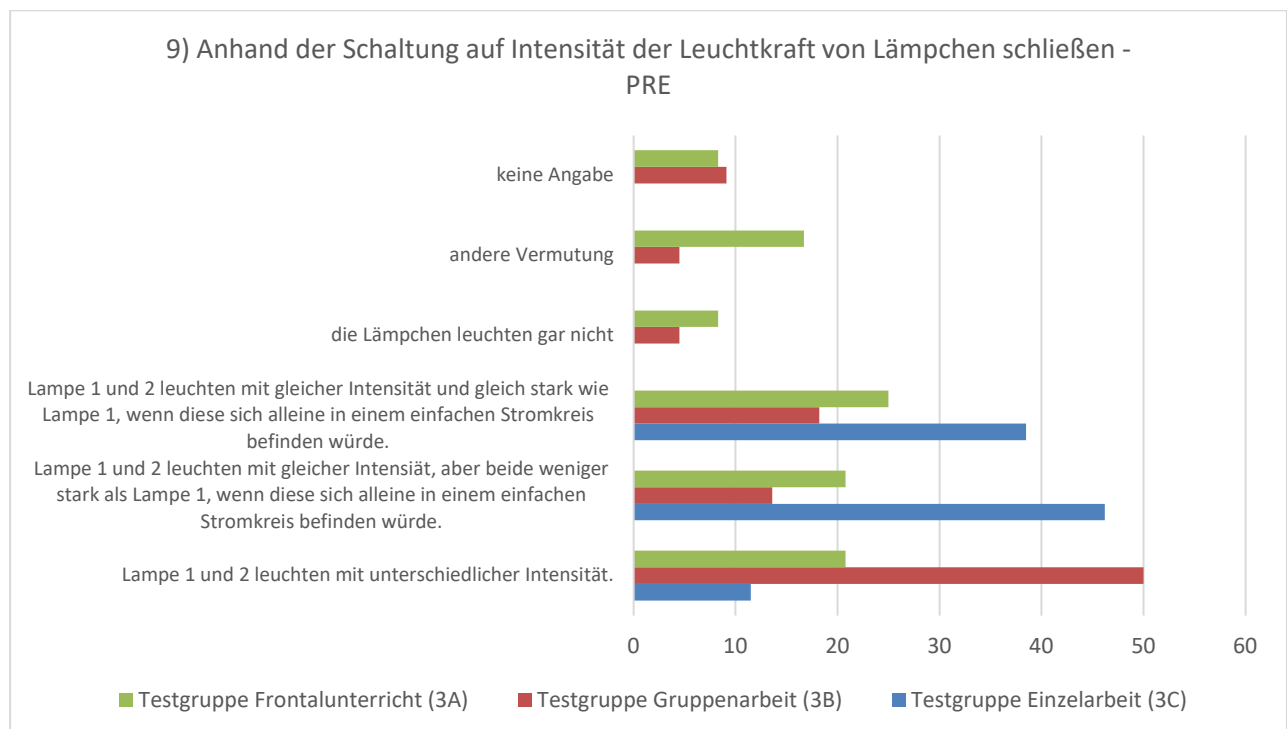


Abbildung 47: Frage 9_PRE - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen

6.1.4.2 Frage 9_POST

Mit 81,8% konnte die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) die richtige Antwort liefern. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) schnitt mit 62,5% am zweitbesten ab und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) erreichte 50%. Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Einzelarbeit (3C) konnten ihre Fehlvorstellung zur Konstantstromquelle revidieren. Es gab keine Testperson die Antwortmöglichkeit „die Lämpchen leuchten gar nicht“ an. Außerdem wählten nur mehr wenige Schülerinnen und Schüler die Antwortmöglichkeit „Lampe 1 und 2 leuchten mit unterschiedlicher Intensität“.

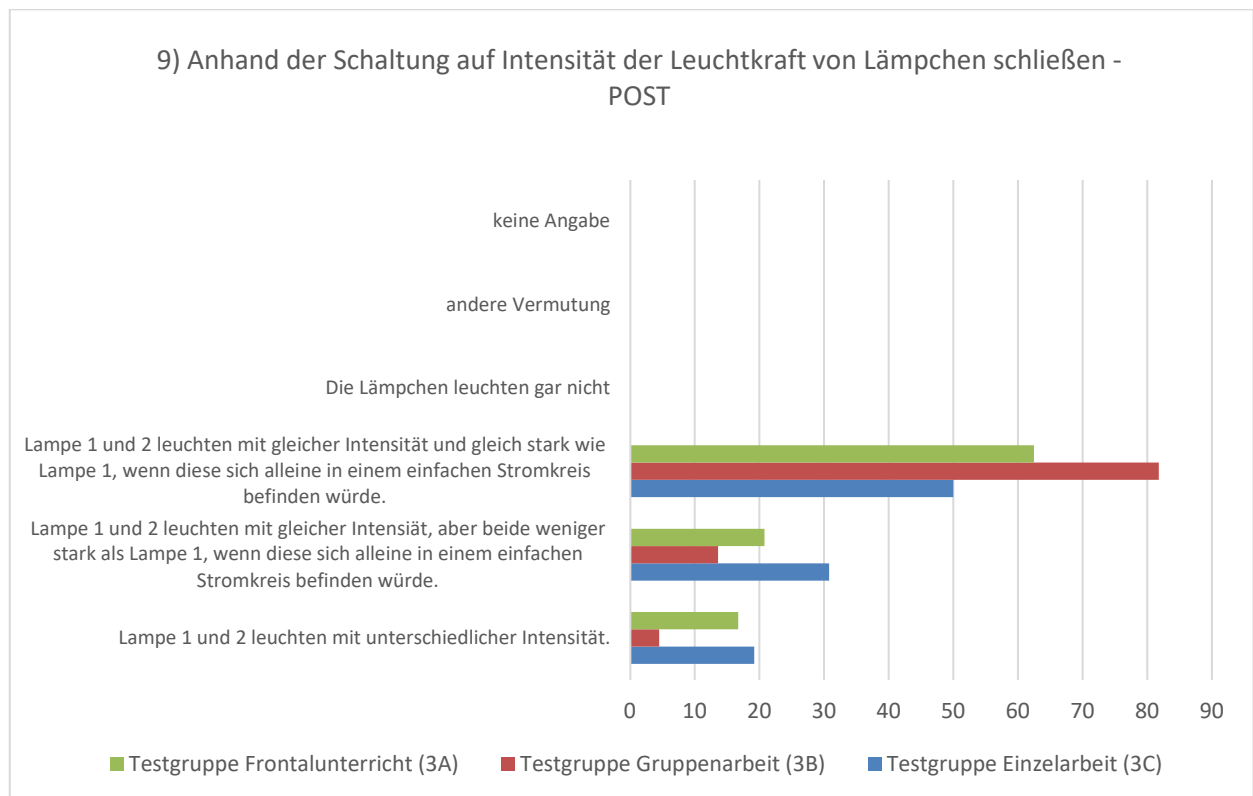


Abbildung 48: Frage 9_POST - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen

Bei dieser Frage konnte bei der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) der größte Wissensgewinn von 63,6% festgestellt werden. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) erreichte einen Wissenszuwachs von 37,5% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) einen Wissensgewinn von 11,5%:

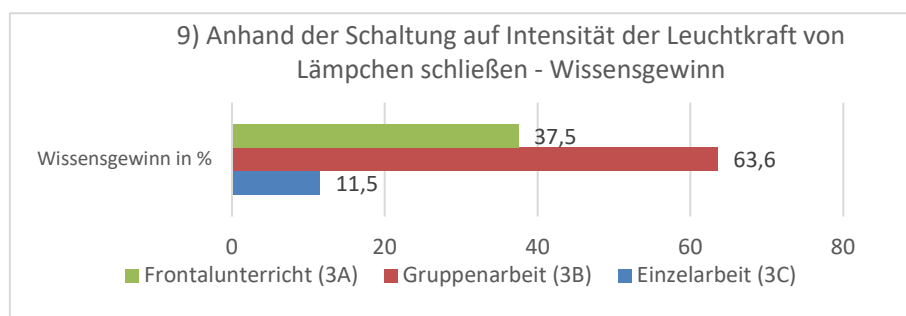


Abbildung 49: Frage 9_Wissensgewinn - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen

6.1.4.3 Frage 9_FOLUP

Wie in Abbildung 50 ersichtlich, wurde in der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) ein Lernrückgang 15,1% beobachtet. Es ist ersichtlich, dass viele Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe, wieder in die „Vorstellung zur Konstantstromquelle“ zurückfielen. Auch die Gruppe Frontalunterricht

(3A) erlebte einen Rückgang von 8%. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) konnte die richtigen Ergebnisse halten.

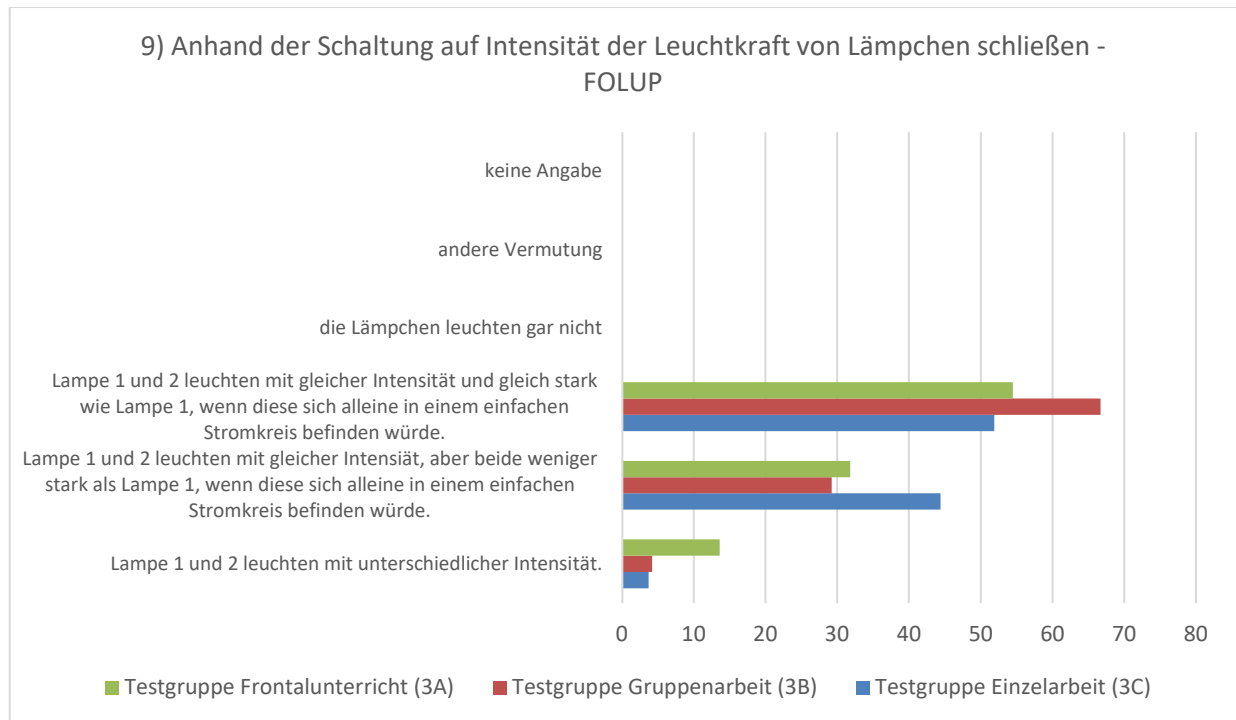


Abbildung 50: Frage 9_FOLUP - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen

6.1.5 Frage 10

In Frage 10 wurde abgefragt, an welcher Stelle im Stromkreis ein Spannungsabfall auftritt. Hierbei sollte herausgefunden werden, ob Schülerinnen und Schüler die Fehlvorstellung „Spannung ist eine Eigenschaft des Stromes“ aufweisen (von Rhöneck, 1986).

Bei Frage 10a sind folgende Spannungswerte zwischen den Punkten korrekt:

Punkte	Spannung zwischen den Punkten
1 und 2	0V
2 und 3	6V
3 und 4	0V

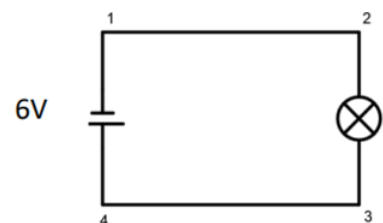


Abbildung 51: Frage 10a - Spannungswerte angeben

Bei Frage 10b sind folgende Spannungswerte zwischen den Punkten korrekt:

Punkte	Spannung zwischen den Punkten
1 und 2	0V
2 und 3	3V
3 und 4	3V

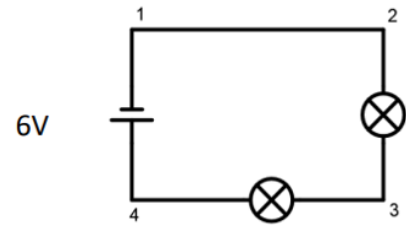


Abbildung 52: Frage 10b - Spannungswerte angeben

Bei der Auswertung wurde angegeben, ob Schülerinnen und Schüler bei der jeweiligen Frage alle Spannungswerte korrekt ausgefüllt haben.

6.1.5.1 Frage 10_PRE

Beim Pre-Test haben nur wenige Testpersonen „keine Angabe“ gewählt. Keine Person der Testgruppen wählte alle Werte für den Spannungsabfall an der Lampe korrekt aus.

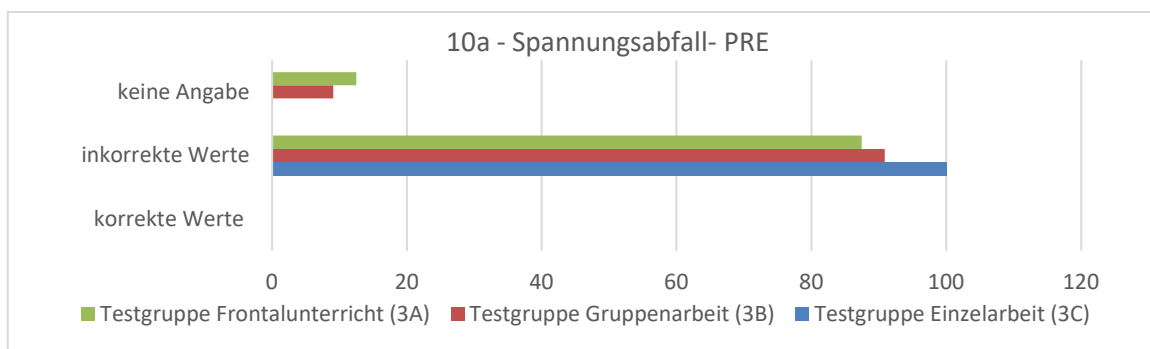


Abbildung 53: Frage 10a_PRE – Spannungsabfall

Auch bei Frage 10b ergab sich ein ähnliches Ergebnis. Keine Person der Testgruppen gab alle richtigen Werte für den Spannungsabfall an den zwei Lampen an.

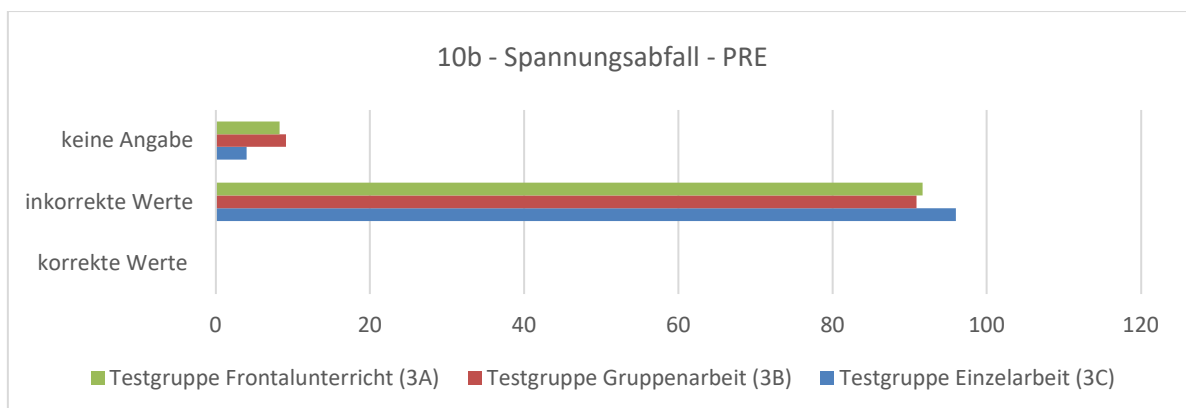


Abbildung 54: Frage 10a_PRE - Spannungsabfall

6.1.5.2 Frage 10_POST

Beim Post-Test konnte bei Frage 10a ein deutlicher Lernerfolg im Vergleich zum Pre-Test erreicht werden. Wie in Abbildung 55 ersichtlich, konnten 58,3% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 40,9% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 34,6% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) die richtigen Werte angeben.

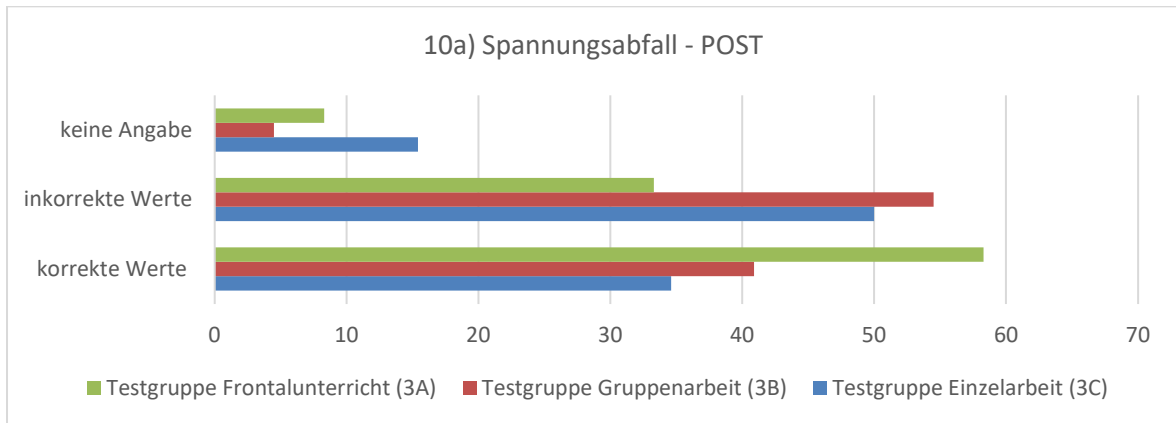


Abbildung 55: Frage 10a_POST - Spannungsabfall

Bei Frage 10a konnte die Testgruppe Frontalunterricht (3A) den größten Lernzuwachs mit 58,3% erreichen. Die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) erreichte einen Wissensgewinn von 40,9% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) erreichte einen Wissensgewinn von 34,6%.

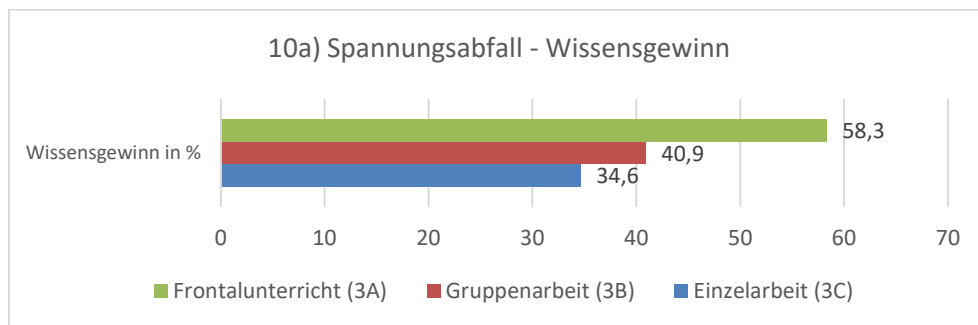


Abbildung 56: Frage 10a_Wissensgewinn - Spannungsabfall

Bei Frage 10b konnte, wie in Abbildung 57 ersichtlich, in der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) das beste Ergebnis mit 31,8% erzielt werden. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) schnitt mit 29,2% am zweitbesten ab, gefolgt von Testgruppe Einzelarbeit (3C) mit 19,2%.

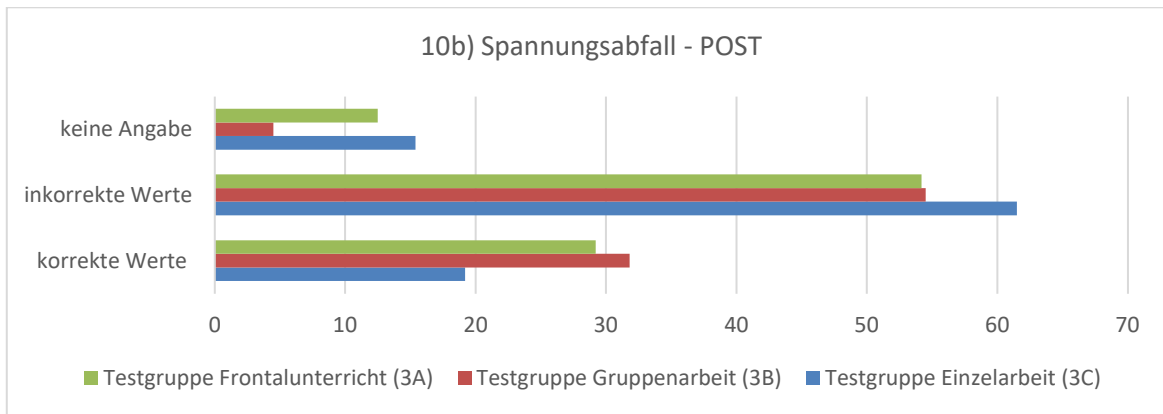


Abbildung 57: Frage 10b_POST - Spannungsabfall

Bei Frage 10b konnte bei der Kontrollgruppe Gruppenarbeit (3B) ein Wissenszuwachs von 31,8% und bei der Testgruppe Frontalunterricht (3A) ein Wissenszuwachs von 29,2% erreicht werden. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) erreichte einen Lernzuwachs von 19,2%.

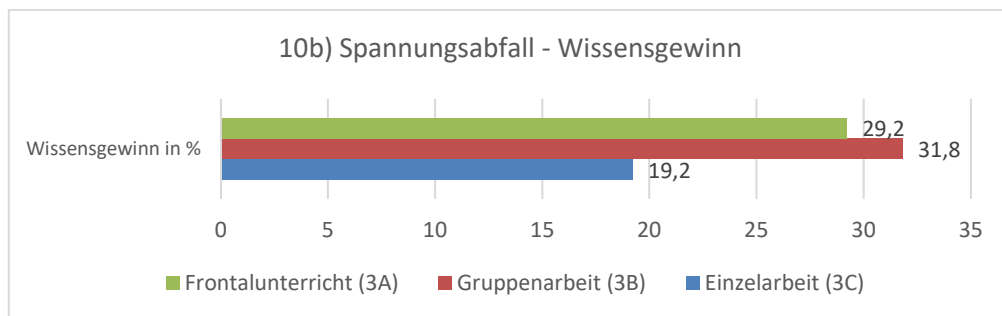


Abbildung 58: Frage 10b_Wissensgewinn - Spannungsabfall

6.1.5.3 Frage 10_FOLUP

Beim Follow-up-Test zeigte sich bei den korrekten Antworten bei Frage 10a in der Gruppe Frontalunterricht (3A) und Einzelarbeit (3C) nur ein minimaler Unterschied im Vergleich zum Post-Test. Die Schülerinnen und Schüler behielten also ihr vorhandenes Wissen. In der Kontrollgruppe Gruppenarbeit (3B) stieg das Ergebnis um fast 10%.

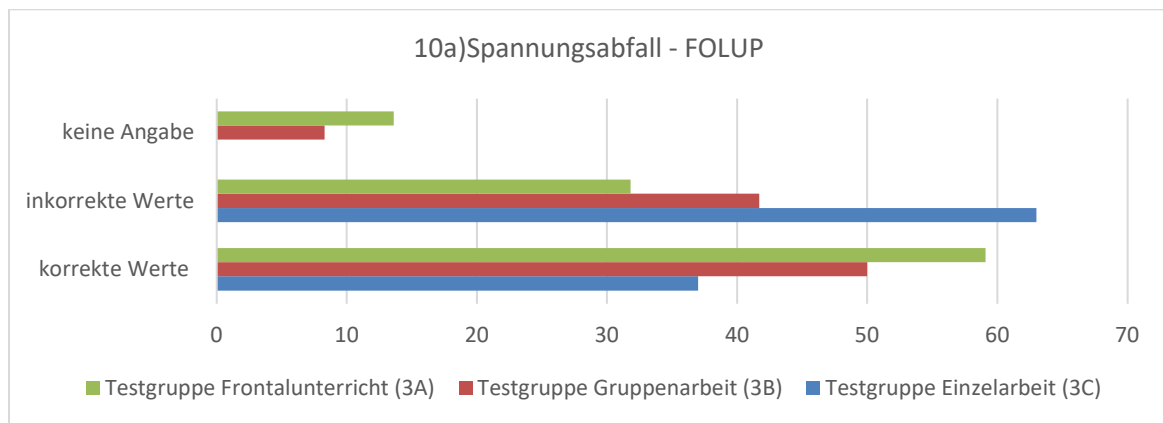


Abbildung 59: Frage 10a_FOLUP - Spannungsabfall

Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) und die Testgruppe Frontalunterricht (3A) konnte ihr Ergebnis halten und im Vergleich zum Post-Test um 10% verbessern. Die Kontrollgruppe Gruppenarbeit (3B) konnte ebenfalls ihr Ergebnis halten und noch um ca. 5% verbessern.

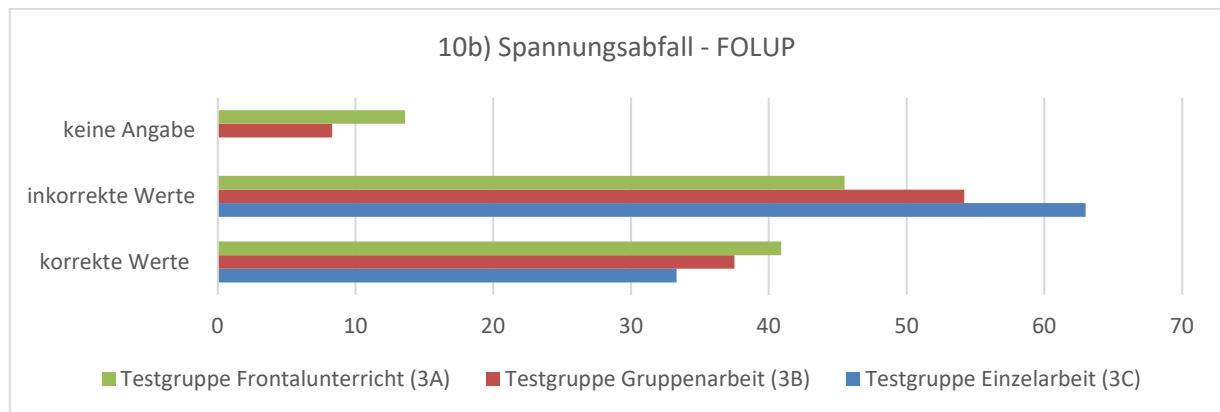


Abbildung 60: Frage 10b_FOLUP - Spannungsabfall

6.1.6 Frage 11

Frage 11 stellt eine komplexe Aufgabe (siehe Abbildung 61) dar, bei welcher die Schülerinnen und Schüler herausfinden sollten, welches der Lämpchen heller leuchtet. Die korrekte Antwort lautet „C leuchtet heller als B“, da durch C ein höherer Strom als durch B fließt.

In den ersten zwei Einheiten aller drei Testgruppen wurden keine gemischten Schaltungen behandelt. Erst in der dritten Unterrichtseinheit wurde im Plenum in allen drei Testgruppen komplexe Aufgaben, ähnlich wie in Frage 11 miteinander besprochen bzw. auch berechnet.

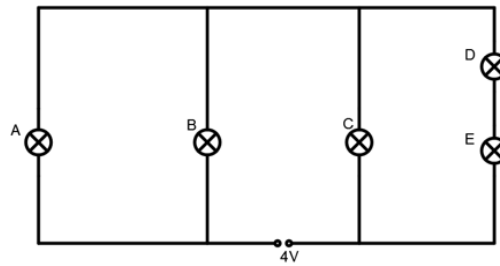


Abbildung 61: Frage 11 - Gemischte Schaltung

6.1.6.1 Frage 11_PRE

Wie in Abbildung 62 ersichtlich, konnten nur wenige Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Frontalunterricht (3A) und der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) die richtige Antwort „C leuchtet heller als B“ geben. Von der Testgruppe Einzelarbeit (3C) gab keine Testperson die richtige Antwort an. 92,3% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), 68,2% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 66,7% der Testgruppe Frontalunterricht (3A) gaben die falsche Antwort an: „B und C leuchten gleich hell“. Viele Schülerinnen und Schüler fehlte eine plausible Erklärung für ihre Hypothese. Es gab allerdings ein paar Erklärungsversuche, die zu ähnlichen Antworten zusammengefasst wurden:

- „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, da sie den gleichen Abstand zur Batterie haben.“
- „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, weil es parallel und gleich weit entfernt von den 4V ist.“
- „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, weil sich die Spannung durch A und B vermindert wird und sich der Strom zusätzlich auf 2 Leitungen aufteilt.“
- „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, da sich der Strom fast gleich aufteilt.“

62,5% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 75% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 75% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), welche „B und C leuchten gleich hell“, gaben folgendes an: „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, da sie den gleichen Abstand zur Batterie haben“ und „Die Lämpchen B und C leuchten gleich hell, weil es parallel und gleich weit entfernt von den 4V ist.“ Hierbei wird von einer parallelen Darstellung direkt auf die Parallelschaltung von zwei Widerständen geschlossen (von Rhöneck, 1986).

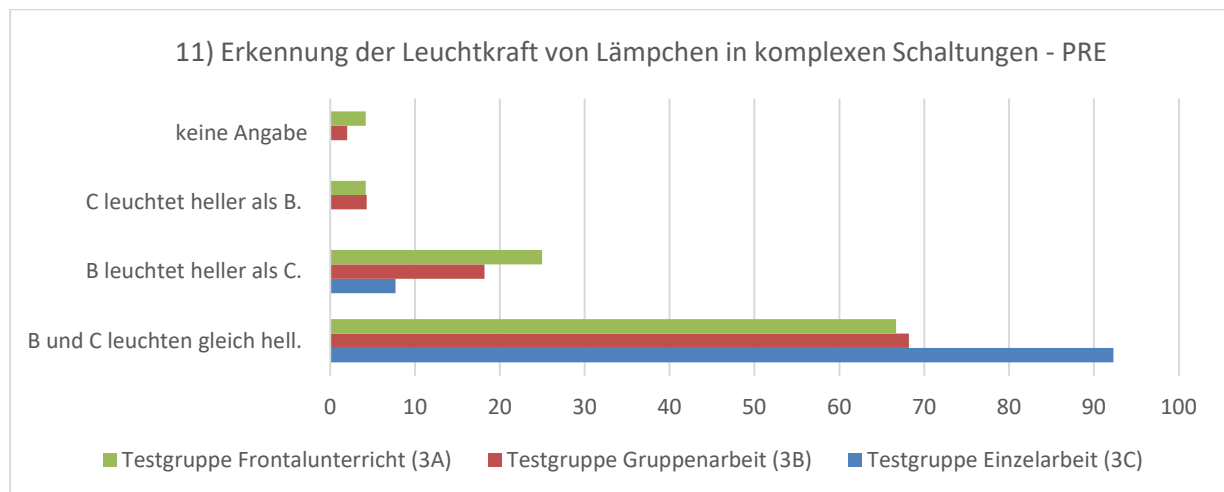


Abbildung 62: Frage 11_PRE - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen

6.1.6.2 Frage 11_POST

Beim Post-Test konnten 54,2% der Testgruppe Frontalunterricht (3A) und 30,8% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) die Aufgabe richtig lösen. In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) konnte keine Testperson die Aufgabe richtig lösen. 95,5% der Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) entschieden sich stattdessen für die falsche Antwort: „B und C leuchten gleich hell“.

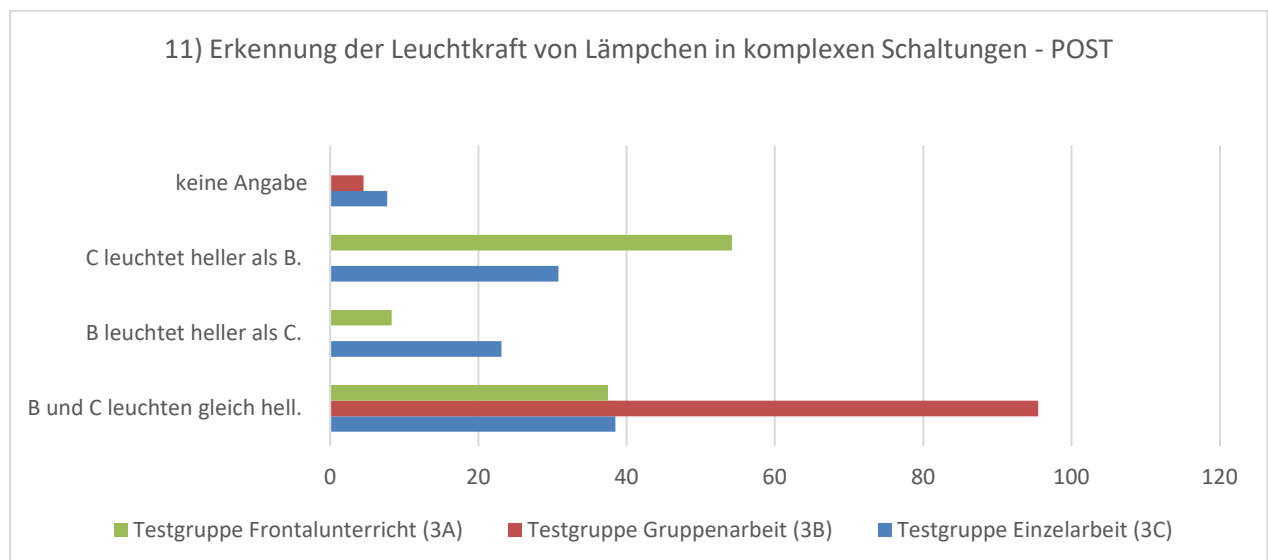


Abbildung 63: Frage 11_POST - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen

Wie in Abbildung 64 ersichtlich, konnte die Testgruppe Frontalunterricht (3A) einen Wissensgewinn von 50% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) einen Wissensgewinn von 30,8% verzeichnen. In der Kontrollgruppe Gruppenarbeit (3B) wurde ein negativer Wissensgewinn

registriert. Ein Grund dafür könnte sein, dass sich die Fehlvorstellung durch gegenseitige Beeinflussung der Gruppenmitglieder noch verstärkt hat.

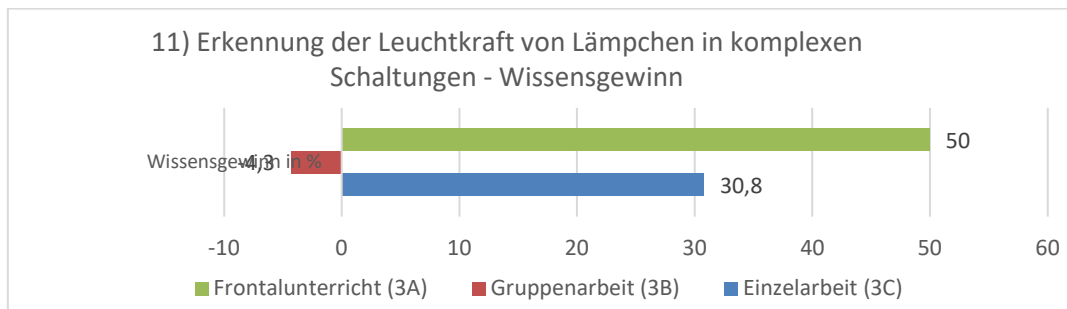


Abbildung 64: Frage 11_Wissensgewinn - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen

6.1.6.3 Frage 11_FOLUP

Beim Follow-up-Test zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Frontalunterricht (3A) signifikant Wissensverluste verzeichneten. Ihr kurzfristig erlerntes Wissen konnte nicht lange behalten werden. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass durch den Frontalunterricht das Wissen nicht tief im Gedächtnis verankert wurde. 14,8% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) wählten bei dieser Frage die richtige Antwort aus. Die Schülerinnen und Schüler der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) schnitten im Vergleich zum Post-Test mit 4,3% minimal besser ab als beim Post-Test.

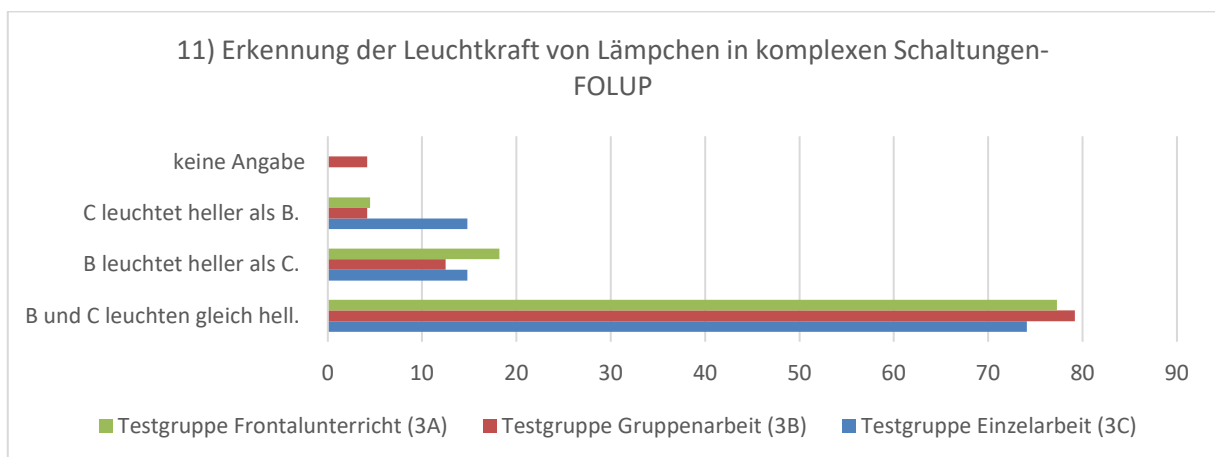


Abbildung 65: Frage 11_FOLUP - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen

6.1.7 Frage 12

Bei Frage 12 wurde die Information bereitgestellt, dass die Leuchtkraft bei allen drei Lämpchen gleich ist. Die Schülerinnen und Schüler sollten daraus folgern, dass es sich hierbei, wie in Abbildung 66 angeführt, um eine reine Parallelschaltung handelt.

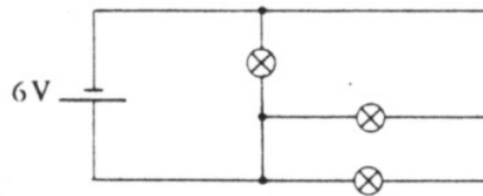


Abbildung 66: Frage 12 - Parallelschaltung

6.1.7.1 Frage 12_PRE

Bei Pre-Test gaben, wie in Abbildung 67 ersichtlich, viele Testpersonen keine oder die falsche Antwort auf diese offene Frage. 30,8% der Testgruppe Einzelarbeit (3C), 24% der Testgruppe Frontalunterricht (3A) und 22,7% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) konnten schlussfolgern, dass es sich hierbei um eine reine Parallelschaltung handelt.

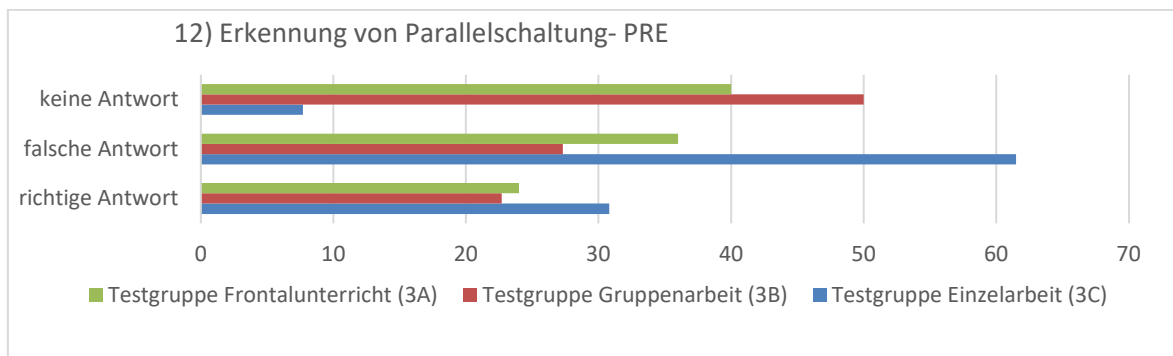


Abbildung 67: Frage 12_PRE - Erkennung von Parallelschaltung

6.1.7.2 Frage 12_POST

Wie in Abbildung 68 ersichtlich konnten beim Post-Test die meisten Schülerinnen und Schüler erkennen, dass es sich hierbei um eine Parallelschaltung handelt und auch korrekt angeben, warum alle drei Lämpchen mit der gleichen Intensität leuchten. Hierbei schnitt die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) mit 72,7% am besten ab. Die Testgruppe Einzelarbeit (3C) folgte mit 61,5%. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) schnitt mit einem Ergebnis von 58,3% dicht dahinter ab.

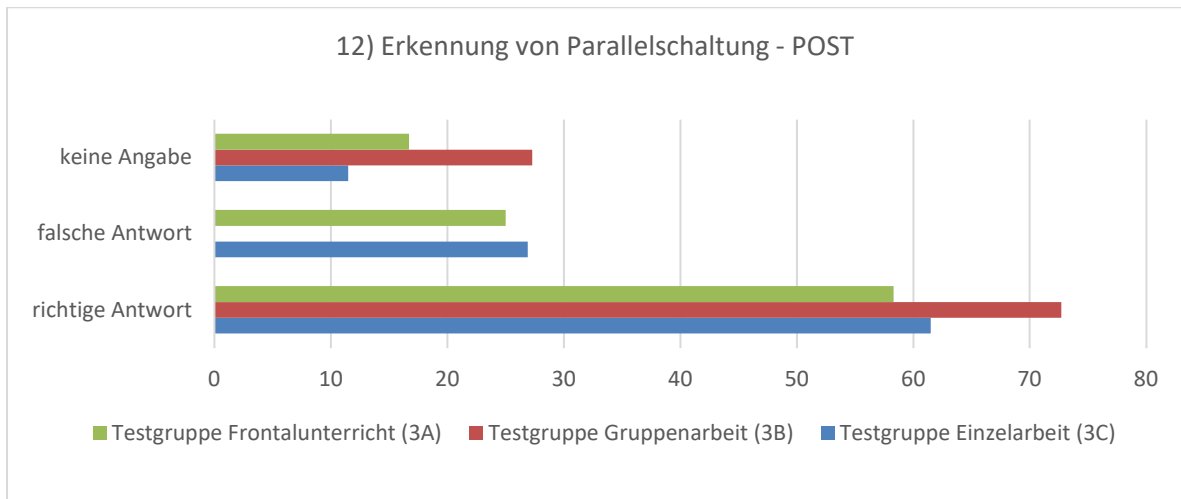


Abbildung 68: Frage 12_POST - Erkennung von Parallelschaltung

Beim Lernzuwachs war die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) bei dieser Aufgabe mit 50% am stärksten. Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) schnitt mit einem Wissenszuwachs von 34,3% ab und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) schnitt mit einem Wissenszuwachs von 30,7% ab.

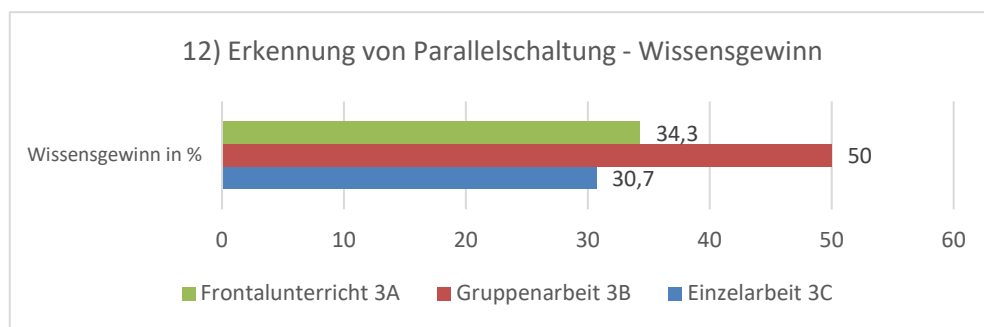


Abbildung 69: Frage 12_Wissensgewinn - Erkennung von Parallelschaltung

6.1.7.3 Frage 12_FOLUP

Beim Follow-up-Test zeigte sich, dass die Teilnehmer der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ihr Ergebnis halten und auf 70,4% verbessern konnten. Sowohl die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) als auch die Testgruppe Frontalunterricht (3A), wiesen einen signifikanten Rückgang der korrekten Antworten auf. Dabei fiel der Prozentsatz richtiger Antworten in der Testgruppe Frontalunterricht (3A) um mehr als 20% und in der Gruppenarbeit (3B) um etwa 5%.

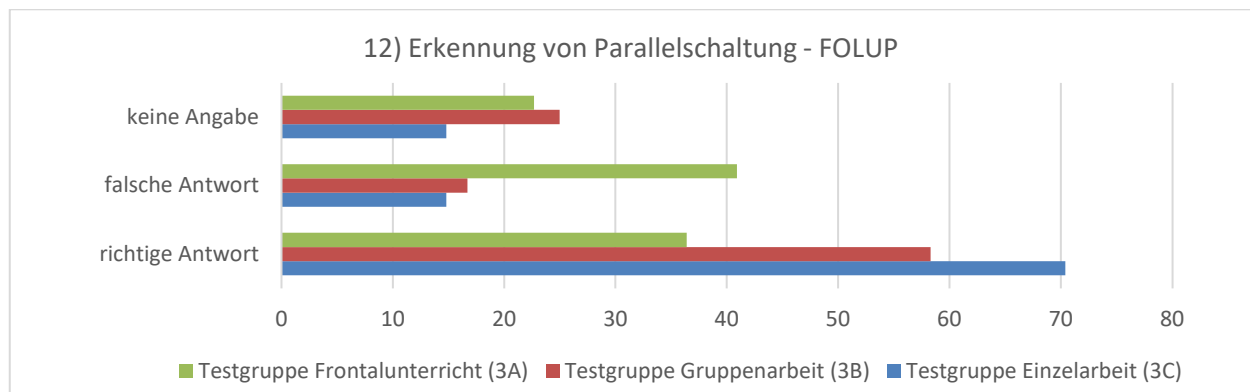


Abbildung 70: Frage 12_FOLUP - Erkennung von Parallelschaltung

6.1.8 Frage 13

Bei Frage 13 sollte herausgefunden werden ob bei Schülerinnen und Schülern die Fehlvorstellung besteht, dass der Strom beim Durchfließen von jedem einzelnen Lämpchen verbraucht wird und somit die Leuchtstärke abnimmt (Stromverbrauchsvorstellung). Die richtige Antwort ist hier: „Lampe 5 leuchtet gleich hell wie Lampe 1.“

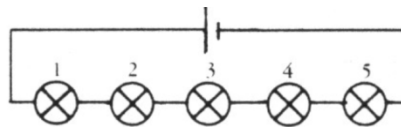


Abbildung 71: Frage 13 - Reihenschaltung

6.1.8.1 Frage 13_PRE

Bei Frage 13 wählten 45,5% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B), 45,2% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) und 41,7% der Testgruppe Frontalunterricht (3A) die richtige Antwort: „Lampe 5 leuchtet gleich hell wie Lampe 1“. Jedoch wurden bei etwa 68,8% der Testgruppe Frontalunterricht (3A), 58,8% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 56,3% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) der richtig angekreuzten Antworten die falschen Begründungen angeführt, welche wieder eine geometrische Komponente beinhaltet.

Zum Beispiel führten Schülerinnen und Schüler folgende Begründungen an:

- „Da sie gleich weit von der Lampe entfernt sind.“
- „Gleich weit weg“
- „Weil sie gleich weit von der Batterie entfernt, sind“

Schülerinnen und Schüler, welche die falschen Antwortmöglichkeiten wählten, führten beispielsweise folgende Begründungen an:

- „Lampe 5 leuchtet schwächer als Lampe 1, weil Lampe 1 den Strom zuerst verbraucht.“

- „Der Strom geht durch die Lampe, ein bisschen etwas wird aufgebraucht und er geht weiter“.

Hierbei wurde von den Schülerinnen und Schülern vor allem von der Stromverbrauchsvorstellung, wie in Kapitel 2.3.1.2 beschrieben, Gebrauch gemacht.

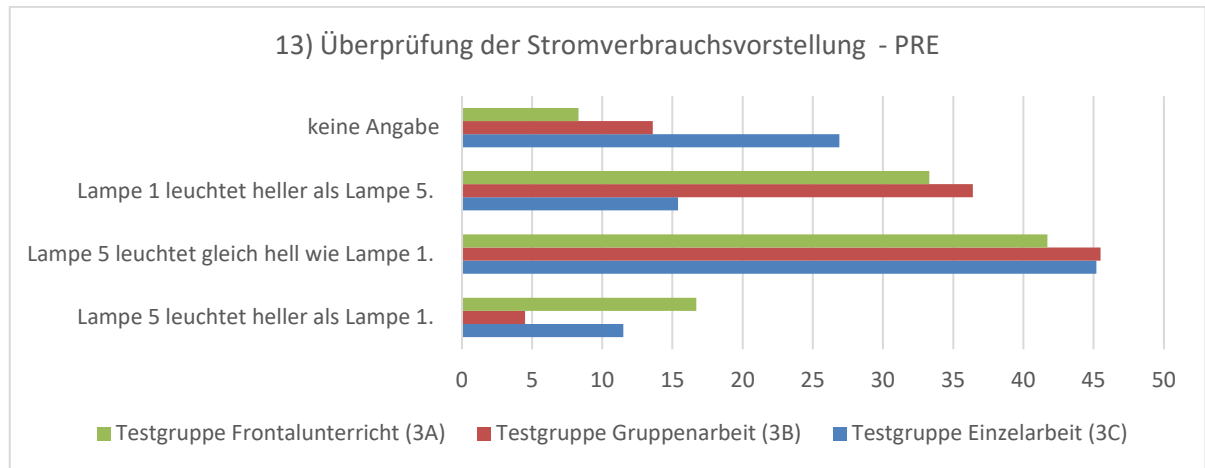


Abbildung 72: Frage 13_PRE - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung

6.1.8.2 Frage 13_POST

Bei allen drei Testgruppen ist eine deutliche Lernverbesserung festzustellen. Insbesondere die Testgruppe Frontalunterricht (3A), weist erhebliche Fortschritte auf und konnte mit 75% zum Großteil die korrekte Antwort liefern. Weiters lieferten 63,3% der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) und 61,5% der Testgruppe Einzelarbeit (3C) die richtige Antwort.

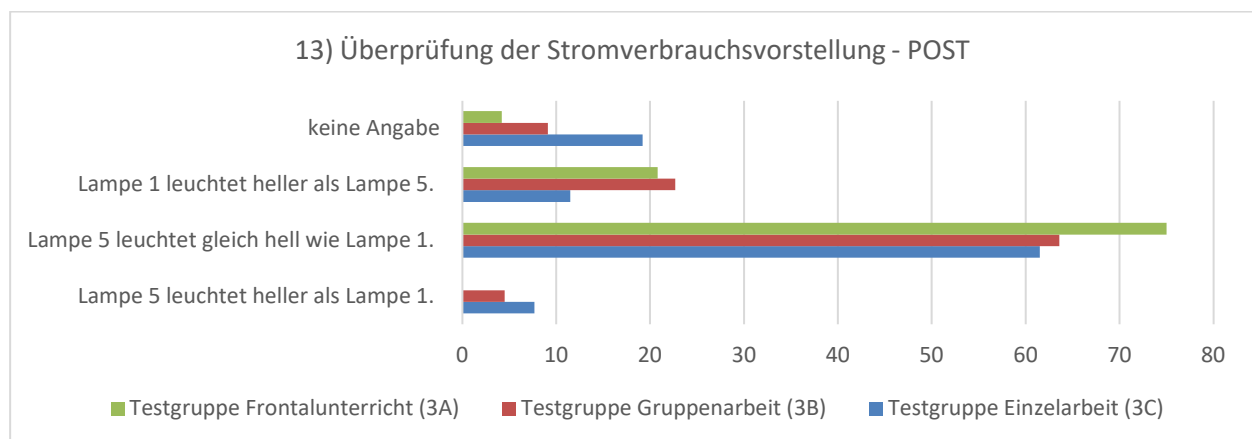


Abbildung 73: Frage 13_POST - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung

Wie in Abbildung 74 ersichtlich, führt beim Wissenszuwachs die Gruppe Frontalunterricht (3A) mit 33,3%. Die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) folgte mit 21,9% und die Testgruppe Einzelarbeit (3C) folgt mit 16,3%.

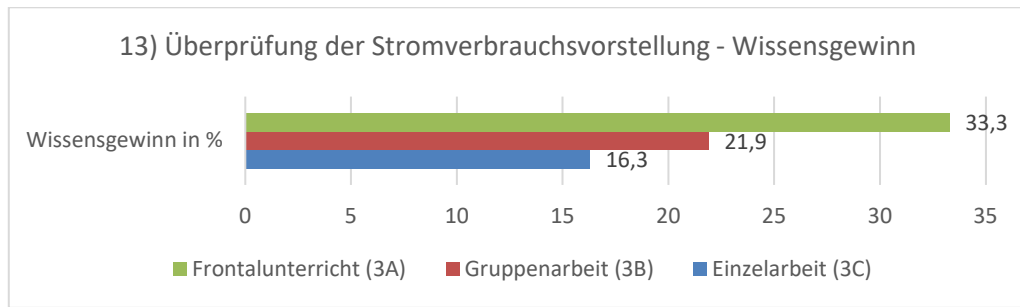


Abbildung 74: Frage 13 _Wissensgewinn - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung

6.1.8.3 Frage 13_FOLUP

Wie in Abbildung 75 ersichtlich, schnitt die Testgruppe Einzelarbeit (3C) beim Follow-up-Test mit 85,2% am besten ab. Sie konnte sich um 23,7% steigern. In der Testgruppe Frontalunterricht (3A) gaben 54,5% der Schülerinnen und Schüler die richtige Antwort an. Diese Testgruppe verzeichnete einen Wissensverlust von etwa 20%. In der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) gaben 50% der Schülerinnen und Schüler die richtige Antwort an. Die Testgruppen Gruppenarbeit (3B) verzeichnete einen Wissensverlust von etwa 13%.

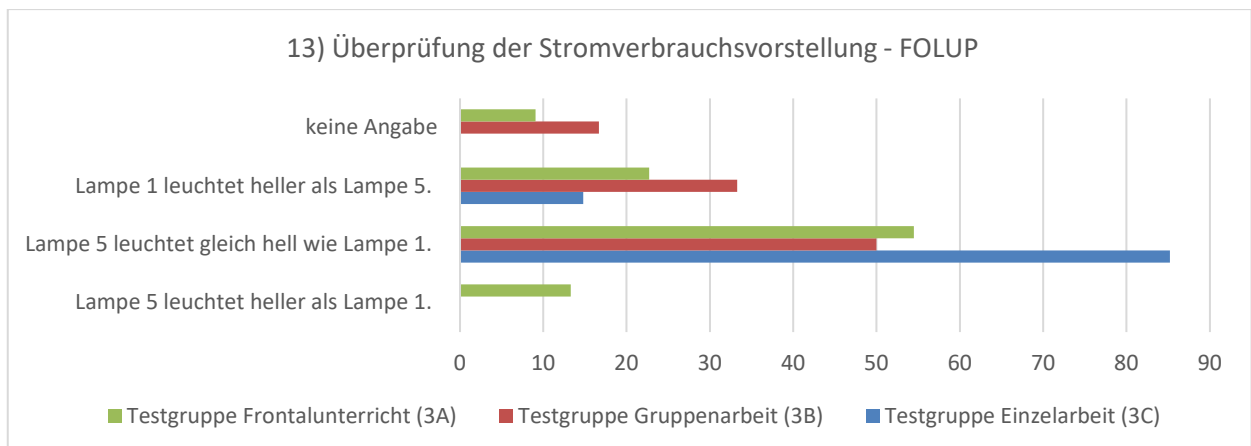


Abbildung 75: Frage 13_FOLUP - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung

6.2 Gesamtauswertung

In diesem Kapitel erfolgte eine erneute Zusammenfassung der Ergebnisse, wodurch Rückschlüsse auf den kurz- und/oder langfristigen Lernerfolg der Testgruppen gezogen wurden.

6.2.1 Frontalunterricht

In der Abbildung 76 ist die Gesamtauswertung des Lernerfolgs der Testgruppe Frontalunterricht (3A) ersichtlich. Hierbei wurden alle richtigen Ergebnisse der Fragen in Prozent beim Pre-, Post- und Follow-up-Test angeführt.

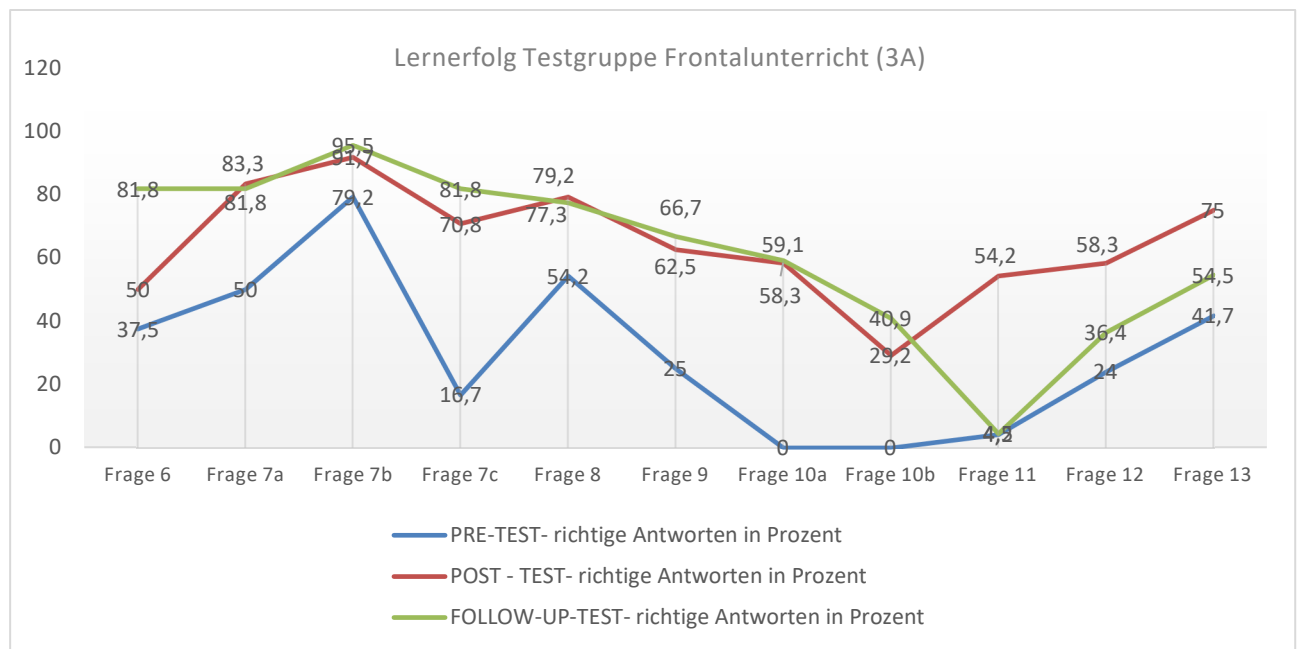


Abbildung 76: Lernerfolg Testgruppe Frontalunterricht (3A)

Die Testgruppe Frontalunterricht (3A) verzeichnete einen deutlichen kurzfristigen Lernerfolg. Bei komplexen Fragen wie 12 und 13 und besonders bei Frage 11 konnten Rückgänge des langfristigen Lernerfolgs festgestellt werden. Hierbei fielen viele Schülerinnen und Schüler in ihre vorherigen Fehlvorstellungen zurück. Bei einfachen Fragestellungen war ein langfristiger Lernerfolg sichtbar. Wie in Tabelle 3 ersichtlich, liegt der Mittelwert der richtigen Antworten aller Fragen beim Post-Test bei 64,7% und beim Follow-up Test bei 58,1%.

Der Mittelwert des Follow-up-Tests wurde durch den starken Wissensverlust bei komplexeren Aufgabenstellungen negativ beeinflusst. Es scheint daher, dass Frontalunterricht (3A) für das Kapitel "Serien- und Parallelschaltungen" in der Elektrizitätslehre besonders für kurzfristigen Lernerfolg geeignet ist. Beim Follow-up-Test war bei komplexen Aufgabenstellungen ein deutlicher Wissensverlust sichtbar.

Tabelle 3: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Frontalunterricht (3A)

	Pre-Test Frontalunterricht	Post-Test Frontalunterricht	Follow-up-Test Frontalunterricht
Mittelwert der richtigen Antworten	30,22%	64,77%	61,85%

6.2.2 Gruppenarbeit

In der Abbildung 77 ist die Gesamtauswertung des Lernerfolgs der Testgruppe Gruppenarbeit (3B) ersichtlich. Hierbei werden alle richtigen Ergebnisse der Fragen in Prozent beim Pre-, Post- und Follow-up-Test angeführt.

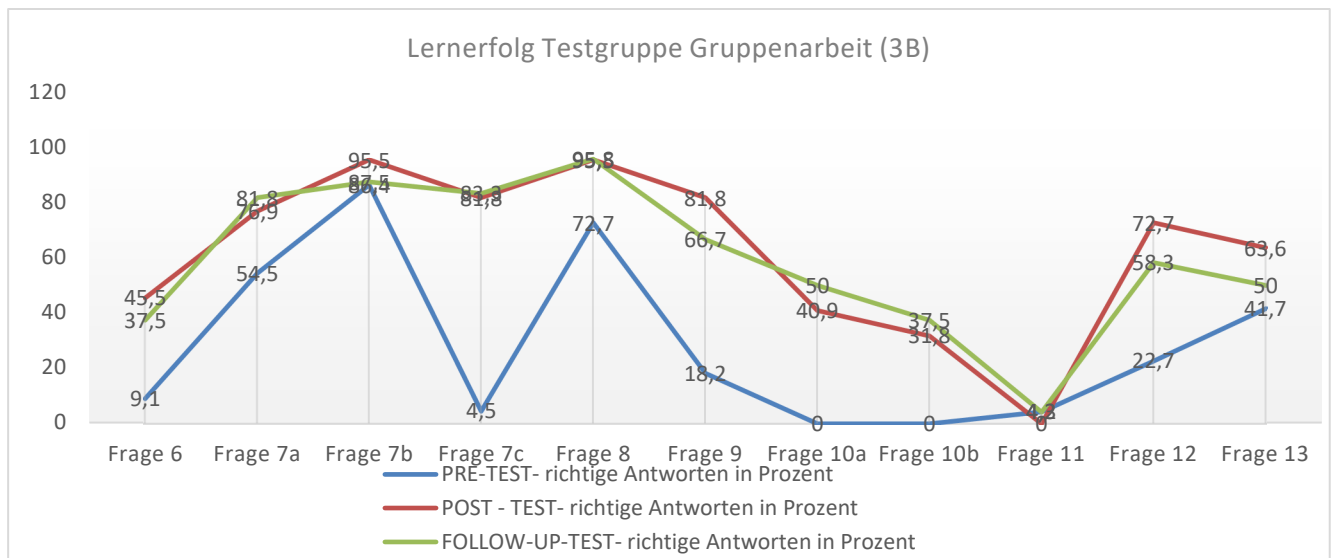


Abbildung 77: Lernerfolg Testgruppe Gruppenarbeit (3B)

Die Testgruppe Gruppenarbeit (3B) zeigte nur minimale Unterschiede zwischen dem kurzfristigen und langfristigen Lernerfolg. Die Schülerinnen und Schüler konnten bei vielen Fragen ihr erlangtes Wissen über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten. Nur bei den Fragen 7b, 9, 12, und 13 sind kleinere Abweichungen bemerkbar. Bei Frage 11 wurde kein Lernerfolg beobachtet. Dass bei der Gruppenarbeit ein kurzfristiger und langfristiger Lernerfolg ersichtlich ist, konnte durch den Mittelwert der richtigen Antworten aller Fragen, wie in Tabelle 4 ersichtlich, bestätigt werden.

Tabelle 4: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Gruppenarbeit (3B)

	Pre-Test Gruppenarbeit	Post-Test Gruppenarbeit	Follow-up-Test Gruppenarbeit
Mittelwert der richtigen Antworten	28,55%	62,36%	60,31%

6.2.3 Einzelarbeit

In der Abbildung 78 ist die Gesamtauswertung der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ersichtlich. Hierbei werden alle richtigen Ergebnisse der Fragen in Prozent beim Pre-, Post- und Follow-up-Test angeführt.

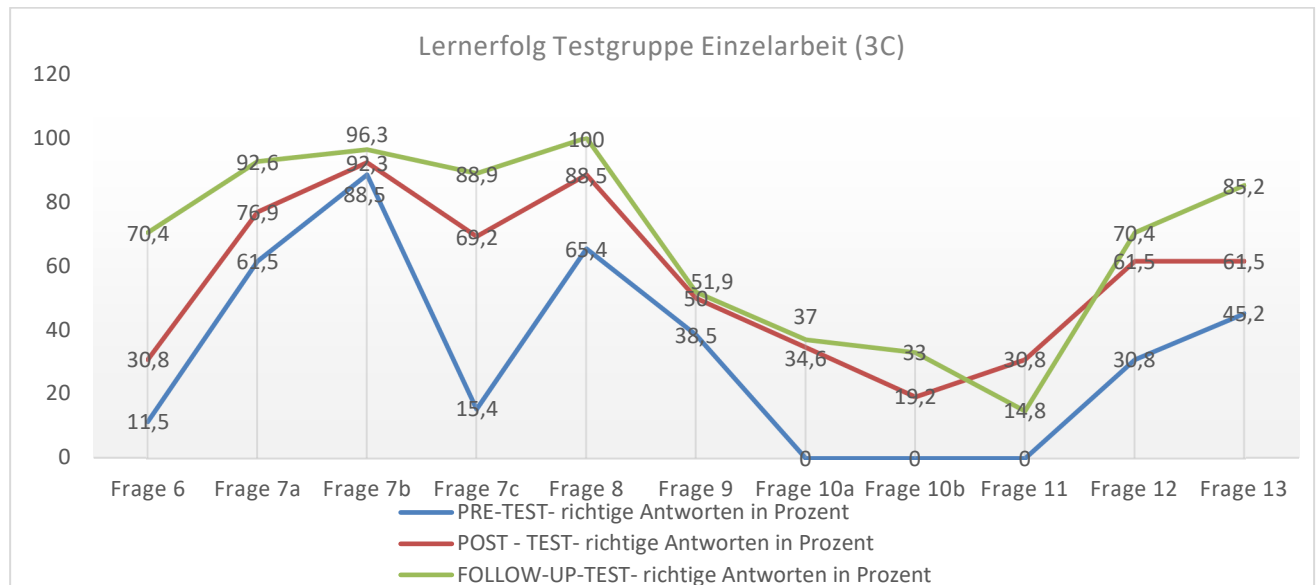


Abbildung 78: Lernerfolg Testgruppe Einzelarbeit (3C)

Bei der Testgruppe Einzelarbeit (3C) ist deutlich zu erkennen, dass ein kurzfristiger und langfristiger Lernerfolg gegeben ist. Die Schülerinnen und Schüler konnten beim Follow-up-Test ihre Ergebnisse sogar noch verbessern. Dies kann auch durch den Mittelwert der richtigen Antworten aller Fragen, wie in Tabelle 5 ersichtlich, bestätigt werden. Besonders bei den Fragen 6 und 13 konnte eine Verbesserung um mehr als 20% beim Follow-up zum Vergleich zum Post-Test festgestellt werden. Auffallend ist außerdem, dass beim Follow-up Test alle Testpersonen die Frage 8 richtig beantworten konnten. Nur bei der komplexen Fragestellung 11 konnte ein Wissensverlust beim Follow-up-Test verzeichnet werden.

Tabelle 5: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Einzelarbeit (3C)

	Pre-Test Einzelarbeit	Post-Test Einzelarbeit	Follow-up-Test Einzelarbeit
Mittelwert der richtigen Antworten	32,44%	55,94%	67,32%

6.2.4 Vergleich zwischen Mädchen und Buben beim Pre-Test

In Abbildung 79 ist ein Vergleich der Leistungen von Mädchen und Jungen aus allen Testgruppen im Pre-Test dargestellt.

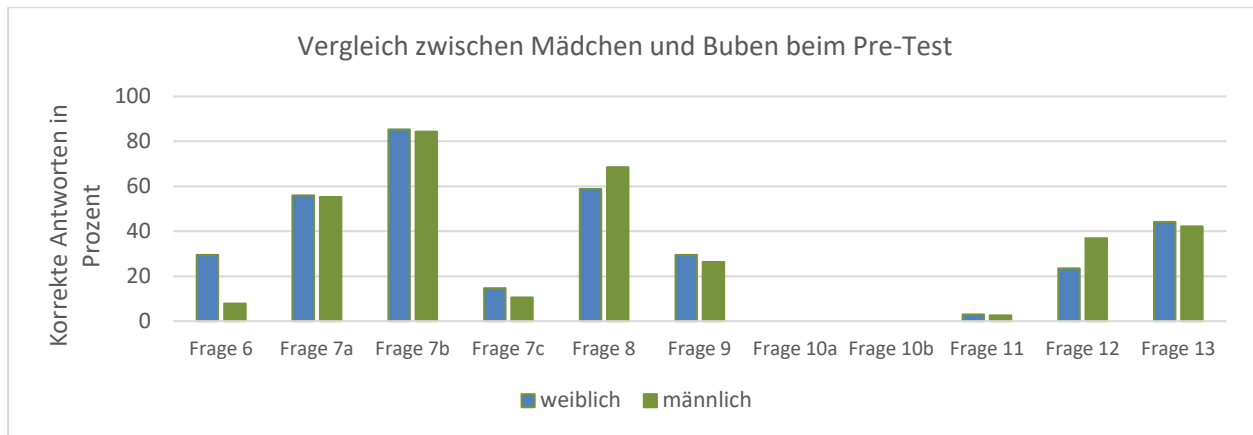


Abbildung 79: Vergleich zwischen Mädchen und Buben beim Pre-Test

Hierbei schnitten die weiblichen Testpersonen bei den Fragen 6, 7c, 9 und 13 besser ab als die männlichen Testpersonen. Insbesondere bei Frage 6 zeigte sich, dass die Fehlvorstellungen zum Stromverbrauch bei männlichen Testpersonen offenbar tiefer verwurzelt waren. Andererseits zeigten männliche Testpersonen bei den Fragen 8 und 12 eine höhere Anzahl korrekter Antworten im Vergleich zu den weiblichen Testpersonen. Jedoch wurde insgesamt kein bedeutender Unterschied in den Leistungen der Mädchen und Jungen unter allen getesteten Personen beim Pre-Test festgestellt.

6.3 Interpretation der Ergebnisse

In den folgenden Absätzen erfolgt eine Interpretation der Ergebnisse der Auswertung des Pre-, Post- und Follow-up-Tests. In der anschließenden Diskussion werden die wichtigsten Aspekte der Interpretation hervorgehoben.

6.3.1 Pre-Test

Beim Pre-Test zeigten alle drei Testgruppen, wie aus der Gesamtauswertung in Absatz 6.2 hervorgeht, ähnliche Leistungen. Die in der Literatur (Urban-Woldron & Hopf, 2012) angeführten Fehlvorstellung zum Stromverbrauch und zur Unterscheidung zwischen Parallel- und Serienschaltung haben sich, wie die Ergebnisse der Fragen 6 und 7c zeigen, bestätigt. Die Fragen 10a und 10b konnten beim Pre-Test von keiner Testperson der drei Testgruppen richtig beantwortet werden, was nicht überraschend ist, da hier Spannungswerte anzugeben waren, was ein spezifisches Vorwissen voraussetzt. Die Frage 11 konnte, da es sich hierbei um eine komplexe gemischte Schaltung handelt, ebenfalls nur von wenigen Testpersonen richtig beantwortet werden. Weiters konnte beim Pre-Test kein signifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Buben unter allen Testpersonen festgestellt werden.

6.3.2 Post-Test

Beim Post-Test erreichten die Testgruppen bei allen Fragen besserer Ergebnisse als beim Pre-Test, der kurzfristige Lernerfolg war somit bei allen drei Gruppen gegeben.

Der Inhalt der Frage 6, welche die Fehlvorstellung „Strom wird verbraucht“ überprüft, wurde bei allen drei Testgruppen im Einführungsunterricht behandelt. Dieses Thema wurde jedoch in den nachfolgenden Unterrichtseinheiten zu „Serien- und Parallelschaltungen“ nicht weiter vertieft. In den Ergebnissen des Post-Tests konnten alle drei Testgruppen bei Frage 6 nicht mehr als 50% der richtigen Antworten liefern. Dies könnte daran liegen, dass die „Stromverbrauchsvorstellung“ auch nach Durchführung der Unterrichtseinheiten zur „Serien- und Parallelschaltung“, welche dieses Thema nicht explizit behandeln, noch immer stark im Gedächtnis der Schülerinnen und Schüler verankert war. Wie in den Ergebnissen aus den Fragen 7a und 7b ersichtlich, konnte mit allen Unterrichtsmethoden die Fähigkeit zur Unterscheidung zwischen „Serien- und Parallelschaltung“ vermittelt werden.

Bei Frage 7c, welche eine anspruchsvollere Aufgabe im Erkennen von „Serien- und Parallelschaltungen“ darstellt, war im Vergleich zum Pre-Test, ein signifikanter Wissensgewinn

bei allen drei Testgruppen zu beobachten. Besonders hervorzuheben ist, dass sich die Gruppe Gruppenarbeit bei dieser Frage von 4,5% auf 81,8% erheblich steigern konnte. Die gemeinsame Arbeit in Zweiergruppen scheint somit für die grundsätzliche Unterscheidung von Serien- und Parallelschaltungen geeignet zu sein.

Frage 8, welche die Funktionsweise eines Schalters prüft, wurde sowohl im Einführungsunterricht als in den Unterrichtseinheiten zum Thema „Serien- und Parallelschaltung“ behandelt. Diese Frage konnte mit allen drei Unterrichtsmethoden erfolgreich vermittelt werden, wobei hier wiederum die Testgruppe Gruppenarbeit mit einem besonders guten Ergebnis von 95,5% abschnitt.

Bei Frage 9, welche die Leuchtintensität der Lämpchen in einer Parallelschaltung behandelt, konnte die Testgruppe Gruppenarbeit sowohl bei den absoluten Ergebnissen mit 81,8% als auch beim Wissensgewinn mit 63,3% am besten abschneiden. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Testgruppe Gruppenarbeit den Vorteil hatte, die Experimente real aufzubauen und dadurch die Leuchtkraft der Lämpchen gut zu überprüfen war. Hervorzuheben ist, dass sich die Gruppe Einzelarbeit mit einem absoluten Ergebnis von 50% und einem Wissensgewinn von 11,5% nur gering steigern konnte. Dies könnte an der Nutzung des Phet-Simulationstools liegen, da die Leuchtkraft der Lämpchen möglicherweise in der Simulationsumgebung für Schülerinnen und Schüler nicht klar zu erkennen war.

Bei den Fragen 10a und 10b mussten die Schülerinnen und Schüler die Spannungswerte zwischen zwei Messpunkten erkennen und angeben. Die Testgruppen schnitten im Allgemeinen bei Frage 10a besser ab als bei Frage 10b, da bei 10b zusätzlich der Spannungsabfall von zwei in Reihe geschalteten Widerständen anzugeben war. Während beim Pre-Test alle Testpersonen die Frage falsch beantworteten, hatten die Schülerinnen und Schüler auch beim Post-Test, besonders bei Frage 10b, Probleme die richtigen Spannungswerte anzugeben. Besonders hervorzuheben ist, dass die Testgruppen Frontalunterricht mit einem Wissensgewinn von 29,2% und Gruppenarbeit mit 31,8% bei Frage 10b ähnlich abschnitten, während die Testgruppe Einzelarbeit nur einen Wissensgewinn von 19,2% erzielen konnte. Ein Grund für dieses Ergebnis könnte sein, dass die Versuche in den Testgruppe Frontalunterricht und Gruppenarbeit mittels Realexperimenten realisiert wurden und deshalb der Spannungsabfall anschaulicher war als bei der Durchführung mittels Simulation in Einzelarbeit.

Bei Frage 11 wurde geprüft, ob die Schülerinnen und Schüler die Leuchtkraft von Lämpchen bei einer komplexen gemischten Schaltung erkennen konnten. Der Inhalt dieser Frage wurde durch

die verschiedenen Unterrichtsmethoden vorbereitet und anschließend im Plenum miteinander besprochen. Die Gruppe Frontalunterricht konnte mit 54,2% am besten abschneiden, da die dieses Thema in den Unterrichtseinheiten ausführlich bearbeitet wurde und auch für die Vermittlung der Lerninhalte genügend Zeit vorhanden war. Besonders hervorzuheben ist, dass alle Testpersonen der Gruppe Gruppenarbeit diese Frage falsch beantwortet haben. Ein Grund dafür könnte sein, dass durch die Dauer des selbständigen Aufbaues der Schaltungen im Realexperiment weniger Zeit vorhanden war, komplexere Beispiele im Plenum ausführlicher zu bearbeiten.

Bei Frage 12, welche offen zu beantworten war und Schülerinnen und Schüler anhand der Leuchtkraft der Lämpchen auf eine Parallelschaltung schließen mussten, konnten sich alle drei Testgruppen im Vergleich zum Pre-Test erheblich steigern. Für das grundsätzliche Erkennen von Parallelschaltungen scheinen alle drei Unterrichtsmethoden geeignet zu sein.

Frage 13 prüft ebenfalls die Stromverbrauchsvorstellung, bei welcher die Schülerinnen und Schüler bei einer Reihenschaltung erkennen mussten, dass die Leuchtkraft der Lämpchen nicht abnimmt. Die Stromverbrauchsvorstellung wurde jedoch nicht so direkt und sprachlich explizit, wie bei Frage 6 überprüft, da in der Formulierung der Fragestellung das Wort „verbraucht“ nicht vorkommt und die Möglichkeit bestand mehrere Experimente mit verschiedenen Schaltungen durchzuführen. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass die Schülerinnen und Schüler aus allen drei Testgruppen im generellen bei Frage 13 besser abschnitten als bei Frage 6.

6.3.3 Follow-up-Test

Beim Follow-up-Test konnten alle drei Testgruppen bei Fragestellungen, welche grundlegende Konzepte überprüfen, ihr Wissen zum Großteil beibehalten, während Schülerinnen und Schüler bei Aufgaben mit komplexeren Schaltungen Schwierigkeiten hatten.

In den Testgruppen Frontalunterricht und Einzelarbeit konnten sich die Schülerinnen und Schüler bei Frage 6 im Vergleich zum Post-Test noch steigern. Dies ist eventuell darauf zurückzuführen, dass die Stromverbrauchsvorstellung immer wieder im Unterricht aufgegriffen und behandelt wurde z.B. in den nachfolgenden Unterrichtseinheiten zur Leistung und Arbeit.

Bei den Fragen 7a, 7b und 7c ist hervorzuheben, dass sich die Gruppe Einzelarbeit beim Follow-up-Test im Vergleich zum Post Test noch steigern konnte. Dieses Ergebnis ist überraschend, könnte aber damit erklärt werden, dass sich Schülerinnen und Schüler nach Durchführung der

Experimente auch zu Hause aktiv mit dem Thema auseinandersetzen, da das Simulationstool jederzeit wieder verwendet werden konnte.

Bei Frage 8 konnten die Gruppen Frontalunterricht und Gruppenarbeit ihr Ergebnis halten und die Gruppe Einzelunterricht konnte ihr Ergebnis sogar auf 100% der richtigen Antworten steigern. Der langfristige Lernerfolg für diese grundlegende Aufgabe ist somit bei allen drei Unterrichtsmethoden gegeben.

Bei Frage 11 war ein erheblicher Wissensverlust bei allen Testgruppen bemerkbar, was darauf hindeutet, dass die Inhalte nicht ausreichend gefestigt wurden und bei komplizierten Themen, wie komplexen gemischten Schaltungen, eine dauerhafte Wissensverankerung umso wichtiger ist. Bei der Gruppe Frontalunterricht ist dieser Effekt besonders auffallend, da die Schülerinnen und Schüler zwar beim Post-Test mit 54,2% ein gutes Ergebnis erzielen konnten, jedoch beim Follow-up-Test wieder auf das Niveau vom Pre-Test auf 4,2% zurückfielen.

Auch bei Frage 12 ist hervorzuheben, dass die Gruppe Frontalunterricht ihr Wissen nicht halten konnte und das absolute Ergebnis im Vergleich zum Post-Test von 58,3% auf 36,4% sank.

Während bei Frage 13 bei den Testgruppen Frontalunterricht und Gruppenarbeit das Ergebnis leicht abfiel, konnte sich die Gruppe Einzelarbeit im Vergleich zum Post-Test noch steigern. Ein Grund für diese Steigerung könnte sein, dass die Schülerinnen und Schüler nach Durchführung des Post-Tests über die richtigen Antworten diskutierten und dadurch nach dem Post-Test ein Wissensgewinn stattfand, insbesondere da es sich hierbei um die letzte Frage handelte.

Bei den Fragen 9, 10a und 10b gab es bei der Auswertung keine bemerkenswerten Unterschiede im Vergleich zum Post-Test.

6.3.4 Diskussion

Aus der Auswertung geht hervor, dass die Gruppe Gruppenarbeit beim Post-Test insgesamt die besten Ergebnisse liefern konnte. Ein Grund dafür könnte sein, dass Realexperimente eingängiger waren und durch die Ausführung der Messungen im Zweierteam die Experimente besser im Gedächtnis der Schülerinnen und Schüler blieben. Die Durchführung der Realexperimente in Gruppenarbeit erforderte jedoch deutlich mehr Zeit, was dazu führte, dass bei komplexeren Themen wie z.B. gemischte Schaltungen nicht mehr genug Zeit blieb diese eingehend zu bearbeiten. Dies ist besonders beim Ergebnis von Frage 11 sichtbar, bei dem die Gruppe Gruppenarbeit schlecht abschnitt.

Beim Follow-up-Test schnitt die Gruppe Einzelarbeit am besten ab, da sich diese Testgruppe bei einigen Fragen im Vergleich zum Post-Test noch steigern konnte. Der Grund für diesen Wissensgewinn könnte damit zu erklären sein, dass sich die Gruppe Einzelarbeit auch nach der Durchführung des Post-Tests mit dem Thema auseinandersetze, da das Simulationstool auch nach Durchführung der Unterrichtseinheiten jederzeit zugänglich war. Ein weiterer Grund für das bessere Abschneiden der Gruppe Einzelarbeit könnte sein, dass die Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung des Post-Test ihre Antworten untereinander diskutierten.

Weiters ist anzumerken, dass einige Ergebnisse möglicherweise nicht den vollen Effekt der einzelnen Unterrichtsmethoden widerspiegeln. Dies ist beispielsweise bei Frage 6, deren Inhalt bereits im Einführungsunterricht behandelt wurde oder bei Frage 11, zu deren Vorbereitung komplexe Aufgaben gemeinsam im Plenum gelöst und diskutiert wurden, der Fall.

7 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt werden die in Kapitel 4.1 angeführten Forschungsfragen F1 und F2 beantwortet und folglich eine Zusammenfassung der Forschungsarbeit präsentiert.

F1: Welche Vorstellungen haben die Schülerinnen und Schüler vor der Unterrichtseinheit zu Reihen- und Parallelschaltungen? Welche Vorstellungen sind nach der Einheit geblieben?

Beim Pre-Test hatten viele Schülerinnen und Schüler die Fehlvorstellung „Strom wird verbraucht“. Da Schülerinnen und Schüler oft den Ausdruck „Strom wird verbraucht“ im Alltag verwenden oder diesen Ausdruck in ihrem Umfeld aufgreifen, ist dieses Ergebnis auch nicht überraschend. Außerdem wurde bei der Auswertung des Pre-Tests festgestellt, dass Schülerinnen und Schüler Parallelschaltungen nur aufgrund ihrer geometrischen Gegebenheit erkennen, d.h. Schülerinnen und Schüler erkennen eine Parallelschaltung nicht, wenn die Lämpchen nicht direkt „parallel“ zueinanderstehen. Weiters wurde festgestellt, dass viele Schülerinnen und Schüler die Fehlvorstellung zur Konstantstromquelle und die Fehlvorstellung „Spannung ist eine Eigenschaft des Stromes“ aufweisen. Durch die Implementierung der verschiedenen Unterrichtsverfahren, zeigte sich beim Post-Test, dass viele Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler behoben werden konnten, jedoch die Stromverbrauchsvorstellung tief im Gedächtnis der Schülerinnen und Schülern verankert ist.

F2: Wie wirken sich die verschiedenen Unterrichtsverfahren auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern aus? Hatten manche Unterrichtsverfahren eine bessere Wirkung auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bzw. können Schülerinnen und Schüler mit einem bestimmten Verfahren die Lerninhalte besser aufnehmen? Mit welchem Unterrichtsverfahren ist eine langfristige Sicherung der Lerninhalte möglich?

In der Testgruppe Frontalunterricht war der größte kurzfristige Lernerfolg zu beobachten, jedoch konnte, wie auch in der Studie von Harter et al. (Harter, Schellberg, Möltner, & Kadmon, 2009), das Wissen besonders bei komplexen Fragestellungen, wie z.B. bei Frage 11 ersichtlich, nicht lange behalten werden. Frontalunterricht wird oft mit einer passiven Lernhaltung der Schülerinnen und Schüler assoziiert, da die Lehrperson im Mittelpunkt steht und Schülerinnen und Schüler tendenziell in eine rezeptive Rolle gedrängt werden. Dies kann sowohl das kritische Denken als auch das langfristige Behalten von Information negativ beeinträchtigen. Gudjons

(Gudjons H. , 2008) betont die Bedeutung von aktivem Lernen und Eigenbeteiligung der Schülerinnen und Schüler. Er kritisiert, dass Frontalunterricht das selbstständige Denken und die Eigeninitiative der Lernenden oft nicht ausreichend fördert. Ein weiterer Grund für den verminderten langfristigen Lernerfolg könnte der sogenannte „Lehr-Lern-Kurzschluss“ sein. Das heißt, dass Lehrkräfte fälschlicherweise annehmen, ihr Frontalunterricht habe bei den Schülerinnen und Schülern zu Lernfortschritten geführt (Wiechmann, 2011). Hierbei waren die Lernenden kurzzeitig in der Lage, die vermittelten Inhalte zu reproduzieren, jedoch könnte der „Lehr-Lern-Kurzschluss“ den langfristigen Lernerfolg negativ beeinträchtigt haben.

Zum Vergleich konnte in der Testgruppe Gruppenarbeit sowohl ein kurzfristiger als auch ein langfristiger Lernerfolg beobachtet werden. Da sich Schülerinnen und Schüler aktiv mit den Unterrichtsinhalten auseinandersetzten und in Form eines Plenums die Inhalte noch einmal gefestigt wurden, könnte dies ein Grund für den festgestellten kurz- und langfristigen Lernerfolg sein. Weiters wirkt laut Hartmann et al. (Hartmann, Näf, & Reichert, 2006) die Zusammenarbeit in einer Gruppe motivierend und beschleunigt somit den Lernprozess. Bei der Gruppenarbeit beteiligen sich außerdem mehr Schülerinnen und Schüler aktiv am Unterrichtsgeschehen im Vergleich zum Frontalunterricht. Obwohl es in der Gruppenarbeit gelegentlich vorkommen kann, dass einzelne Schülerin und Schüler die Arbeit anderen überlassen, sind dennoch insgesamt mehr Lernende aktiv am Unterricht über einen längeren Zeitraum beteiligt, anders als beim Frontalunterricht, wo den Lernenden oftmals nur eine begrenzte Zeit zum Sprechen eingeräumt wird (Meyer, 1987).

Auch in der Testgruppe Einzelarbeit konnte sowohl ein kurzfristiger als auch ein langfristiger Lernerfolg festgestellt werden. Beim Follow-up Test wurden noch Verbesserungen im Vergleich zum Post-Test festgestellt. Ein Grund für den langfristigen Lernerfolg könnte darin liegen, dass die Schülerinnen und Schüler die Unterrichtsinhalte besser behalten, wenn sie einen Großteil der Arbeit selbständig durchführen und sich somit mit dem Unterrichtsinhalt intensiver auseinandersetzen. Das Phet- Simulationstool, welches die Testgruppe Einzelarbeit verwendete, war leicht zu bedienen und wurde von den Schülerinnen und Schülern mit sichtbarem Interesse und Enthusiasmus genutzt. Kircher et al. (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015) zufolge, unterstützt Einzelarbeit die Eigenständigkeit und persönliche Entwicklung der Lernenden, indem sie den Erwerb bestimmter Kompetenzen und Techniken begünstigt, wie beispielsweise den Umgang und Einsatz neuer Medien. Erfolgreiche Einzelarbeit kann dadurch das spezifische und allgemeine Interesse an Physik steigern. Dies wurde aufgrund der vorliegenden Ergebnisse

bestätigt. Dennoch kann Einzelarbeit bei anhaltenden Misserfolgen hingegen eine demotivierende Wirkung entfalten (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015).

Bei dieser Forschungsarbeit zeigte sich, dass sich Frontalunterricht für den kurzfristigen Wissenserwerb eignet und Einzelarbeit und Gruppenarbeit effektive Methoden sowohl für den kurzfristigen als auch langfristigen Wissenserwerb darstellen. Deshalb wäre eine Kombination dieser Methoden sinnvoll. Angesichts der Herausforderungen, die die Durchführung von Experimenten mit einer großen Zahl von Schülerinnen und Schülern mit sich bringt, stellen computergestützte Simulationen eine wirksame Erweiterung dar, um sowohl das Interesse an der Physik zu wecken als auch das Verständnis für den Unterrichtsstoff zu vertiefen. Heutzutage besitzen alle Schülerinnen und Schüler in der Unterstufe ein eigenes Tablet, wodurch es einfach ist, interaktive Übungen im Unterricht durchzuführen. Wie sich bei der Durchführung dieser Arbeit gezeigt hat, sind solche Simulationen ideal für die Einzelarbeit geeignet, sie können jedoch ebenso in der Gruppenarbeit eingesetzt werden. Für eine Unterrichtseinheit könnte zum Beispiel in einer einführenden Explain Phase der theoretische Hintergrund der zum Thema „Reihen- und Parallelschaltungen“ mittels Frontalunterrichtes durchgeführt werden. Anschließend würde sich eine Explore Phase mit dem Simulationstool in Einzelarbeit oder einer praktischen Anwendung im Gruppenverband anbieten. Zur Festigung des Wissens kann noch eine Elaborate Phase mit einem Arbeitsblatt, welches in Einzel- oder Gruppenarbeit durchgeführt werden kann, erfolgen.

8 Ausblick

Um präzisere Ergebnisse zu erzielen, wäre es empfehlenswert, die Stichprobengröße zu erhöhen. Dies könnte beispielsweise erreicht werden, indem die Studie über einen längeren Zeitraum und unter Einbeziehung weiterer Schulen oder Klassen durchgeführt wird. Zudem ist zu beachten, dass kumulierte Datenauswertungen für eine kleine Stichprobe weniger aussagekräftig sind und eine Untersuchung der individuellen Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler für zukünftige Arbeiten von Vorteil wäre. Eine Fortsetzung der Studie könnte auch darin bestehen, Frontalunterricht in Kombination mit Einzelarbeit und Frontalunterricht in Kombination mit Gruppenarbeit durchzuführen. Um noch aussagekräftigere Daten zu gewinnen, wäre es zudem von Vorteil, Gruppen zu bilden, die hinsichtlich ihrer Vorkenntnisse und Fähigkeiten vergleichbar sind. Diese könnten auf Basis von Leistungsevaluationen zusammengestellt werden. Außerdem könnten qualitative Methoden wie Interviews und Beobachtungen eingesetzt werden, um tiefergehende Erkenntnisse über die Wirkung der Unterrichtsmethode auf die Motivation und Einstellung der Lernenden gegenüber dem Lernen zu erlangen. Durch solche Daten könnte man die subjektiven Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler erfassen und somit nachvollziehen, welchen Einfluss diese auf ihr Engagement und ihre schulischen Leistungen haben.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Merkmale guten Unterrichts (Duit & Wodzinski, 2006).....	10
Abbildung 2: Verbreitung von Sozialformen (Götz, Lohrmann, Ganser, & Haag, 2005)	11
Abbildung 3: Didaktische Aspekte des Frontalunterrichtes (Gudjons H. , 2011)	12
Abbildung 4: Analogiemodell Fahrradkette (Burde, et al., 2018).....	21
Abbildung 5: Elektronengasmodell (Burde, et al., 2018)	21
Abbildung 6: Wassermodell (Burde & Wilhelm, 2017).....	22
Abbildung 7: Stäbchenmodell (Burde & Wilhelm, 2017).....	23
Abbildung 8: Reihenschaltung	24
Abbildung 9: Parallelschaltung	25
Abbildung 10: Frage 6 - Wird der Strom verbraucht? (von Rhöneck, 1986).....	30
Abbildung 11: Fragen 1 - 5 - Allgemeine Fragen am Fragebogen.....	30
Abbildung 12: Frage 7 - Reihen- und Parallelschaltungen erkennen	31
Abbildung 13: Frage 9 - Leuchtintensität von Lämpchen	31
Abbildung 14: Frage 11 - Helligkeit von Lämpchen (von Rhöneck, 1986).....	32
Abbildung 15: Frage 12 - Begründung für gleiche Leuchtkraft angeben (von Rhöneck, 1986) ...	32
Abbildung 16: Frage 8 - Schalter im Stromkreis	33
Abbildung 17: Frage 10 - Spannungsabfall angeben (von Rhöneck, 1986)	33
Abbildung 18: Frage 13 - Helligkeit von Lämpchen in Reihenschaltung (von Rhöneck, 1986)...	34
Abbildung 19: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Pre-Test.....	42
Abbildung 20: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Post-Test	42
Abbildung 21: Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Follow-up-Test.....	43
Abbildung 22: Frage 6_PRE - Schülervorstellung „Strom wird verbraucht“	46
Abbildung 23: Frage 6_POST - Schülervorstellung „Strom wird verbraucht“	46
Abbildung 24: Frage 6_Wissensgewinn - Schülervorstellung "Strom wird verbraucht"	47
Abbildung 25: Frage 6_FOLUP - Schülervorstellung "Strom wird verbraucht"	47
Abbildung 26: Frage 7a - Reihenschaltung	48
Abbildung 27: Frage 7b - Parallelschaltung.....	48
Abbildung 28: Frage 7c - Parallelschaltung	48
Abbildung 29: Frage 7a_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung.....	48
Abbildung 30: Frage 7b_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung.....	49

Abbildung 31: Frage 7c_PRE - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltung	50
Abbildung 32: Frage 7a_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	51
Abbildung 33: Frage 7a_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen	51
Abbildung 34: Frage 7b_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	52
Abbildung 35: Frage 7b_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen	52
Abbildung 36: Frage 7c_POST - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	53
Abbildung 37: Frage 7c_Wissensgewinn - Erkennen von Parallel - und Reihenschaltungen	53
Abbildung 38: Frage 7a_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	54
Abbildung 39: Frage 7b_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	54
Abbildung 40: Frage 7c_FOLUP - Erkennen von Parallel- und Reihenschaltungen	54
Abbildung 41: Frage 8 – Stromkreis mit Schalter	55
Abbildung 42: Frage 8_PRE - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis	56
Abbildung 43: Frage 8_POST - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis	56
Abbildung 44: Frage 8_Wissensgewinn - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis	57
Abbildung 45: Frage 8_FOLUP - Funktionsweise eines Schalters im Stromkreis	57
Abbildung 46: Frage 9 - Parallelschaltung mit zwei gleichen Lämpchen	57
Abbildung 47: Frage 9_PRE - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen	58
Abbildung 48: Frage 9_POST - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen	59
Abbildung 49: Frage 9_Wissensgewinn - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen	59
Abbildung 50: Frage 9_FOLUP - Anhand der Schaltung auf Intensität der Leuchtkraft von Lämpchen schließen	60
Abbildung 51: Frage 10a - Spannungswerte angeben	60
Abbildung 52: Frage 10b - Spannungswerte angeben	61
Abbildung 53: Frage 10a_PRE – Spannungsabfall	61
Abbildung 54: Frage 10a_PRE - Spannungsabfall	61
Abbildung 55: Frage 10a_POST - Spannungsabfall	62
Abbildung 56: Frage 10a_Wissensgewinn - Spannungsabfall	62
Abbildung 57: Frage 10b_POST - Spannungsabfall	63
Abbildung 58: Frage 10b_Wissensgewinn - Spannungsabfall	63

Abbildung 59: Frage 10a_FOLUP - Spannungsabfall.....	64
Abbildung 60: Frage 10b_FOLUP - Spannungsabfall	64
Abbildung 61: Frage 11 - Gemischte Schaltung	65
Abbildung 62: Frage 11_PRE - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen.....	66
Abbildung 63: Frage 11_POST - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen.....	66
Abbildung 64: Frage 11_Wissensgewinn - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen	67
Abbildung 65: Frage 11_FOLUP - Erkennung der Leuchtkraft von Lämpchen in komplexen Schaltungen.....	67
Abbildung 66: Frage 12 - Parallelschaltung.....	68
Abbildung 67: Frage 12_PRE - Erkennung von Parallelschaltung.....	68
Abbildung 68: Frage 12_POST - Erkennung von Parallelschaltung	69
Abbildung 69: Frage 12_Wissensgewinn - Erkennung von Parallelschaltung.....	69
Abbildung 70: Frage 12_FOLUP - Erkennung von Parallelschaltung	70
Abbildung 71: Frage 13 - Reihenschaltung.....	70
Abbildung 72: Frage 13_PRE - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung.....	71
Abbildung 73: Frage 13_POST - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung.....	71
Abbildung 74: Frage 13 _Wissensgewinn - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung.....	72
Abbildung 75: Frage 13_FOLUP - Überprüfung der Stromverbrauchsvorstellung	72
Abbildung 76: Lernerfolg Testgruppe Frontalunterricht (3A).....	73
Abbildung 77: Lernerfolg Testgruppe Gruppenarbeit (3B).....	74
Abbildung 78: Lernerfolg Testgruppe Einzelarbeit (3C)	75
Abbildung 79: Vergleich zwischen Mädchen und Buben beim Pre-Test.....	76

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schülervorstellungen entnommen aus „Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012)	19
Tabelle 2: Beschreibung der Fragen.....	44
Tabelle 3: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Frontalunterricht (3A)	74
Tabelle 4: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Gruppenarbeit (3B)	74
Tabelle 5: Mittelwert der richtigen Antworten in Prozent – Einzelarbeit (3C).....	75

11 Literaturverzeichnis

- Burde, J. P., Dopatka, L., Spatz, V., Wilhelm, T., Ivanjek, L., Hopf, M., . . . Haagen-Schützenhöfer, C. (2018). Design-Based Research: Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten EPo-EKo. *Didaktik der Physik*.
- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2016). Ein Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells, *Didaktik der Physik*.
- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28, Heft 157, Nr. 1/17,, 8-13.
- Colorado, P. (10. 12 2022). *Phet Colorado - Stromkreis schalten*. Von https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_de.html abgerufen
- Duit, R., & Wodzinski, C. (2006). Merkmale guten Physikunterrichts. *Piko-Brief* Nr. 10.
- Engelhardt, P., & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.* 72 (1), 98.
- Götz, T., Lohrmann, K., Ganser, B., & Haag, L. (2005). Einsatz von Unterrichtsmethoden - Konstanz oder Wandel. In *Empirische Pädagogik* (S. 342-360).
- Gudjons, H. (2008). *Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung, Selbsttätigkeit, Projektarbeit*. Deutschland: Klinkhardt.
- Gudjons, H. (2011). *Frontalunterricht neu entdeckt – Integration in offene Unterrichtsformen*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Hage, K., Bischoff, H., Dichanz, H., Eubel, K., Oehlschläger, & H. Schwittmann, D. (1985). *Das Methodenrepertoire von Lehrern. Eine Untersuchung zum Unterrichtsalltag in der Sekundarstufe I*. Opladen: Leske + Budrich.
- Harter, C., Schellberg, D., Möltner, A., & Kadmon, M. (2009). Frontalunterricht oder interaktive Gruppenarbeit? Ein Vergleich des Lernerfolgs und der studentischen Evaluation für das Fach Biochemie. *Zeitschrift für medizinische Ausbildung*, 9-16.
- Hartmann, W., Näf, M., & Reichert, R. (2006). Gruppenarbeit. In W. Hartmann, M. Näf, & R. Reichert, *Informatikunterricht planen und durchführen*. Berlin: Springer.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning - A synthesis of over 800 meta-analyses*. Routledge.

- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik - Theorie und Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental.
- Kuhn, W. (1990). Physik, Band 1. Westermann.
- Lehrplan, A. (10. 12 2022). RIS. Abgerufen am 10. 12 2022 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- LMU. (02. 12 2022). LMU . Von https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/index.html abgerufen
- Meyer, H. (1987). Unterrichtsmethoden. Berlin: Cornelsen.
- Meyer, H. (2011). *Was ist guter Unterricht*. Berlin: Cornelsen.
- Mikelskis-Seifert, S., & Rabe, T. (2010). *PHYSIK Methodik*. Cornelsen Scriptor.
- Müller, R., Wodzinski, R., & Hopf, M. (2004/2011). *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis Verlag.
- Peterßen, W. H. (2009). *Kleines Methoden-Lexikon*. Oldenbourg.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer.
- Stiftung, S. (10. 12 2022). *Medienportal Siemens Stiftung*. Von <https://medienportal.siemensstiftung.org/de/stromkreis-106173> abgerufen
- Terhart, E. (2009). Didaktik. Eine Einführung. Reklam.
- Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg.18.
- von Rhöneck, C. (1986). Vorstellungen von elektischen Stromkreis. In R. Müller, R. Wodzinski, & M. Hopf, *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 167-171). Aulis Verlag.
- von Rhöneck, C., & Grob, K. (1989). Schülervorstellungen im Zusammenhang mit dem elektrischen Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 16-20.
- Weidner, M. (2003). Kooperatives Lernen im Unterricht: Das Arbeitsbuch. Klett Verlag.
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (2011/2015). *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag.
- Wodzinski, R. (1996). Untersuchungen von Lernprozessen bei der Einführung in die Newtonsche Dynamik - Untersuchungskonzeption und erste Ergebnisse.

12 Anhang

FRAGEBOGEN

Liebe Schülerinnen und Schüler! Bitte fülle den Fragebogen sorgfältig aus. Bitte schreibe deinen Namen **nicht** auf den Fragebogen. Deine Daten werden **anonym ausgewertet** und stehen ausschließlich für eine empirische Forschungsarbeit zur Verfügung. Mehrfachantworten sind beim Fragebogen möglich.

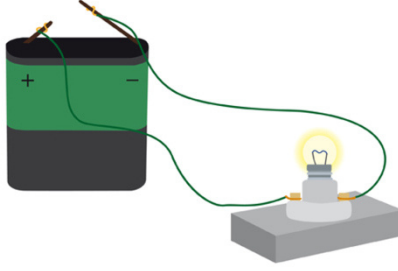
INFOS ZUM FRAGEBOGEN

- Dieses Symbol  stellt ein Lämpchen dar.
- Dieses Symbol  stellt eine Spannungsquelle (z.B. Batterie) dar.
- Dieses Symbol  stellt einen Schalter dar.

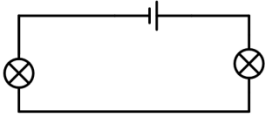
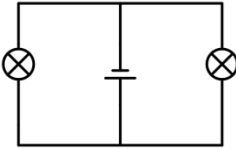
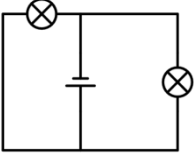
ALLGEMEINE FRAGEN ZU DEINER PERSON:

1) Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich	2. Wie alt bist du? _____
3) Ist deine Muttersprache Deutsch? ☐ ja ☐ nein	4. Hast du die 3. Klasse schon einmal wiederholt? Wenn ja, in welchem Fach? ☐ ja, in _____ ☐ nein
5) In welche Klasse gehst du (z.B.: 3a)? _____	

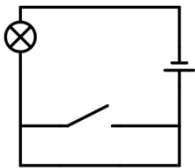
FRAGEN ZUM VORWISSEN IN DER ELEKTRIZITÄTSLEHRE

6) Kreuze die richtige Antwort an!	
a) ☐ Die Lampe verbraucht den elektrischen Strom vollständig.	 (Siemens Stiftung, 2015)
b) ☐ Die Lampe verbraucht ein bisschen den elektrischen Strom.	
c) ☐ Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	

7) Gib bei den unten abgebildeten Schaltungen an, ob es sich hierbei um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt.

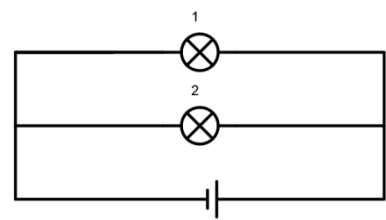
	a) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:
	b) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:
	c) Gib an ob es sich hier um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt: Begründe deine Antwort:

8) Leuchtet die Glühlampe?

a) ☐ JA	
b) ☐ NEIN	
Begründe deine Antwort:	

9) Zwei gleiche Lampen werden parallel zueinander geschaltet. Kreuze an, welche Aussage stimmt.

- a) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- b) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit gleicher Intensität, aber weniger stark als Lampe 1, wenn sich diese alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.
- c) ☐ Lampe 1 und Lampe 2 leuchten mit gleicher Intensität und gleich stark wie Lampe 1, wenn sich diese alleine in einem einfachen Stromkreis befinden würde.
- d) ☐ Die Lämpchen leuchten gar nicht.
- e) ☐ Andere Vermutung:



Begründe deine Antwort:

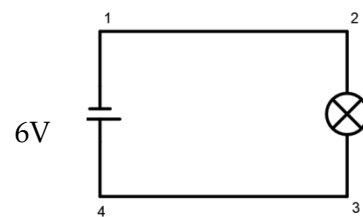
10a) Betrachte die folgende Schaltung (siehe unten) (Rhöneck, 1986):

Wie groß ist in diesem Stromkreis die Spannung zwischen den Punkten:

1) 1 und 2: _____

2) 2 und 3: _____

3) 3 und 4: _____



Begründe deine Antwort:

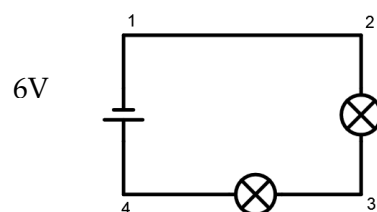
10b) Zwischen den Punkten 3 und 4 wird ein zweites Lämpchen der gleichen Sorte zugeschaltet:

Wie groß ist in dem Stromkreis mit 2 Lämpchen die Spannung zwischen den Punkten:

1) 1 und 2: _____

2) 2 und 3: _____

3) 3 und 4: _____



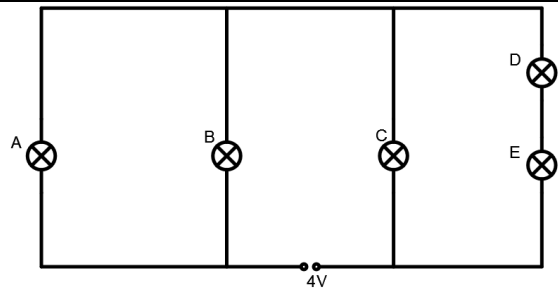
Begründe deine Antwort:

11) Die Lämpchen in der folgenden Schaltung sind alle gleich. Vergleiche die Helligkeit der Lämpchen B und C, kreuze an und begründe (Rhöneck,1986):

a) ☐ B und C leuchtet gleich hell.

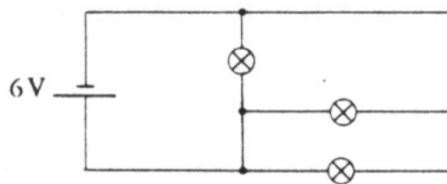
b) ☐ B leuchtet heller als C.

c) ☐ C leuchtet heller als B.



Begründe deine Antwort:

12) Die Lämpchen in der folgenden Schaltung sind alle gleich, sie leuchten alle gleich hell.



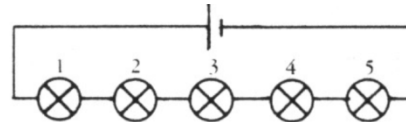
Gib eine Begründung dafür an:

13) Fünf gleiche Lämpchen werden in Reihe an eine Batterie angeschlossen. Kreuze an, was richtig ist:

a) ☐ Lampe 5 leuchtet heller als Lampe 1.

b) ☐ Lampe 5 leuchtet so hell wie Lampe 1.

c) ☐ Lampe 5 leuchtet schwächer als Lampe 1.



Begründe deine Antwort:

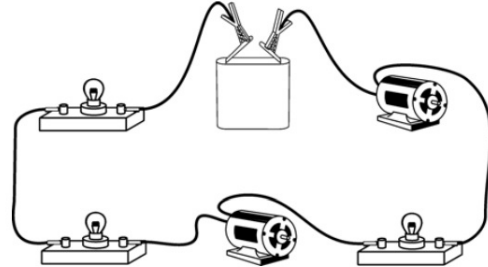
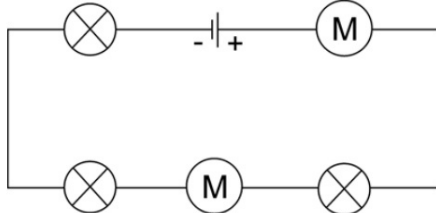
REIHEN – UND PARALLELSCHALTUNG (EINZELARBEIT/GRUPPENARBEIT)

Lese dir folgendes Merkblatt zur Reihen- und Parallelschaltung durch:

Merkblatt 5

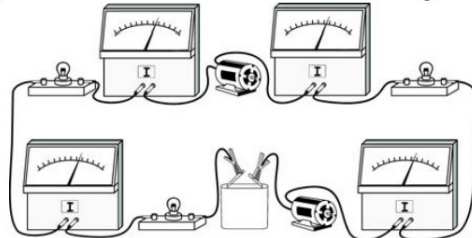
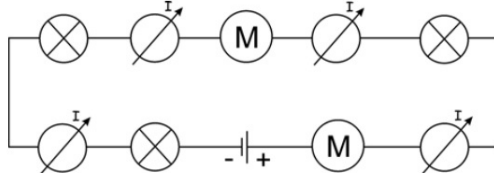
1. Reihenschaltung

Eine Schaltung, deren Elektrogeräte so zusammengeschlossen sind, dass genau ein Anschluss eines Elektrogerätes mit genau einem Anschluss eines anderen Elektrogerätes verbunden ist, nennt man Reihenschaltung.



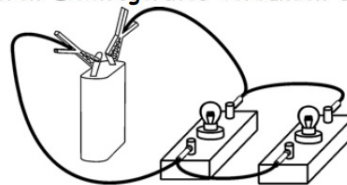
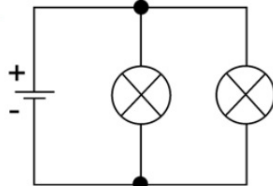
2. Stromstärke in einer Reihenschaltung

Die Elektrische **Stromstärke I** ist an allen Stellen einer Reihenschaltung gleich groß (auch im Generator und in den Elektrogeräten). Das Messgerät zeigt an allen Stellen des Stromkreises die gleiche Stromstärke an.



3. Parallelschaltung

Eine Schaltung, deren Elektrogeräte so zusammengeschlossen sind, dass beide Anschlüsse eines Elektrogerätes mit beiden Anschlüssen eines anderen Elektrogerätes verbunden sind, nennt man Parallelschaltung.



Die Stellen einer Parallelschaltung, an denen die Anschlüsse der Elektrogeräte zusammentreffen, nennt man Knotenpunkte oder einfach Knoten der Schaltung. Die Leitung vom Generator zu den Knotenpunkten nennt man Hauptzweig. Die Leitung vom Knotenpunkt zu den angeschlossenen Elektrogeräten nennt man Parallelzweig.

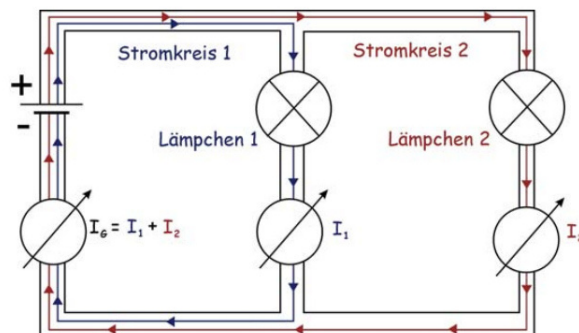
4. Stromstärke in einer Parallelschaltung

Für die Stromstärken bei der Parallelschaltung gilt die **Knotenregel**:

An einer Knotenstelle einer Schaltung ist die Summe der hinfließenden Elektrizität gleich der Summe der wegfließenden Elektrizität.

Vorsicht!

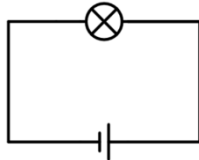
Wie sich der Strom an einem Knoten aufteilt hängt davon ab, was hinter dem Knoten kommt!



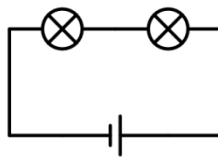
REIHENSCHALTUNG

Öffne nun https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_de.html oder gib in Google „Phet Colorado Stromkreise“ ein und rufe die erste Seite auf.

Baue folgenden einfachen Stromkreis mit der Simulation mittels einer Batterie und einer Glühlampe auf.



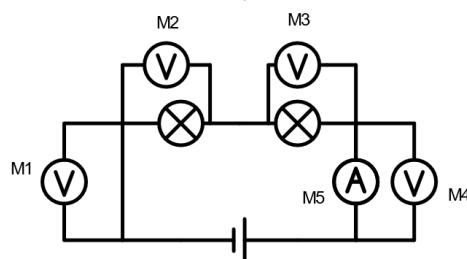
Nun baue folgende Reihenschaltung mit der Simulation auf. Wähle für die Batterie eine elektrische Spannung von 9V.



Achte auf die Intensität der Lämpchen. Was ist dir aufgefallen?

Was vermutest du, ist der Grund für deine Beobachtung?

Nun miss die Spannung mittels eines Voltmeters und die Stromstärke mittels eines Amperemeters an den markierten Stellen.



Trage die Messergebnisse hier ein:

Elektrische Spannung:

Messpunkt 1 (M1)	Messpunkt 2 (M2)	Messpunkt 3 (M3)	Messpunkt 4 (M4)
V	V	V	V

Elektrischer Strom:

Messpunkt 5 (M5) : _____ A

Füllen nun folgenden Lückentext aus:

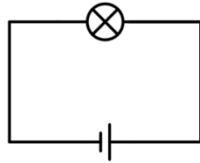
An den Messpunkten M1 und M4 fällt _____ (eine/keine) Spannung ab, da an dem Kabel kein Potenzialunterschied vorliegt. Beim Messpunkt M2 und M3 fällt _____ (eine/keine) Spannung ab, da hier ein Potenzialunterschied vorliegt. Die Spannung der

Batterie (9V) _____ (teilt sich/teilt sich nicht) bei den Widerständen auf.

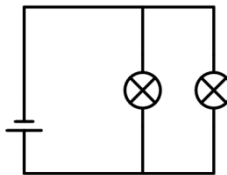
Durch beide Lämpchen fließt _____ (der gleiche/ein unterschiedlicher) Strom.

Nun schraube eine Lampe aus dem Stromkreis (lösche eine Lampe aus der Simulation) der Reihenschaltung. Was passiert mit der anderen Lampe? Gib auch eine Begründung an, warum das passiert ist.

Baue wieder einen einfachen Stromkreis mittels der Simulation auf:



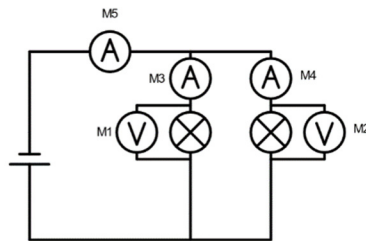
Nun baue eine Parallelschaltung mittels der Simulation auf. Wähle für die Batterie eine elektrische Spannung von 9V.



Achte auf die Leuchtintensität der Lämpchen. Was ist dir aufgefallen?

Was vermutest du, ist der Grund für deine Beobachtung?

Nun miss die Spannung mittels eines Voltmeters und die Stromstärke mittels eines Amperemeters an den markierten Stellen.



Trage die Messergebnisse hier ein:

Spannung:

Messpunkt 1 (M1)	Messpunkt 2 (M2)
V	V

Strom:

Messpunkt 3 (M3)	Messpunkt 4 (M4)	Messpunkt 5 (M5)
A	A	A

Füllen nun folgenden Lückentext aus:

Beim Messpunkt M2 und M3 fällt _____(eine/keine) Spannung ab, da hier ein Potenzialunterschied vorliegt. Die Spannung der Batterie (9V) _____(teilt sich/teilt sich nicht) an bei den Widerständen auf.

Durch beide Lämpchen fließt _____ (der gleiche/ein unterschiedlicher) Strom.

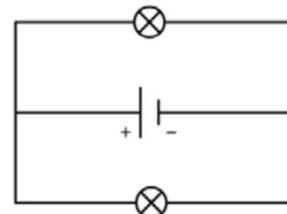
Nun schraube eine Lampe aus dem Stromkreis (lösche eine Lampe aus der Simulation) der Parallelschaltung. Was passiert mit der zweiten Lampe? Gib auch eine mögliche Begründung an, warum das passiert ist.

ÜBUNGSZETTEL – REIHEN- und PARALLELSCHALTUNG mit LÄMPCHEN

Kreuze deine Vermutung an! Die anliegende Spannung und die Widerstände der Lämpchen sind immer gleich. Baue anschließend mit deiner Lehrkraft die verschiedenen Schaltungen auf.

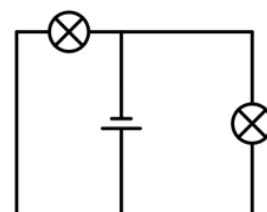
1)

- Die Lämpchen leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- Die Lämpchen leuchten beide mit gleicher Intensität, aber weniger stark, als wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befinden würde.
- Die Lämpchen leuchten beide mit der gleichen Intensität und gleich stark, wie wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befindet.
- Die Lämpchen leuchten gar nicht.
- Andere Vermutung bzw. Begründung deiner Vermutung:



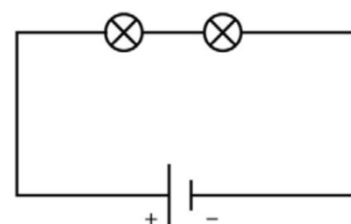
2)

- Die Lämpchen leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- Die Lämpchen leuchten beide mit gleicher Intensität, aber weniger stark, als wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befinden würde.
- Die Lämpchen leuchten beide mit der gleichen Intensität und gleich stark wie wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befindet.
- Die Lämpchen leuchten gar nicht.
- Andere Vermutung bzw. Begründung deiner Vermutung:



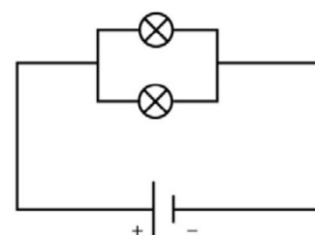
3)

- Die Lämpchen leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- Die Lämpchen leuchten beide mit gleicher Intensität, aber weniger stark, als wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befinden würde.
- Die Lämpchen leuchten beide mit der gleichen Intensität und gleich stark wie wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befindet.
- Die Lämpchen leuchten gar nicht.
- Andere Vermutung bzw. Begründung deiner Vermutung:



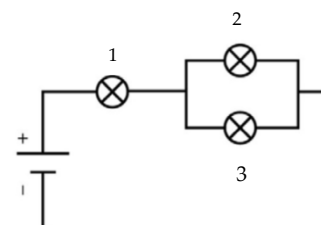
4)

- Die Lämpchen leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- Die Lämpchen leuchten beide mit gleicher Intensität, aber weniger stark, als wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befinden würde.
- Die Lämpchen leuchten beide mit der gleichen Intensität und gleich stark wie wenn sich nur ein Lämpchen im Stromkreis befindet.
- Die Lämpchen leuchten gar nicht.
- Andere Vermutung bzw. Begründung deiner Vermutung:



5)

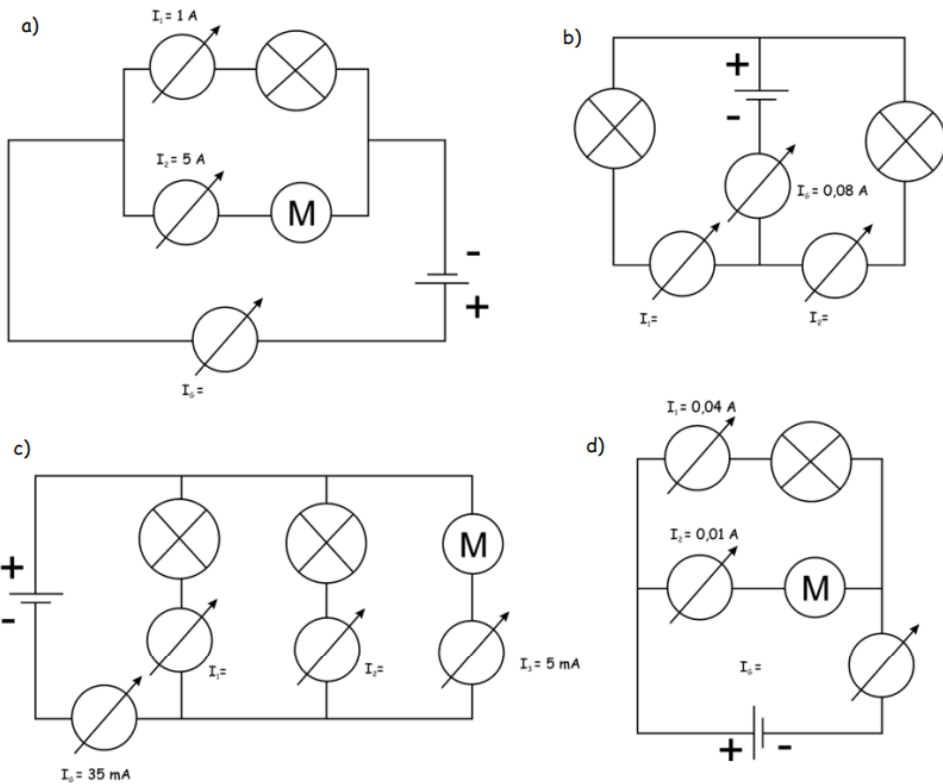
- Alle Lämpchen leuchten mit unterschiedlicher Intensität.
- Lämpchen 2 und 3 leuchten mit der gleichen Intensität und Lämpchen 1 leuchtet heller als Lämpchen 2 und 3.
- Lämpchen 1 und 2 leuchten gleich mit der gleichen Intensität und Lämpchen 3 leuchtet heller als Lämpchen 1 und 2.
- Lämpchen 1 und 3 leuchten mit der gleichen Intensität und Lämpchen 2 leuchtet heller als Lämpchen 1 und 3.
- Lämpchen 2 und 3 leuchten mit der gleichen Intensität und Lämpchen 1 leuchtet schwächer als Lämpchen 2 und 3.
- Andere Vermutung bzw. Begründung deiner Vermutung:



Übungsblatt 3

AUFGABE 1

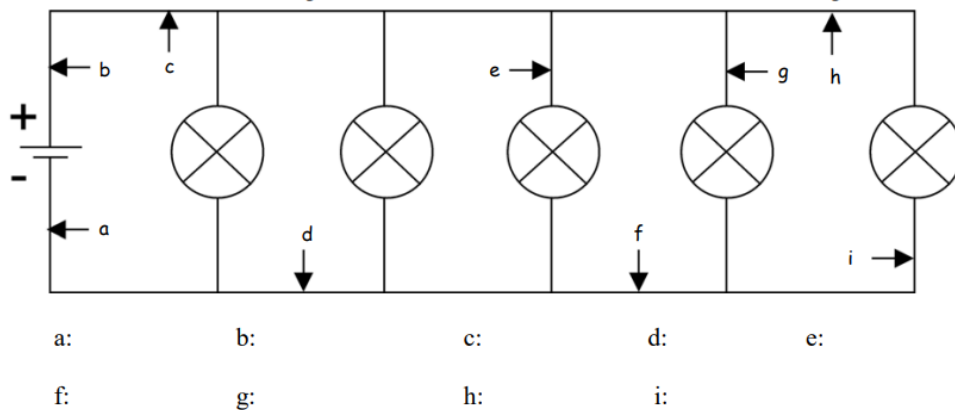
⇒ Trage in den folgenden Schaltungen die Richtung, in der die Elektrizität fließt, mit Pfeilen ein und bestimme die fehlenden Stromstärken (Die Lämpchen sind alle gleich)



AUFGABE 2

⇒ An welcher Stelle der Schaltung könnte ein Stromstärkemessgerät eingebaut werden, mit dem man die Gesamtstromstärke (Stromstärke im Hauptzweig) messen kann? (Die Lämpchen sind alle gleich)

⇒ Die Gesamtstromstärke beträgt 10 A. Welche Stromstärken werden an den Stellen a - i gemessen?



Didaktische Analyse

Fachliche Schlüsselbegriff(e) der Unterrichtseinheit/-sequenz: elektrische Spannung, elektrischer Strom, Stromstärke, Gleichstrom und Wechselstrom, elektrischer Widerstand, Elektrogerät, Generator, Leiter- und Nichtleiter, Galvanische Zelle und Batterien, Parallel- und Reihenschaltung, Ohmsches Gesetz

Lehrplanbezug:

In der 3. Klasse Unterstufe sind laut Lehrplan in der Elektrizitätslehre folgende Unterrichtsziele festgelegt [1]:

Ausgehend von Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler soll ein grundlegendes Verstehen von Aufbau und Wirkungsweise wichtiger elektrischer Geräte erreicht und die Wichtigkeit von Schutz- und Sparmaßnahmen erkannt werden.

- Energieumformung, Arbeitsverrichtung und Wirkungsgrad wichtiger Elektrogeräte verstehen;
- Grundlegendes Sicherheitsbewusstsein im Umgang mit elektrischen Einrichtungen entwickeln (Arten von Sicherungen und Isolation);
- Einsicht in die ökologische Bedeutung von Energiesparmaßnahmen gewinnen und ökologische Handlungskompetenz aufbauen.

In der 4. Klasse Unterstufe sind laut Lehrplan in der Elektrizitätslehre folgende Unterrichtsziele festgelegt [1]:

Elektrizität bestimmt unser Leben:

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefer gehendes Verständnis von technischer Erzeugung und Konsum von Elektroenergie gewinnen.

- Einsicht in den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Energie gewinnen; Permanentmagnet und Elektromagnet; elektromagnetische Induktion;
- Grundlegendes Wissen über Herstellung, Transport und "Verbrauch" elektrischer Energie erwerben (Generator und Transformator);
- Gefahren des elektrischen Stromflusses erkennen und sicherheitsbewusstes Handeln erreichen;
- Einsichten in Funktionsprinzipien technischer Geräte aus dem Interessensbereich der Schülerinnen und Schüler gewinnen (Elektromotor)

Mit welchen Lernendenvorstellungen ist bei diesem Thema zu rechnen?

Siehe Kapitel 2.3.1

Was sollen Schüler/innen am Ende der gesamten Unterrichtssequenz/der Unterrichtseinheit wissen/können? (GROBZIELE)	Schülerinnen und Schüler sollen...
	• Elektrogeräte von Generatoren unterscheiden könnten. • verstehen, dass Strom nicht verbraucht, sondern nur umgewandelt wird. • die verschiedenen Bestandteile eines elektrischen Stromkreises und deren Schaltsymbole kennen. • eine Schaltskizze zeichnen können. • einen einfachen elektrischen Stromkreis aufbauen können. • den Begriff des elektrischen Widerstands als Eigenschaft eines Elektrogeräts kennen, welche die Stromstärke durch das Elektrogerät beeinflusst. • den Unterschied zwischen einem Leiter und einem Isolator kennen. • Materialien nennen können, die den Strom leiten bzw. nicht leiten. • die Gefahren des elektrischen Stromes erkennen können. • eine Parallel- und eine Reihenschaltung kennen, unterscheiden und diese aufbauen können. • Vor- und Nachteile von der Reihen- und Parallelschaltung nennen können. • das Ohm'sche Gesetz verstehen und auch anwenden können ($U = RI$). • einfache Berechnungen zum Widerstand in einer Serien- und Parallelschaltung durchführen können. • Amperemeter und Voltmeter richtig in den Stromkreis einbauen können. • elektrische Kenngrößen richtig messen können. • die Gefahren des elektrischen Stromes einschätzen und vermeiden können.

Warum sollen Schüler*innen das lernen (innerfachlich / über den Unterricht hinaus)?

Der elektrische Stromkreis ist in unserem Alltag allgegenwärtig und seine Anwendungen. Kein elektrisches Gerät (Lampen, Küchengeräte, Computer, etc.) kann ohne einen geschlossenen Stromkreis betrieben werden. Auch in Verbindung mit der Klimapolitik spielt der elektrische Strom eine wichtige Rolle z.B. bei E-Autos, Windrädern oder Wasserkraftwerken. Schülerinnen und Schüler sollen besonders die Gefahren des elektrischen Stromes kennen und verstehen wie ein einfacher elektrischer Stromkreis funktioniert.

Sachstruktur & Unterrichtsideen

Wissen organisieren/aneignen/kommunizieren:

- Die Bestandteile eines Stromkreises benennen.
- Die verschiedenen Arten von Schaltungen benennen.
- Eine Schaltskizze zeichnen.
- Vorhandene Stromkreise als Schaltskizze aufzeichnen.
- Das Ohm'sche Gesetz kennen und mit diesen Spannungen, Ströme oder Widerstände schaumgebremst berechnen.
- Die Gefahren des elektrischen Stromes erläutern.
- Die Bedeutung des elektrischen Stromes im Alltag erläutern.
- Vor- und Nachteile von Parallel- und Reihenschaltungen erläutern.

Experimentieren und Erkenntnis gewinnen:

- Einen einfachen Stromkreis aufbauen können.
- Eine Reihenschaltung und eine Parallelschaltung aufbauen können.
- Mit einem Voltmeter die Spannung an einem Bauteil richtig messen.
- Mit einem Amperemeter den Strom an einem Bauteil richtig messen.
- Eine I-U Kennlinie messen, ein Diagramm zeichnen und diese beschreiben können.

KEY IDEAS:

- Ein einfacher elektrischer Stromkreis besteht aus einem Elektrogerät und einem Generator (Batterie). Meistens benötigt man noch zwei Verbindungskabel.
- Wenn die Anschlüsse des Generators mit den Anschlüssen des Elektrogeräts richtig verbunden sind (der Stromkreis also geschlossen ist), so kann Elektrizität fließen.
- Eine Batterie hat einen Minus- und Pluspol.
- Generatoren, Geräte und Schalter können in Schaltungen auf unterschiedliche Weise kombiniert werden.
- In einem geschlossenen Stromkreis lassen sich verschiedene Wirkungen beobachten (vgl. Münchner Konzept (Lehrer), S. 6).
- Bei einem Stromkreis ist die magnetische Wirkung immer vorhanden, wenn Elektrizität fließt (vgl. Münchner Konzept (Lehrer), S. 24).
- Die Einheit der Stromstärke ist Ampere, das Formelzeichen der Stromstärke ist ein I .
- Die Einheit der Spannung ist Volt, das Formelzeichen der Spannung ist ein U .
- Es fließt genauso viel Elektrizität zu einem Elektrogerät hin wie weg fließt.
- Ein Messgerät wird wie ein Elektrogerät in den Stromkreis eingebaut, sodass es von der Elektrizität durchflossen wird.
- Das Ohm'sche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand. Der Widerstand ist dabei der Quotient aus der Spannung U , die an dem Leiter abfällt und dem Strom I , welcher durch den Leiter fließt.
- Die Stromstärke ist an allen Stellen einer Reihenschaltung gleich groß.
- Bei einer Parallelschaltung liegt an allen Widerständen die gleiche Spannung an. Geräte können unabhängig voneinander bedient werden z.B. im Haushalt.
- Der elektrische Strom kann für den Menschen gefährlich sein.

Interesse:

Technik: Stromerzeugung, Kraftwerke, Laptops, Smartphones, ...

Mensch und Natur: Gefahren im Alltag, ...

Gesellschaft: Elektrogeräte, Umweltgefährdung, Stromversorgung, Blackouts bei der Stromversorgung, ...

Quellen:

[1] Lehrplan: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

[2] LMU: https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/index.html