Masterarbeit

Fachbereich 1 - Physikdidaktik

Erklärvideos im Physikunterricht

Untersuchung der Wirksamkeit minimalistischer Erklärungen

Alyssa Rebecca Rösler

Kroetze 12

29559 Wrestedt

Matrikelnummer: 2894980

Email: aroesler@uni-bremen.de

Abgabedatum: 25. Juli 2019

Erstprüfer: PD Dr. Christoph Kulgemeyer

Zweitprüfer: Prof. Dr. Horst Schecker

Universität Bremen

Abstract

Nicht nur auf Onlineplattformen, sondern auch im Unterricht wird die Rezeption von Erklärvideos als Lerngelegenheit genutzt. Ein Merkmal, welches die Effektivität von Erklärvideos für den Lernprozess steigern soll, ist die minimalistische Gestaltung, die sich zunächst durch die Annahme einer begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begründet. In der vorliegenden Arbeit wird der Forschungsfrage nachgegangen, welchen Einfluss ein minimalistisches Erklärvideo auf den Lernerfolg hat. Hierzu wurde ein Erklärvideo nach Vorgaben des Minimalismus erstellt und mittels quantitativer Datenanalyse im Vergleich zu einem nicht minimalistischen Video durch zwei Probandengruppen getestet. Hieraus ergab sich, dass ein minimalistisches Erklärvideo den Wissenszuwachs in effektiverer Weise unterstützt, als ein nicht minimalistisches Video. Es konnte jedoch nicht bewiesen werden, dass die Rezeption des minimalistischen Videos zu besseren Leistungen führt, als die Rezeption eines nicht minimalistischen Videos. Die Rückmeldungen der Adressaten, hier Schülerinnen und Schüler des siebten Jahrgangs, bezüglich der Videos lassen erkennen, dass diese ein minimalistisches Video positiver bewerten.

The reception of explanatory videos is used as a learning opportunity not only on online platforms but also in the classroom. One feature that is expected to increase the effectiveness of explanatory videos for the learning process is minimalist design, which is initially based on the assumption of a limited capacity of working memory. In the present work the research question is investigated, which influence a minimalistic explanatory video has on the learning success. For this purpose, an explanatory video was produced according to minimalism and tested by quantitative data analysis in comparison to a non-minimalistic video by two groups of subjects. As a result, a minimalistic explanatory video supports knowledge gain more effectively than a non-minimalistic video. However, it could not be proven that the reception of the minimalist video leads to better performances than the reception of a non-minimalist video. The feedback from the addressees, here seventeen-year-olds, regarding the videos shows that they rate a minimalistic video more positively.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Theoretischer Hintergrund **2**

2.1 Das Erklären . . . 2
2.1.1 Definitionen von Erklärungen . . . 2
2.1.2 Erklärungen als kommunikativer Prozess . . . 4
2.1.3 Das Verstehen als Ziel von Erklärungen . . . 6
2.1.4 Darstellungen und Abbildungen zur Unterstützung von Erklärungen . . . 7
2.1.5 Funktionen und Struktur von Erklärungen im Unterricht . . . 7
2.1.6 Kriterien zur Vorbereitung guter Erklärungen . . . 10
2.1.7 Forschungsstand hinsichtlich des Erklärens . . . 14
2.2 Das Erklärvideo . . . 16
2.2.1 Definition von Erklärvideos . . . 16
2.2.2 Der Einsatz von Erklärvideos im Unterricht . . . 17
2.2.3 Kriterien an die Qualität von Erklärvideos . . . 20
2.2.4 Forschungsstand . . . 23
2.3 Cognitive Load Theory . . . 25
2.3.1 Die Cognitive Load Theory in Bezug auf multimediales Lernen . . . 26
2.3.2 Minimalismus in Bezug auf Erklärungen . . . 28
2.3.3 Minimalismus in Bezug auf Erklärvideos . . . 29
2.4 Der fachliche Inhalt der Erklärvideos . . . 32
2.4.1 Der einfache elektrische Stromkreis . . . 32
2.4.2 Sachstrukturanalyse Schulbuch . . . 35
2.4.3 Sachstrukturanalyse Bildungsplan . . . 35
2.4.4 Schülervorstellungen . . . 37
2.4.5 Analogien zum elektrischen Strom . . . 41

3 Forschungsfragen **45**

4 Methodik **46**

4.1 Quantitative Datenerhebung . . . 46
4.2 Erstellung des Erhebungsinstruments . . . 47
4.2.1 Auswahl der Testaufgaben . . . 48
4.2.2 Erstellung von Vor- und Nachtest . . . 50
4.2.3 Gütekriterien von Tests . . . 51
4.3 Auswahl der Testgruppen . . . 54
4.4 Durchführung der Datenerhebung . . . 55
4.4.1 Geplante Durchführung . . . 55
4.4.2 Reflexion der Durchführung . . . 56
4.5 Auswertung der Testbögen . . . 57

5 Design der Erklärvideos **59**
5.1 Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion des fachlichen Inhalts 59
5.1.1 Zielgruppe 60
5.1.2 Auswahl geeigneter Analogien 61
5.1.3 Auswahl geeigneter Darstellungen und Animationen 62
5.2 Skripte der Erklärvideos 63
5.2.1 Skript des minimalistischen Videos 65
5.2.2 Skript des Kontrollvideos 66
5.3 Umsetzung der Erklärvideos 68
5.4 Gegenüberstellung beider Erklärvideos 69

6 Ergebnisse **72**

7 Diskussion **82**

8 Fazit **85**

9 Literaturverzeichnis **86**

10 Anhang **I**
10.1 Vortest II
10.2 Nachtest VII
10.3 Musterlösung XII
10.4 Drehbuch XVI
10.5 Ergebnisse der Textanalyse XXIV
10.6 Kodierungsplan XXIV
10.7 Ergebnisse der Testauswertung XXXVI
10.7.1 Überprüfung von Reliabilität und Normalverteilung XXXVII
10.7.2 Untersuchung von Hypothese 1 XLII
10.7.3 Untersuchung von Hypothese 3 XLIV

Abbildungsverzeichnis

1 Das Erklären als kommunikativer Prozess (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 116) 5
2 Checkliste zur Bewertung der Qualität von Erklärvideos nach Kulgemeyer (2018c). 21
3 Qualitätsdimensionen und Anforderungen an Lernmaterial nach Müller et al. (2015), S. 37 in Meller (2017) 23
4 Darstellung der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer 2009: 61) 27
5 Sachstrukturanalyse des Schulbuchs Impulse Physik (Bredthauer u. a. 2011). . . . 36
6 Sachstrukturanalyse korrigiert durch den Bremer Bildungsplan für die Oberschule Jahrgang 5-8 (Naturwissenschaften) (Bredthauer u. a. 2011). 38
7 Design der Untersuchung (Eigene Darstellung). 46

8 Verteilung von Mädchen und Jungen in Test- und Kontrollgruppe. 55
9 Prozentuale Darstellung der Gründe, aus welche die Schülerinnen und Schüler Erklärvideos sehen. 73
10 Darstellung der Regelmäßigkeit mit der Erklärvideos gesehen werden. 73
11 Übersicht über die Hypothesenprüfung zur Verteilung von Rückmeldungen bezüglich der Erklärvideos. 80
12 Ergebnisse der Untersuchung der Korrelation zwischen der Rückmeldung zum Erklärvideo und der Leistung im Nachtest. 81
13 Ergebnisse der Textanalyse für das Skript des minimalistischen Videos XXII
14 Ergebnisse der Textanalyse für das Skript des Kontrollvideos XXIII
15 Häufigkeiten der genannten Gründe, aus denen die Probanden Erklärvideos sehen. XXXVI
16 Häufigkeit der Rezeption von Erklärvideos. XXXVI
17 Darstellung der Differenz zwischen der erreichten Punktzahl in Vor- und Nachtest für die Testgruppe. XLII
18 Darstellung der Differenz zwischen der erreichten Punktzahl in Vor- und Nachtest für die Testgruppe. XLIII

Tabellenverzeichnis

1 Korrigierte Verteilung der Probanden in Test- und Kontrollgruppe. 57
2 Häufigkeit in Anzahl und Prozent der Probanden, die bereits Erlärvideos gesehen haben in Testgruppe (a) und Kontrollgruppe (b). 72
3 Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests der Testgruppe. 74
4 Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests der Kontrollgruppe. 75
5 Mittelwerte und Standardabweichungen für die Ergebnisse aus Vor- und Nachtests 76
6 Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zum Abgleich der Ergebnisse der Vortests von Test- und Kontrollgruppe 77
7 Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur Bestimmung von Leistungszuwachs in der Testgruppe 77
8 Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur Bestimmung von Leistungszuwachs in der Kontrollgruppe 78
9 Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich der Leistungen in Vor- und Nachtest 79
10 Ergebnisse der Untersuchung der Normalverteilung der Rückmeldungen zu den Erklärvideos 80
11 Überprüfung der Reliabilität des Vortests XXXVIII
12 Überprüfung der Reliabilität des Nachtests XXXIX
13 Deskriptive Statistik für die Testergebnisse der Testgruppe XL
14 Deskriptive Statistik für die Testergebnisse der Kontrollgruppe XLI
15 Deskriptive Statistik der Rückmeldungen zu den Erklärvideos beider Gruppen. . . XLIV

1 Einleitung

Digitale Medien bestimmen den Alltag vieler Jugendlicher, die einen Großteil ihrer Freizeit im Internet verbringen. Eines der beliebtesten Internetangebote ist dabei die Plattform *YouTube*, auf welcher Videos unterschiedlichster Art angesehen, eingestellt und kommentiert werden können (vgl. Wolf 2015a: 31). Ein verfügbares Genre stellen dabei sogenannte Erklärvideos dar. Sie verwenden die sowohl in Alltag, als auch Wissenschaft und Schule bewährte Methode des Erklärens, um Wissen zu vermitteln. Auch in der Schule halten digitale Medien zunehmend Einzug und Erklärvideos stellen hier eine Verbindung zwischen dem Erklären, welches unabhängig von der Form immer einen wichtigen Teil des Unterrichts darstellte, und den digitalen Medien sowie dem Alltag der Lernenden her. Durch Erklärvideos können unterschiedliche Lerngelegenheiten geschaffen werden, sei es durch die Rezeption und Bewertung fremder Videos oder die Produktion eigener. Sie können dabei motivierend auf die Lernenden wirken und Lerninhalte entsprechend des Alltags der Lernenden aufbereiten. Kern des Erklärvideos ist dabei die Erklärung, die im Erklärvideo sowohl durch Bilder und Animationen, als auch durch Sprache vermittelt wird. Ziel ist das, was auch für das Erklären im Unterricht gilt: Informationen so darzustellen, dass bei Adressaten ein Verstehen eintreten kann (vgl. Bartelborth 2012: 19). Um dies zu erreichen bestehen Qualitätskriterien die für das Erklären gelten, aber auch auf Erklärvideos übertragen werden können. Eine dieser Kriterien ist, dass Erklärungen und Erklärvideos minimalistisch gestaltet sein sollen. Dieser Empfehlung liegt die Cognitive Load Theory zugrunde, welche eine begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses annimmt, und wonach Lernmaterialien so konstruiert sein müssen, dass sie möglichst wenig kognitive Belastung darstellen. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll die Wirkung einer minimalistisch gestalteten Erklärung innerhalb eines Erklärvideos untersucht werden. Hierzu wird ein Erklärvideo zum elektrischen Stromkreis unter Berücksichtigung der Gestaltungsmerkmale minimalistischer Erklärungen erstellt. Mittels einer Interventionsstudie wird die Wirksamkeit dieses Videos im Vergleich zu einem nicht-minimalistischen Erklärvideo überprüft. Im Folgenden werden zunächst das Erklären und seine Bestandteile betrachtet und die Position von Erklärungen im Unterricht sowie die Kriterien für gute Erklärungen dargestellt. Hierauf folgt ebendieses für das Erklärvideo sowie die Darstellung der Cognitive Load Theory und deren Implikationen für Erklärungen und Erklärvideos. Der theoretische Teil der Arbeit wird durch die fachliche und didaktische Betrachtung des Inhalts des Erklärvideos, den einfachen elektrischen Stromkreis, abgeschlossen. Auf dieser Grundlage wird eine Forschungsfrage zur Wirksamkeit des minimalistischen Erklärvideos formuliert und die Methodik der quantitativen Datenerhebung sowie die Erstellung der Erklärvideos erläutert. Hierauf folgt die Darstellung der gewonnenen Ergebnisse sowie die Diskussion und ein Fazit.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Das Erklären

Sowohl im Alltag, als auch in der Schule und der Wissenschaft, ist das Erklären eine viel genutzte Methode, um Wissen zu vermitteln. McCain (2015) bezeichnet sie als

> „Explanation is the method by which we typically gain our understanding of the world around us, wether this is in a controlled scientific context or in our everyday lives.“ (McCain 2015: 831).

Das, was unter der Tätigkeit des Erklärens verstanden wird, ist oftmals vom Anwendungsgebiet abhängig. Im Folgenden soll zunächst dargestellt werden, was unter einer Erklärung in unterschiedlichen Kontexten verstanden wird und die Erklärung als kommunikativer Prozess betrachtet werden. Anschließend werden das Verstehen als Ziel und Darstellungen als unterstützende Mittel von Erklärungen betrachtet. Vor einem kurzen Einblick in den Forschungsstand wird die Funktion von Erklärungen im Unterricht aufgezeigt und Kriterien zur Vorbereitung dieser aufgestellt.

2.1.1 Definitionen von Erklärungen

Für die Tätigkeit des Erklärens gibt es im Alltag eine Reihe Synonyme, wie etwa einen Sachverhalt darstellen, ihn „vermitteln, darlegen oder begründen “ (Wagner und Wörn 2011: 10). Ein weiteres Synonym ist häufig das Argumentieren. Während Argumentationen aber eine Behauptung unterstützen sollen, dienen Erklärungen dazu, deutlich zu machen, warum etwas auftritt (vgl. Osborne und Patterson (2011: 629); Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015: 114)).
Zwar sind sich das Erklären in Alltag, Unterricht und Wissenschaft ähnlich, da sie alle das Ziel haben, etwas verständlich zu machen, letztere sind meist jedoch wesentlich exakter als Alltagserklärungen (vgl. McCain 2015: 828). Abseits der Erklärungen im Alltag kann zunächst angeführt werden, dass der Begriff des Erklärens keine eindeutige Definition aufweist, aber zwei Bedeutungen unterschieden werden können. Dies ist einerseits das „Erklären als didaktische Handlung“ und andererseits das Erklären als „Aufgabe der Naturwissenschaften“ (Kulgemeyer 2016: 3). Während sich erstere auf eine Fähigkeit von Lehrkräften bezieht, die unabdingbar für einen guten Unterricht ist, bezieht sich die zweite Bedeutung auf die wissenschaftliche Perspektive.

Ein Konzept, welches das wissenschaftliche Erklären beschreibt, ist das Hempel-Oppenheim Schema (vgl. Kulgemeyer 2016: 3). Das Hempel-Oppenheim-Schema (H-O-Schema) liegt dabei besonders physikalischen Erklärungen zugrunde und beschreibt *deduktiv-nomologische Erklärungen* (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 113). Hempel und Oppenheim teilen Erklärungen dabei in zwei wesentliche Bestandteile. Dies ist zum einen das *Explanandum*, welches den Satz bezeichnet, der das zu erklärende Phänomen beschreibt und erklären soll. Das Explanandum ist dabei aber nicht mit dem Phänomen selber gleichzusetzen. Zum anderen ist das *Explanans* Bestandteil von Erklärungen, und beschreibt das, was das Phänomen inhaltlich beschreibt, also das Gesetz

oder Prinzip auf welches es zurückzuführen ist (vgl. Hempel und Oppenheim 1948: 136). Das Explanans ist wiederum in zwei Unterkategorien zu teilen, wobei eine die Sätze umfasst, die die zugrundeliegenden Randbedingungen betreffen und die zweite, die Sätze beinhaltet, die das generelle Gesetz repräsentieren. Nach dem H-O-Schema müssen die Erklärungen den „logical conditions" folgen, wonach das Explanandum als logische Konsequenz aus dem Explanans abzuleiten sein muss. Gleichzeitig muss das Explanans generelle Gesetze beinhalten, die für die Herleitung des Explanandum notwendig sind. Zusätzlich muss das Explanans durch ein Experiment oder eine reine Beobachtung empirisch nachweisbar sein (vgl. Hempel und Oppenheim 1948: 137). Als weitere Bedingung einer wissenschaftlichen Erklärung muss des weiteren die „empirical condition of adequacy" erfüllt sein, wonach das, was das Explanans bildet, wahr und bewiesen sein muss, damit sich die Erklärung nicht nachträglich als falsch erweist (vgl. Hempel und Oppenheim 1948: 137).
Andere Formen sind beispielsweise *statistische Erklärungen*, bei der ebenfalls Phänomene durch grundlegende Gesetze erklärt werden. Sie haben jedoch zur Folge, dass das Auftreten nicht mehr fest vorhergesagt werden kann, sondern einer Wahrscheinlichkeit unterliegt (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 113).
Eine weitere Form des Erklärens ist die *teleologische Erklärung*, die etwa in der Biologie vermehrt genutzt wird. Sie dient vornehmlich dazu, ein Verhalten mit seinem Zweck zu erklären, beispielsweise warum der Pfau ein Rad schlägt (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 113). Hempel und Oppenheim (1948) führen an, dass es bei diesen Erklärungen zwar an einer Generalität und Vorhersagbarkeit mangelt, da das Verhalten etwa sehr individuell ist, die Hauptaspekte des H-O-Schemas, wie die Unterteilung in Explanans und Explanandum, dennoch auch hier gelten (vgl. Hempel und Oppenheim 1948: 140).

Lehner (2018) weist darauf hin, dass zwei der Forderungen an wissenschaftliche Erklärungen nie erreicht werden können. Dies ist zum einen die Forderung nach Totalität, nach welcher ein Phänomen in all ihren Einzelheiten erklärt wird. Zum anderen ist es die Forderung nach Abgeschlossenheit, bei welcher nichts unerklärt bliebe, da alle innerhalb der Erklärung gemachten Annahmen erklärt sind (vgl. Lehner 2018: 12f). Diese Forderungen werden an unterrichtliche Erklärungen nicht gestellt, da diese nicht nur auf zugrundeliegende Prinzipien zurückführen sollen. Sie verfolgen stattdessen auch eine Vermittlungsabsicht, zu welcher die Erklärung an eine bestimmte Adressatengruppe angepasst wird. Die Vermittlungsabsicht führt dazu, dass die Erklärung als kommunikativer Prozess zwischen Erklärenden und Adressaten aufgefasst werden kann (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 113). Dies hat auch zur Folge, dass die Ergebnisse von wissenschaftlicher und unterrichtlicher Erklärung unterschiedlich sein können. Während in der wissenschaftlichen Erklärung die Nachvollziehbarkeit des Rückschlusses auf das Prinzip im Vordergrund steht, besteht in unterrichtlichen Erklärungen die Vermittlungsabsicht „in der adressatengemäßen und sachgerechten Erstellung und Modifikation" (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 115).
Hinsichtlich der Erklärungen definiert Lehner (2018) in Anlehnung an Leinhardt unterschiedliche Ausprägungen. Neben den wissenschaftlichen Erklärungen sind dies drei weitere Formen, die auch den Unterrichtserklärungen zugeordnet werden können. Dies sind zum einen Ad-hoc-Erklärungen,

durch welche den spontan auftretenden Fragen oder Verstehenslücken begegnet wird, zum anderen die instruktionalen Erklärungen, die von der Lehrperson als Intervention im Unterricht geplant wurden, um Sachverhalte verständlich zu machen und Lernprozesse anzustoßen, und zuletzt Selbsterklärungen, durch welche sich Lernende in einer Form kooperativen Lernens gegenseitig Erklärungen geben (vgl. Lehner 2018: 12). In Bezug auf diese Erscheinungen von Erklärungen im Unterricht sei anzumerken, dass das Erhalten instruktionaler Erklärungen nicht automatisch zu einem Verstehens- und Fertigkeitserwerb führt. Außerdem sind es bei der Anwendung von Selbsterklärungen als Lernform nicht unbedingt die Adressaten, die von ihnen profitieren, sondern vielmehr die Erklärenden (vgl. Renkl u. a. 2006: 206). Gründe hierfür können im kommunikativen Charakter gefunden werden, der im Folgenden dargestellt wird.

2.1.2 Erklärungen als kommunikativer Prozess

Unabhängig von ihrer Form und dem fachlichen Anwendungsbereich stellen Erklärungen immer eine Kommunikation dar, die dann erfolgreich ist, wenn der Erklärende von einem Verstehen seitens des Adressaten ausgehen kann (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2009a: 135). Im Unterricht ist ein Ziel dieser Kommunikation das Übertragen von Wissen vom Erklärenden auf den oder die Adressaten (vgl. Wagner und Wörn 2011: 14). Im Folgenden soll diese Kommunikation anhand instruktionaler Erklärungen durch die Lehrkraft betrachtet werden.
Instruktionale Erklärungen können sich im Unterricht sowohl an einzelne Lernende, kleine Gruppen, aber auch an alle Lernenden richten. Unabhängig vom Adressaten können dabei alle im Unterricht Anwesenden einen Einfluss auf die Erklärung nehmen, etwa durch Rückfragen oder auch Unterbrechungen. Zentral innerhalb des Kommunkationsprozesses sind jedoch die erklärende Person und der Adressat. In Anlehnung an ein konstruktivistisches Kommunikationsmodell haben Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) ein Kommunikationsmodell für den Physikunterricht entworfen, welches in Abbildung 1 abgebildet ist.
Grundlegende Voraussetzung der Kommunikation ist dabei, dass ein gemeinsamer „common ground“ (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015) besteht, nach welchem beide Parteien bereit sein müssen, die Kommunikation einzugehen, die Bereitschaft aufweisen, miteinander zu interagieren und kooperieren, sowie das Ziel verfolgen, den anderen zu verstehen oder verstanden zu werden. Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, kommt dem Erklärer zunächst die Aufgabe zu, sich über zwei wesentliche Fragen bewusst zu werden. Die erste zielt dabei auf den Erklärgegenstand ab, da festgelegt werden muss, was erklärt werden soll. Die zweite Frage betrifft den Kommunikationspartner. Nur wenn der Erklärer das Vorwissen, die Interessen und auch die Fehlvorstellungen des Adressaten kennt, kann er seine Erklärung angemessen anpassen. Diese Fragen sind somit grundlegend für eine sachgerechte und adressatengemäße Erklärung, die vom Adressaten verarbeitet werden kann. Beispielhaft kann hier genannt werden, dass eine streng logische Rückführung auf ein Prinzip zwar der wissenschaftlichen Erklärung und auch dem Erklärgegenstand entspricht, jedoch für den Adressaten nur wenig verständlich ist und somit nicht für eine Erklärung im Unterricht geeignet ist (vgl. Kulgemeyer 2016: 4). Unter Anbetracht dieser Anforderungen verfasst der Erklärende dann ein *Kommunikat*. Dies ist eine sprachliche Äußerung, die der Kommunikation dienen soll und spezi-

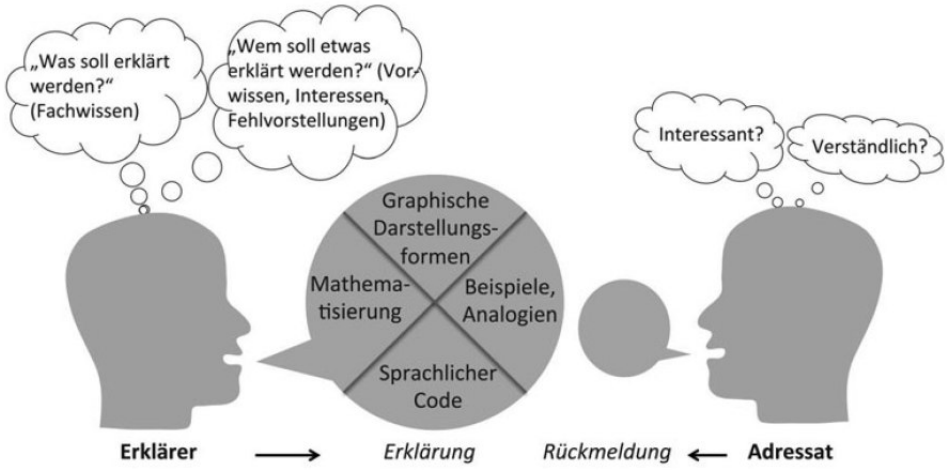


Abbildung 1: Das Erklären als kommunikativer Prozess (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 116)

fische Eigenschaften aufweist (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 116). Diese Eigenschaften werden in der Abbildung als Mathematisierung, Graphische Darstellung, Beispiele und Analogien sowie den sprachlichen Code dargestellt und müssen so ausgewählt werden, dass sie sowohl sachgerecht als auch adressatengemäß sind. Aufgrund dieser unterschiedlichen Variablen zeigt sich, dass es für ein Explanandum meist mehrere möglicherweise geeignete Explanantia gibt, von denen der Erklärende das für diese Kommunikationssituation richtige auswählen muss (vgl. Kiel u. a. 2015: 2).

Der Einbezug von Analogien bietet sich dabei besonders dann an, wenn der Erklärgegenstand auf mikroskopischer Ebene liegt und Vorgänge erklärt werden, die nicht sichtbar sind. Durch die Verwendung von Analogien kann der Erklärer dadurch die Vorstellung des Adressaten beeinflussen und die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass er daraus ein angemessenes Modell konstruiert [vgl.][631](Osborne und Patterson 2011).
Auch angesichts der Sprache muss der Erklärer einige Abwägungen treffen. Zwar sollte nicht gänzlich auf eine Fachsprache verzichtet werden, sie sollte aber so gewählt werden, dass die Sprache keine Hürde für den Erfolg einer Erklärung darstellt. Langer u. a. (2011) weist darauf hin, dass die Verständlichkeit eines Textes oftmals nicht von dessen Inhalt abhängt, sondern vielmehr von der Ausdrucksweise.
Während der Erklärende seine Erklärung äußert, ist der Adressat keineswegs ein passiver Zuhörer, da er die Informationen des Erklärers kognitiv Verarbeiten muss (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 50). Dazu gehört das Abrufen bereits vorhandener Wissensstrukturen und die Eingliederung neuer Elemente in diese. Nur wenn neue Strukturen aufgebaut und alte ausgebaut werden können, kann er die Frage nach der Verständlichkeit als zutreffend beantworten. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass ein Adressat eine Bedeutung aus dem Komunikat konstruieren kann, je besser die darin vorkommenden Fachinformationen sachgerecht und adressatengemäß präsentiert werden (vgl. Kulgemeyer 2013: 2).

Dieser Verarbeitungsprozess wird in Kapitel 2.3 genauer betrachtet. Durch die Wahl von aus Adressatensicht, interessanten Beispielen, aber auch der Einbindung von Rückfragen, kann der Erklärer dabei die kognitive Aktivierung der Adressaten beeinflussen. Des Weiteren ist es Aufgabe des Adressaten, eine Rückmeldung an den Erklärer zu geben. Dies kann verbal geschehen, etwa durch Zustimmung oder Nachfragen, aber auch durch nonverbale Kommunikation kann demonstriert werden, ob eine Erklärung verstanden wurde. Hier liegt es besonders am Lehrer zu erkennen, ob Lernende ein Nichtverstehen durch nonverbale Signale zeigen, da diese häufig keine direkten Nachfragen stellen wollen (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 51). In Folge dessen ist es an dem Erklärer, seine Erklärung gegebenenfalls an die Rückmeldung anzupassen und eine alternative Darstellung anzubieten. Dieser Aspekt ist in Abbildung 1 nicht aufgeführt. Der Kommunikationsprozess der Erklärung ist demnach nur abgeschlossen, wenn der Adressat ein Verstehen signalisiert, oder wenn die Erklärung durch den Erklärer beendet wird, da beispielsweise kein gemeinsamer common ground mehr besteht.

2.1.3 Das Verstehen als Ziel von Erklärungen

Möchte man etwas verstehen, muss es erklärt werden. Gleichzeitig muss man etwas verstanden haben, um es erklären zu können.
Erklärungen werden meist mit dem Ziel gegeben, dass das Gegenüber, also der Adressat, etwas versteht. Somit ergibt sich in der Betrachtung von Erklärungen also „ein enges Verhältnis von Erklären und Verstehen“ (Bartelborth 2012: 19). Für dieses Verstehen gibt es jedoch keine einstimmige Definition. (Lehner 2018) definiert dieses in Hinsicht auf einen didaktischen Rahmen als „das Begreifen und Erfassen einer Sache beziehungsweise eines Sachverhalts“ (Lehner 2018: 142). Das Verstehen wird hier also als Prozess der Auseinandersetzung mit einzelnen Verstehenselementen gesehen. Verstehenselemente sind dabei all die Elemente einer Erklärung, die verstanden werden müssen, um eine Struktur oder ein Prinzip zu durchdringen (vgl. Lehner 2018: 143). Allgemeiner wird das Verstehen als Ergebnis kognitiver Prozesse verstanden, die Folge des Begreifens und Erfassens sowie der Verarbeitung von Informationen darstellen. Neue Informationen und Elemente werden mit bereits vorhandenen Vorstellungen und auch mit bestehendem Wissen verknüpft, wodurch neue kognitive Strukturen aufgebaut, verknüpft und verdichtet werden (vgl. Drollinger-Vetter 2009: 1). Dadurch führt das alleinige Erklären nur eingeschränkt zum Erfolg. Sowohl Bartelborth (2012) als auch Lehner (2018) betonen, dass die Einbettung in bereits vorhandenes Wissen und die Vollständigkeit aller Verstehenselemente dabei elementar sind, um ein Gesamtbild zu erreichen, dessen Elemente beweglich und dadurch jederzeit unabhängig voneinander abgerufen werden können (vgl. Bartelborth (2012: 19); Lehner (2018: 43)). Die dabei ablaufenden Prozesse und Strukturen sind subjektiv vom Adressaten und dem Gegenstand abhängig, wodurch auch das Verstehen als subjektiv anzusehen ist. Es geht hervor, dass eine Erklärung dann erfolgreich war und verstanden wurde, wenn die Adressaten das konstruierte Wissen anschließend anwenden können und in der Lage sind, selbst eine Erklärung des gleichen Erklärgegenstands vorzunehmen. Durch die eigene Erklärung kann das Verstehen dann wiederum vertieft werden, da kognitive Strukturen erweitert und verdichtet werden (vgl. Lehner 2018: 10). Weitere Bedingungen, die für den Aufbau kognitiver Strukturen notwendig

sind, werden in Kapitel 2.3 in Zusammenhang mit der Cognitive Load Theory betrachtet.

2.1.4 Darstellungen und Abbildungen zur Unterstützung von Erklärungen

Bilder und Darstellungen können dazu genutzt werden, verbale Erklärungen zu unterstützen. Sie stellen dabei eine Variable dar, durch die der Kommunikationsprozess der Erklärung sach- und adressatengerecht angepasst werden kann (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2009b: 329). Dabei können sie unterschiedliche Funktionen erfüllen. Neben der Darstellungs- und Informationsfunktion können sie auch zugrundeliegende Gesetze veranschaulichen (vgl. Girwidz 2016: 30). Sie bieten dabei eine Möglichkeit, die visuelle Vorstellung der Lernenden zu beeinflussen und können so dazu beitragen, mentale Modelle zu bilden (vgl. Girwidz 2016: 30). Visuelle Darstellungen können mehrere Informationen simultan präsentieren und tragen so zur Verknüpfung der in der verbalen Erklärung dargestellten Elemente bei (vgl. Girwidz 2016: 30). Auch eine strukturierte Abfolge aufeinander aufbauender Bilder kann die Erklärungen nachvollziehbar machen (vgl. Wagner und Wörn 2011: 91). In Kapitel 2.3 wird darauf eingegangen, wie dies die kognitive Belastung der Lernenden verringern kann. Zur Erklärung unterschiedlicher Sachverhalte und Prinzipien kann dabei auf eine Reihe unterschiedlicher Darstellungsformen zurückgegriffen werden, wie etwa Bilder, Graphen und Animationen, aber auch Formeln stellen eine Art der Darstellungsform dar. Um diese Formen zur Unterstützung einer verbalen Erklärung zu nutzen, müssen sie nicht nur mit Rücksicht auf den fachlichen Inhalt, sondern auch unter Beachtung persönlicher Voraussetzungen der Adressaten, wie die Vorlieben, ausgewählt werden (vgl. Girwidz 2016: 30). Sollen beispielsweise Diagramme genutzt werden, muss sich die erklärende Person sicher sein, dass diese von den Adressaten auch gelesen und interpretiert werden können. Dies Bedarf gegebenenfalls einiger Übung. Ein Vorteil visueller Darstellungen liegt darin, dass sie Zusammenhänge aufdecken können, die verbal nur schwer zu beschreiben und nachzuvollziehen wären. Dies bezieht sich sowohl auf den Ablauf von Prozessen, als auch auf kausale und funktionale Zusammenhänge (vgl. Girwidz 2016: 33f). Zur Wahl von Bildern in Erklärungen führt Kulgemeyer und Schecker (2009b) nach Sumfleth und Gnoyke drei Typen von Abbildungen auf. Die realistischen Bilder, die logischen Bilder, die eine Abstraktion darstellen und eine logische Struktur aufweisen, und die Bildanalogien. Durch Bildanalogien können Übertragungen und Vergleiche zwischen einem Modell und einem Phänomen erleichtert werden (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2009b: 329). Hierbei wird auch ein Rückbezug zum Vorwissen geschaffen, wodurch die Verknüpfung von neuem und altem Wissen erleichtert werden kann (vgl. Girwidz (2016: 35); Wagner und Wörn (2011: 55).

2.1.5 Funktionen und Struktur von Erklärungen im Unterricht

Im Unterricht kommen Erklärungen eine besondere Stellung zu. Während Schülerinnen und Schüler die Erklärfähigkeit ihrer Lehrkräfte als wichtig für einen gelingenden Unterricht betrachten und Osborne und Patterson (2011) das Bereitstellen von Erklärungen als „the bread and butter of the science teacher's existence " (vgl. Osborne und Patterson 2011: 632) bezeichnet, werden sie besonders von Lehrenden, die am Anfang ihrer Berufslaufbahn stehen, oftmals gemieden (vgl. Leisen 2007: 459). Dies geht häufig darauf zurück, dass sie mit einem Vortrag gleichgesetzt und als

negative Art des Frontalunterrichts angesehen werden. Hier zeigt sich ein Unterschied in der Bedeutung von Erklären aus verschiedenen Perspektiven. Die wissenschaftstheoretische Perspektive fasst das Erklären als Darstellung von Kausalzusammenhängen und Begründungen, was einem Vortrag gleicht, bezieht die erziehungswissenschaftliche Perspektive Aushandlungsprozesse zwischen allen Beteiligten mit ein, beinhaltet neben einer verbalen auch eine visuelle Darstellung und hat nicht die sachliche Darstellung, sondern das Verstehen zum Ziel (vgl. Wagner und Wörn (2011: 20); Leisen (2007: 461)). Dabei gibt es einige Gründe, die dafür sprechen, Erklärungen in den Unterricht einzubinden. Ein Zitat von Osborne und Patterson (2011) stellt sie dabei sogar als essentiell für die Konstruktion von neuem Wissen heraus:

> „Explanations and the construction of explanations are essential to the creation of new knowledge.“ (Osborne und Patterson 2011: 636).

Außerdem kann vorhandenes Wissen erweitert und, ebenso wie Fehlvorstellungen, korrigiert werden (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 50). Muss ein Bezug zu bekannten jedoch lange zurückliegenden Analogien und Modellen vorgenommen werden, können Erklärungen eine zeitliche Entlastung darstellen und bieten mehr Raum für die weitergehende Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt (vgl. Leisen 2007: 460). Darüber hinaus können Erklärungen eingesetzt werden, um Themen abzuschließen und Zusammenhänge abschließend für alle erkenntlich darzustellen (vgl. Leisen 2007: 459)

Das unterrichtliche Erklären ist somit nicht mit einem Vortrag gleichzusetzen und kann unterschiedliche Funktionen erfüllen. Diese können zunächst dahingehend unterschieden werden, welcher Erklärgegenstand zugrunde liegt. So konzentrieren sich *Was-Erklärungen* auf die Erklärung von Begriffen, während *Wie-Erklärungen* Handlungsabfolgen und *Warum-Erklärungen* kausale Zusammenhänge und Strukturen fokussieren (vgl. Wagner und Wörn 2011: 22).

Des Weiteren kann dahingehend unterschieden werden, von wem eine Erklärung bereitgestellt wird, da nicht nur Lehrende, sondern auch Schülerinnen und Schüler Erklärungen im Unterricht geben können. Müssen Lernende eine Erklärung geben, kann dies sowohl schriftlich als auch mündlich erfolgen. Eine Schülererklärung kann dabei das Ziel verfolgen, dass die Lernenden sich intensiv mit dem fachlichen Inhalt auseinander setzen müssen, um ihn angemessen zu strukturieren und darzustellen. Dabei kann das Erklären zum kooperativen Lernen genutzt werden. Während die Adressaten hier eine Erklärung erhalten, die besonders bei schwächeren Lernenden als alternative Erklärung zu der der Lehrkraft gesehen werden kann, profitieren auf die Produzenten der Erklärung. Zur Aufbereitung der Informationen müssen sie sich intensiv mit den Inhalten auseinander setzen und geeignete Darstellungsformen wählen und vorbereiten, was zu einem tieferen Verständnis führen kann (vgl. Renkl u. a. (2006: 206); Wagner und Wörn (2011: 21).

Eine weitere Funktion der Schülererklärungen ist die Diagnostik. Zum einen kann das Verwenden des Operators *Erklären*, definiert als „Einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen“ (Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 63) dazu genutzt werden, um das Wissen und die Fähigkeit dieses angemessen zu präsentieren, zu prüfen und zu bewerten. Zum anderen können Lehrkräfte hierdurch das Wissen der Lernenden überprüfen und gegebe-

nenfalls Verstehenslücken durch eigene Erklärungen schließen oder weitere Unterrichtsmaßnahmen anschließen (vgl. Wagner und Wörn 2011: 21).
Schülererklärungen können dabei sowohl spontan, als auch geplant ablaufen. Zwar führt Wittwer und Renkl (2008) an, dass das eigene Geben einer Erklärung für Schülerinnen und Schüler immer einen positiveren Einfluss auf den Lernprozess hat als Erhalten einer Erklärung, sie stellen aber auch dar, dass von Webb und Mastergeorge gezeigt wurde, dass Lernende nicht in der Lage sind ihre Erklärungen an das Wissen der Adressaten anzupassen (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 52). Im Sinne der Aneignung einer Kommunikationskompetenz und auch um sie als Alternativerklärung für andere Lernende zu nutzen, muss das Erklären durch die Schülerinnen und Schüler somit gelernt und geübt werden (vgl. Kulgemeyer 2013: 3).
Spontane Lehrererklärungen werden besonders dann eingesetzt, wenn Verstehenslücken oder Fehlvorstellungen seitens der Lernenden auftreten. Dabei folgen sie meist auf eine Kommunikation zwischen Lernenden und Lehrenden, sei es auf Fragen der Lernenden, falsch oder nicht beantwortete Fragen des Lehrenden zur Feststellung, ob der Inhalt verstanden wurde oder auch auf Hinweis auf Unverständnis durch Mimik und Gestik (vgl. Leisen 2007: 460). Diese ad-hoc Erklärungen zeichnen sich im Unterricht häufig dadurch aus, dass sie kürzer als vorbereitete Erklärungen sind und auch auf einzelne Lernende ausgerichtet sein können.
Geplante Lehrererklärungen können hingegen vorbereitet werden und in den Unterrichtsablauf integriert werden. Ihre Dauer ist häufig länger, da sie beispielsweise in neue Themen einführen, neue Inhalte erschließen sollen oder bereits in der Planung des Unterrichts auffällige Schülerschwierigkeiten behandeln (vgl. Wagner und Wörn 2011: 23). Sofern sie keine verschobene Reaktion auf eine Schülerfrage aus einer vorherigen Stunde sind, werden geplante Erklärungen immer durch den Lehrer initiiert, und richten sich meist an die ganze Klasse. Der Vorteil einer geplanten Erklärung liegt auch darin, dass im Vorfeld der Erklärung Materialien wie Bilder und Animationen, aber auch Tafelanschriften und Zeichnungen ausgewählt werden können, die angemessen für Inhalt und Lerngruppe sind (vgl. Wagner und Wörn 2011: 23).
Wagner und Wörn (2011) beschreibt den Ablauf von Erklärungen im Unterricht in vier Phasen, die sowohl bei ad-hoc Erklärungen, als auch bei vorbereiteten Erklärungen definierbar sind. Sie heben außerdem den kommunikativen Charakter von Erklärungen im Unterricht hervor. Nach diesem Schema beginnt eine Erklärung bereits mit dem Erkläranlass. Dieser beschreibt den Grund, aus dem eine Erklärung getätigt wird. Beispiele sind hier Verständnislücken und Schülerfehler in schriftlichen Abgaben oder mündlichen Äußerungen, aber auch die Einführung in ein neues Thema (vgl. Wagner und Wörn 2011: 23).
Der Anlass einer Erklärung ist verbunden mit einer Erklärinitiierung, die sowohl nonverbal durch Mimik und Gestik, aber auch durch Nachfrage der Lernenden, ob die Lehrkraft etwas noch einmal wiederholen könne, stattfinden kann. Die Initiierung kann auch durch die Lehrperson vorgenommen werden, es ist jedoch von Vorteil, wenn sie durch die Lernenden vorgenommen wird. Dies kann die kognitive Aktivierung der Lernenden erleichtern, welche die Grundvoraussetzung für das Verstehen der Erklärten ist (vgl. Kulgemeyer 2016: 4).
Auf diese Feststellung folgt dann der Erklärprozess. Dieser muss nicht linear verlaufen und konzentriert sich auf das Explanandum. Kulgemeyer (2016) gliedert diesen Prozess für den Physik-

unterricht in einem Modell in weitere Aspekte, die in der Vorbereitung und Durchführung einer Erklärung berücksichtigt werden müssen. So wird die Erklärung eines Phänomens durch ein allgemeines Prinzip vorgenommen, welches später auf andere Phänomene übertragen werden kann. In der Erstellung eines Erklärungsangebotes im Erklärprozess müssen hier auch das Vorwissen der Lernenden und ihre Interessen, sowie die Sachstruktur des fachlichen Inhalts berücksichtigt werden, um den Erklärprozess adressaten- und prozessgemäß zu gestalten (vgl. Kulgemeyer 2016: 5). Dies bezieht sich jedoch nicht nur auf inhaltliche Aspekte, sondern auch auf die Darstellung, die im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion für die Erklärung ausgewählt wird. Hierfür müssen die Voraussetzungen bedacht werden, mit denen die Lernenden in den Unterricht kommen, um Beispiele, visuelle und sprachliche Darstellung sowie den Grad der Mathematisierung angemessen zu wählen. Gleichzeitig muss die Darstellung fachlich korrekt und vollständig sein, aber auch entsprechend der Kapazitäten der Lernenden reduziert werden (vgl. Kulgemeyer 2016: 5).
Während Wagner und Wörn (2011) den Abschluss des Erklärprozesses in der Schließung von Verständnislücken oder dem Lösen eines kognitiven Konflikts sieht, der in der Beendigung der Erklärung, der sogenannten *Erklärcoda*, endet, betont Kulgemeyer (2016) an dieser Stelle den kommunikativen Prozess von Erklärungen im Unterricht. Demnach ist die Erklärung zunächst nur ein Zwischenprodukt, dass von den Adressaten auch abgelehnt werden oder nicht ausreichend verarbeitet werden kann. In jedem Fall folgt hieraus eine Evaluation, um festzustellen, welche Elemente der Erklärung verstanden wurden und welche Variationen in der Erklärung vorgenommen werden müssen, um in einem weiteren Schritt eine alternative beziehungsweise modifizierte Erklärung zu geben (vgl. Kulgemeyer 2016: 5). Der kommunikative Prozess stellt sich hierbei als spiralförmiger dar, bei dem Erklärungen angeboten, deren Erfolg evaluiert und die Erklärung angepasst wird, um sie in der neuen Struktur zu wiederholen. Die Erklärung wäre demnach erst beendet, wenn das Prinzip in ausreichendem Maße verstanden wurde (vgl. Kulgemeyer 2016: 4f).
Es wird somit deutlich, dass eine Rückversicherung über das Verständnis und die Verstehenslücken für das Erklären im Unterricht unabdingbar sind. Dabei stellt sich jedoch die Frage, wie dies vorgenommen wird. Eine häufige im Unterricht auftretende Frage ist an dieser Stelle „Hast du es verstanden?“. Dies zu verneinen benötigt jedoch hohes Selbstvertrauen seitens der Lernenden, bei einem „Ja“ kann hier also nicht zwingend davon ausgegangen werden, dass es verstanden wurde (vgl. Kulgemeyer 2016: 6). Gleiches ist der Fall, wenn keine Nachfragen gestellt werden. Sollten Verständnisschwierigkeiten festgestellt werden, muss die Erklärung an diese adaptiert werden. Keinesfalls sollte in einem solchen Fall eine Erklärung in gleicher Weise wiederholt werden, da dies einen negativen Einfluss auf die kognitive Leistung hat (vgl. Kulgemeyer 2016: 9). Gegebenenfalls sollte eine alternative Erklärung neu vorbereitet werden. Im Folgenden werden Kriterien vorgestellt, die bei der Vorbereitung beachtet werden sollten.

2.1.6 Kriterien zur Vorbereitung guter Erklärungen

Erklärungen im Unterricht können den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern positiv beeinflussen. Um dies zu bewirken, müssen jedoch unterschiedliche Voraussetzungen erfüllt sein, die zum Teil auch durch das Wissen der Lehrkräfte bedingt werden. So konnte gezeigt werden, dass

insbesondere das Wissen einer Lehrkraft über Schülervorstellungen wichtig für eine gute Erklärung sind. Neben dem fachdidaktischen Wissen ist aber auch das fachliche Wissen relevant, wobei das Wissen über Schulphysik einen größeren Einfluss hat als solches, das dem universitären Wissen entspricht und somit über das in der Schule benötigte Wissen hinausgeht (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2018: 107). Eine Schwierigkeit des Gebens guter Erklärungen liegt darin, dass die Strukturen guter Erklärungen und fachlicher Inhalte nicht deckungsgleich sind. Für eine gute Erklärung müssen auf diesem Grund eine Reihe Abwägungen und Entscheidungen getroffen werden (vgl. Kulgemeyer 2016: 3). Auch Renkl u. a. (2006) führt hier an, dass ein zu hohes Fachwissen oftmals dazu führt, dass eine Erklärung nicht erfolgreich ist, da die Erklärung an die Adressaten angepasst werden konnte. Von Vorteil ist es dabei, wenn die Erklärungen vorbereitet werden können. Im Folgenden werden Kriterien aufgeführt, die bei der Planung zu berücksichtigen sind und zu einer guten Erklärung führen können. Zwar können diese Kriterien dazu beitragen, dass Erklärungen das Verstehen fördern, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass auch ein gutes Erklären nicht zu einem direkten Wissenszuwachs führt. Dies ist durch die individuelle Verarbeitung von Informationen seitens der Lernenden und auch durch die Konstruktion von Wissen (s. Kapitel 2.3) bedingt (vgl. Kulgemeyer 2018c: 8f).

Voraussetzung guter Erklärungen ist zunächst, dass diese immer an die Adressaten angepasst sein müssen. So müssen unter Berücksichtigung des Ziels der Erklärung das Vorwissen, mit bestehenden Vorstellungen und gegebenenfalls vorhandenen Modellen, die Interessen der Lernenden, aber auch mögliche Verständnisprobleme und der Verstehenshorizont der Lernenden in die Planung einbezogen werden (vgl. Tomczyszyn und Kulgemeyer (2016: 12); Leisen (2007: 461)). Anhand dieser Informationen kann dann eine didaktische Elementarisierung und Rekonstruktion vorgenommen werden, die als Ergebnis die fachlichen Inhalte in einer, für diese Adressaten angemessenen Weise, präsentiert. Diese Adressatenbezogenheit umfasst auch die Wahl von geeigneten Darstellungen sowie die Interaktion zwischen den Beteiligten und wird als eines der wichtigsten Merkmale von Erklärungen, besonders im Unterricht, angesehen (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2018: 111).

Die dabei entstehenden Erklärungen sollten in der Anwendung des Weiteren adaptiv sein und der Erklärsituation sowie möglichen Rückfragen und Verständnisschwierigkeiten angepasst werden können, um das Lernpotenzial zu erhöhen (vgl. Kulgemeyer (2018c: 9); Wittwer und Renkl (2008: 51)). Hierzu sollte jede Erklärung auch immer eine Rückversicherung des Erklärenden beinhalten, um sicherzustellen, dass die Erklärung von den Adressaten nachvollzogen und verarbeitet werden kann. Ist dies nicht der Fall, muss der Erklärende die Erklärung gegebenenfalls anpassen oder Ergänzungen vornehmen. Diese Anpassung kann etwa durch die Wahl anderer Beispiele erfolgen, aber auch eine Variation der Sprache und eine Abstraktion können dazu beitragen, eine Erklärung adressatengerechter zu gestalten. Durch einen angemessenen Einbezug der Zielgruppe in die Vorbereitung der Erklärung können auch möglicherweise benötigte Ergänzungen oder Variationen hinsichtlich sprachlicher oder visueller Darstellung bereits im Vorfeld geplant werden (vgl. Tomczyszyn und Kulgemeyer 2016: 10). Wagner und Wörn (2011) bezeichnen diese Voraussetzungen guter Erklärungen als „Adressatenbezogene Krtierien“ (Wagner und Wörn 2011: 30), die eine von drei Hauptkategorien der Kriterien guter Erklärungen ausmachen.

Die zweite Hauptkategorie umfasst die „inhaltlichen Kriterien“ (Wagner und Wörn 2011: 29), die sich auf das Explanandum und die korrekte Darstellung des fachlichen Inhalts beziehen und auch als sachgerechte Kriterien bezeichnet werden können. Eine Erklärung sollte demnach alle grundlegenden Elemente beinhalten, die notwendig sind, um zu einem Verstehen des Gegenstands zu führen. Diese Elemente müssen im Vorfeld der Erklärung erkannt werden und in Beziehung zu einem möglicherweise vorhandenen Vorwissen gesetzt werden. Kann an ein Vorwissen angeknüpft werden, so können bereits vorhandene Elemente in der Erklärung ausgelassen werden, wodurch der Fokus dann auf andere elementare Bestandteile des Explanandums gesetzt werden kann (vgl. Wagner und Wörn 2011: 29).
Ebenfalls Teil der inhaltlichen Kriterien ist die Auswahl angemessener Darstellungsformen, wie Skizzen, Bilder und Zeichnungen, um die Erklärung zu unterstützen oder zu ergänzen. Diese müssen sowohl den Inhalt angemessen darstellen beziehungsweise repräsentieren, als auch den adressatenbezogenen Kriterien entsprechen. Informationen müssen diesen Darstellungen einfach zu entnehmen sein und dürfen die Lernenden nicht von der eigentlichen Erklärung ablenken. Gleiches gilt auch für den Einsatz von Beispielen und Analogien, die das Verständnis erleichtern können, sofern sie selbst keine Verständnishürden darstellen (vgl. Tomczyszyn und Kulgemeyer 2016: 13).
Zuletzt fällt auch der Aspekt der sprachlichen Angemessenheit unter die inhaltlichen Kriterien. Diese Angemessenheit ist nochmals von den Adressaten und ihrem Vorwissen sowie den fachlichen Inhalten abhängig. Einerseits ist zu vermeiden, dass die Verwendung von Fachsprache dazu führt, dass die Erklärung nicht mehr nachvollziehbar und verständlich ist. Andererseits darf der Verzicht auf Fachsprache nicht dazu führen, dass Inhalte fachlich inkorrekt dargestellt werden (vgl. Wagner und Wörn 2011: 30). Hinsichtlich der Sprache ist auch zu berücksichtigen, dass Begriffe teilweise in Alltags- und Fachsprache unterschiedliche Bedeutungen oder Verwendungen haben. Dies ist in der Vorbereitung der Erklärung ebenfalls zu berücksichtigen. Leisen (2013) führt des Weiteren an, dass sprachliche Elemente wie kausale Konnektoren Hinweise auf Beziehungen verdeutlichen und „sinnstiftend“ wirken können, während Stimmmodulation und auch Dynamik in der Erklärung zu Dynamik und Enthusiasmus seitens der Adressaten führen können (vgl. Leisen 2013: 29).
Die dritte Hauptkategorie sind die „strukturellen Kriterien“ (Wagner und Wörn 2011: 26), die sich auf den Ablauf der Erklärung beziehen. Demnach muss eine gute Erklärung in logisch nachvollziehbare Denkschritte aufgeteilt werden, die aufeinander aufbauen und so zu einem allgemeinen Prinzip oder einer Theorie führen (vgl. Wagner und Wörn (2011: 27); Kulgemeyer (2016: 8); Leisen (2007: 461)). Dabei kann es förderlich sein, die Prinzipien und Konzepte zu Beginn der Erklärung darzustellen, um auch für die Adressaten eine Klarheit hinsichtlich der Ziele zu schaffen (vgl. Leisen 2013: 29). Die Ziele der Erklärung müssen dabei auch während der Vorbereitung der Erklärung berücksichtigt werden. Soll durch die Erklärung ein deklaratives Wissen erworben werden, so ist zu empfehlen die *Rule-Example-Strategie* zu verfolgen, bei der zunächst die Gesetzmäßigkeit dargestellt und anschließend anhand von Beispielen nachvollzogen wird. Soll hingegen prozedurales Wissen angeeignet werden, ist die umgekehrte Vorgehensweise zu empfehlen (vgl. Kulgemeyer 2018b: 115). Besonders bei komplexen Erklärungen kann zudem ein Überblick über die einzelnen Schritte der Erklärung gegeben werden, der die Struktur der Erklärung auch für die Lernenden sichtbar macht. Dies bietet den Adressaten eine Orientierung während der Erklärung, wo die ak-

tuellen Informationen zu verorten sind. Außerdem sollten Zusammenfassungen vorgenommen und Rückbezüge hergestellt werden, um eine Verknüpfung zwischen den Elementen der Erklärung herzustellen (vgl. Tomczyszyn und Kulgemeyer 2016: 12).
Ein weiterer Teil der Struktur ist die „Aushandlung des Erklärungsgegenstandes“ (Wagner und Wörn 2011: 27). Dies bezieht sich auf die kommunikative Interaktion zwischen Adressaten und Erklärenden während der Erklärung, wobei beispielsweise durch Nachfragen Verständnislücken aufgedeckt werden und die Erklärung hieran angepasst werden kann. Dieses Merkmal dient somit sowohl der Strukturierung der Erklärung als auch der Einhaltung adressatengerechter Kriterien. Diese Kommunikation zwischen Adressaten und Erklärenden kann dabei nicht nur verbal, sondern auch durch Mimik und Gestik stattfinden und kann damit neben der Hervorhebung des Ziels der Erklärung auch der Verständnisrücksicherung dienen. Die Rückversicherung durch den Erklärenenden ist ein weiteres wichtiges Merkmal guter Erklärungen. Nur durch die Adaption an das Verständnis der Lernenden während der Erklärung kann diese maximal zu einem Lernprozess beitragen und bestehende Lücken sowie Fehlvorstellungen schließen. Die Struktur der Erklärung sollte stets das Ziel selber, also die Vermittlung des Erklärgegenstands, berücksichtigen und sich auf diesen konzentrieren. Es ist dabei nicht förderlich, wenn die Erklärung, vielleicht auch aufgrund von Fragen durch die Adressaten, von der eigentlichen Thematik abschweift und Aspekte erläutert, die nur am Rande von Relevanz sind (Wagner und Wörn 2011: 28). Den Lernenden muss hier gegebenenfalls der Erklärgegenstand und auch das Ziel der Erklärung nochmals verdeutlicht werden.

Außerhalb dieser Hauptkategorien gibt es weitere Kriterien, die zu einer guten Erklärung beitragen und von der Erklärsituation abhängig sind. Hierzu zählen etwa die Gabe angemessener Impulse, der Umgang mit Feedback und auch das Einbeziehen der Adressaten (vgl. Wagner und Wörn 2011: 70f).
Es zeigt sich somit, dass die Qualität von Erklärungen von einer Vielzahl Variablen abhängig ist. Hierunter fallen auch Kriterien wie die Konzentration auf das zu erklärenden Phänomen, sowohl innerhalb der Erklärung als auch in Ergänzungen, sowie die Unterstützung der Erklärung durch angemessene visuelle Unterstützung und eine angemessene sprachliche Darstellung. Diese Kriterien können unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass eine Distraktion während der Erklärung zu vermeiden ist und Erklärungen verständlicher sind, werden diese durch visuelle und auditive Informationen dargeboten. Eine Begründung hierfür liegt in der Verarbeitung von Informationen und der damit verbundenen kognitiven Belastung, wird durch die Cognitive Load Theory beschrieben.
Ein weiteres Merkmal für Erklärungen ist, dass diese minimalistisch sein sollten. Renkl u. a. (2006) stellen fehlenden Minimalismus als Grund dafür dar, dass Erklärungen oftmals nicht wirksam sind. In Kapitel 2.3.2 wird auf dieses Kriterium nochmals genauer eingegangen. Abschließend soll noch einmal betont werden, dass eine gute Erklärung nicht automatisch zu einem Lernprozess führt. Selbst wenn alle hier genannten Kriterien in einer zufriedenstellenden Weise in der Erklärung berücksichtigt wurden, kann dies zwar die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass die korrekte Bedeutung durch die Lernenden konstruiert wird, die Erklärung stellt jedoch weiterhin nur ein Lernangebot dar (vgl. Kulgemeyer (2016: 9); Kulgemeyer (2013: 2)). Demnach beschreibt Leisen

(2007) ein gelungenes Erklären nicht als ein Erklären auf welches hohe Schülerleistungen folgen. Ihm zufolge zeigt sich gutes Erklären in dem Umfang und der Intensität von Schülerempfindungen hinsichtlich der Erklärung. Ein erfolgreiches Erklären macht das Lernen aus Schülersicht leichter und angenehmen, reduziert die Anstrengung und vermittelt ein Gefühl von Effektivität seitens der Schülerinnen und Schüler. Nach diesem Aspekt kann eine Erklärung besonders durch die Einforderung und Wertschätzung durch die Lernenden festgestellt werden (vgl. Leisen 2007: 461).

2.1.7 Forschungsstand hinsichtlich des Erklärens

Zwar gibt es einige Arbeiten, die sich mit Merkmalen guter Erklärungen auseinandersetzten, sowohl Wittwer und Renkl (2008), als auch Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) führen jedoch an, dass Untersuchungen in dieser Hinsicht sowohl in der naturdidaktischen, als auch in der erziehungswissenschaftlichen Forschung eine scheinbar untergeordnete Rolle spielen (vgl. Wittwer und Renkl (2008: 49); Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015: 112). Aus diesem Grund mangelt es teilweise an Studien, die den Einfluss einzelner Faktoren auf die Wirksamkeit von Erklärungen untersuchen. Während Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) durch eine Videostudie zur Untersuchung der Erklärfähigkeit angehender Physiklehrkräfte einen Kriterienkatalog zur Beurteilung dieser erstellten, hat Geelan (2012) Merkmale von Lehrererklärungen im Physikunterricht untersucht. Hierbei stellte sich zunächst heraus, dass Erklärungen von Lehrenden mündlich gegeben werden. Der Stil kann dabei beispielsweise ein Vorlesungsstil oder auch eine Gruppendiskussion sein, die unterschiedlichen Stile haben jedoch gemein, dass sie durch visuelle Darstellungen wie Diagramme und Mathematisierung unterstützt werden (vgl. Geelan 2012: 1752). In der Untersuchung des Unterrichts von 16 Lehrenden zeigte sich, dass zwar auch einige physikalische Themen einen spezifischen Erklärstil haben, etwa werden beim Thema Bewegungen viele Experimente gemacht, während in der Elektrizität eher auf Analogien zurückgegriffen wurde, dass die Gestaltung der Erklärungen aber vor allem auch vom persönlichen Stil der Lehrenden abhängt. Dadurch stellt sich die Frage, ob Erklärungen im Unterricht an die Lernenden angepasst sind, oder viel eher von Fähigkeiten und Vorzügen der Lehrenden abhängen (vgl. Geelan 2012: 1760).
Hinsichtlich der Abhängigkeit guter Erklärungen von Lehrerfähigkeiten zeigten Kulgemeyer und Schecker (2018), dass besonders das fachdidaktische Wissen über Schülervorstellung unterrichtliche Erklärungen positiv beeinflusst. Zudem hat das Wissen über physikalische Schulthemen einen größeren Einfluss auf die Bereitstellung guter Erklärungen, als das Wissen über universitäre Physik (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2018: 107). Des Weiteren haben Helmke und Schrader (1987) nach Wittwer und Renkl (2008) herausgefunden, dass es einen besonders positiven Effekt hat, wenn Lehrkräfte hohe Kompetenzen in der Diagnostik haben. Hierdurch können sie Erklärtechniken und Strukturierungen spontan anpassen und individuelle Unterstützung leichter zur Verfügung stellen (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 58).
Dass eine adressatengemäße Aufbereitung der Erklärung einen positiven Effekt hat, zeigen nach Wittwer und Renkl (2008) beispielsweise Nückles, Witter und Renkl (2005). In einer Untersuchung von Tutorien wurde herausgefunden, dass Tutoren ihre Erklärung an die Lernenden anpassen, wenn sie deren Wissensstand kennen. Eine positive Auswirkung hat dies allerdings nur, wenn der Wis-

sensstand auch korrekt eingeschätzt wird. So zeigten McNamara und Kintsch (1996), dass ein sehr einfacher Text für Lernende mit einem hohen Wissensstand hinderlich war und diese einen höheren Wissenszuwachs durch einen komplexeren Text erreichten. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass ein einfacher Text zu mehr Passivität der Lernenden und damit zu einem Redundanzeffekt führt (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 52f). Eine weitere Untersuchung von Webb und Farivar 1999 untersuchte den Einfluss vorbereiteter Erklärungen im Allgemeinen im Vergleich mit Aktivitäten die den Inhalt der Erklärungen vertiefen, anwenden und festigen. Dabei wurde nachgewiesen, dass vorbereitete Erklärungen zwar den Lernerfolg positiv beeinflussen konnten, die anschließenden Aufgaben jedoch einen größeren Einfluss auf das Verständnis der Lernenden hatten (vgl. Wittwer und Renkl 2008: 55).
Geelan (2012) führt eine Zusammenstellung empirischer Untersuchungen zu Unterrichtserklärungen auf. Von den 24 dargestellten Studien befassen sich die meisten mit der Rolle von Erklärungen im Unterricht. Lediglich zwei beziehen sich auf mündliche Erklärungen, wobei zum einen Beschreibungskriterien narrativer Erklärungen aufgestellt werden und zum anderen Erklärungen von Wissenschaftlern untersucht werden, um einen Zusammenhang zwischen der Erklärensfähigkeit und dem Professionswissen herzustellen (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015: 113).

2.2 Das Erklärvideo

Bereits seit Beginn des Fernsehens stehen Lehrfilme und Wissenschaftssendungen für den Zuschauer zur Verfügung. Durch den Einzug des Internets in Alltag und auch Bildungsinstitutionen vergrößerte sich zunächst die Möglichkeit des Zugriffs auf Erklärfilme und schließlich ermöglichen partizipative Onlineplattformen wie etwa *YouTube* nun, Videos nicht nur anzusehen, sondern diese auch zu kommentieren und selbst zu veröffentlichen (vgl. Wolf 2015a: 31).
Bereits in der JIM-Studie 2018 wurde deutlich, dass die Onlineplattform *YouTube* das beliebteste Internetangebot für 12- bis 19-Jährige ist (mpfs 2018: 35)[1]. Eine neue repräsentative Umfrage des Rats für Kulturelle Bildung gibt nun an, dass 86% der Jugendlichen *YouTube* nutzen. Dabei hält etwa die Hälfte die Plattform auch in Bezug auf die Schule für wichtig (Rat für Kulturelle Bildung 2019: 7f). Die Jugendlichen beschränken sich also nicht auf den Videokonsum zum Zwecke der Unterhaltung, sondern nutzen ihn auch für ihren persönlichen Lernprozess. Dabei stellt sich die Frage, wie das Angebot auch innerhalb der Institution Schule gewinnbringend für den Lehr-Lern-Prozess eingesetzt werden kann. Im Folgenden wird zunächst der Begriff des Erklärvideos definiert und seine Einsatzmöglichkeit als Bildungsmedium im Schulkontext betrachtet. Anschließend werden Kriterien dargestellt, die ein Erklärvideo für diesen Einsatz erfüllen sollte.

2.2.1 Definition von Erklärvideos

Dem Begriff des Erklärvideos liegt keine allgemeingültige Definition zugrunde, stattdessen gibt es eine Reihe unterschiedlicher Bezeichnungen für kurze Videos beziehungsweise Filme, in denen unterschiedlichste Sachverhalte erklärt werden. Während beispielsweise Sailer und Figas (2015) in einer Studie zum Video als Bildungsmedium in Hochschulen den Begriff des „Lernvideos“ anführen, lehnt Meller (2017) diesen ab, da zwar durch die Rezeption etwas gelernt werden soll, der Begriff jedoch suggeriert, dass alleine das Ansehen zu einem Lernzuwachs führt (vgl. Meller 2017: 116). Der Autor nennt hier etwa „Lehrfilm“ als alternative Bezeichnungen. Nach der durch Wolf vorgenommenen „Typisierung erklärender Filme“ sind darunter jedoch vor allem professionell produzierte Filme zu verstehen, die „explizite didaktische und mediale Gestaltungsmerkmale aufweisen, mit dem Ziel, Lernprozesse zu initiieren oder zu unterstützen“ (Meller 2017: 116). Entscheidend für die Definition scheint dabei besonders die Endung „-video“ zu sein, so wird in der DVD-Reihe „Physik - richtig gut“ des Cornelsen Verlags, die also in einem professionellen Kontext erstellt wurde, von *Erklärfilmen* gesprochen. So vermeidet der Begriff *Erklärvideo* zum einen die Suggestion, der reine Konsum würde einen Lernprozess auslösen, zum anderen grenzt er von professionellen Produktionen ab. Wolf kommt dabei zu der Definition des Erklärvideos als

> „eigenproduzierte Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert beziehungsweise in denen abstrakte Konzepte und Zusammenhänge erklärt werden“Wolf (2015a: 30).

[1] In der JIM-Studie wird das mediale Verhalten im Alltag von Jugendlichen untersucht. An der telefonischen Befragung nahmen im Jahr 2018 1200 Jugendliche teil. Die Untersuchung wird durch den Medienpädagogischen Forschungsverbund Südwest durchgeführt

Von Bedeutung ist hier besonders das Ziel der Wissensvermittlung. Hierdurch ist das Erklärvideo von *Performanzvideos* abzugrenzen. Zwar stellen in beiden Fällen die Produzenten des Videos ihre Fähig- und Fertigkeiten dar, im Performanzvideo steht jedoch die Selbstdarstellung im Fokus, nicht die Weitergabe des dazu benötigten Wissens. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass einige Darstellungen, wie etwa Tanzschritte, auch durch Performanzvideos erlernt werden können (vgl. Rummler 2017: 174). Dementsprechend ist eine didaktische Aufarbeitung des Inhalts ein Aspekt, der dem Erklär- nicht jedoch dem Performanzvideo zugerechnet werden kann (vgl. Wolf 2015a: 31).
Nun könnte vermutet werden, dass diese didaktische Aufarbeitung die Produzenten auf professionelle Didaktiker beschränkt. Durch die Möglichkeit der Veröffentlichung auf partizipativen Onlineplattformen ergibt sich aber eine „Diversität der Autorenschaft“Wolf (2015a: 32), die durch ihre unterschiedliche Umsetzung zu einer großen Vielfalt an Videos führt. So entstehen Videos unterschiedlichster Länge, Gestaltung und Erklärstruktur. Neben der Vielfalt von Autoren und Gestaltungen ist auch der informelle Kommunikationsstil ein Merkmal von Erklärvideos. So beinhalten Erklärvideos, neben einer Ansprache auf Augenhöhe, häufig auch einen, teilweise humoristischen, Bezug zum Lernprozess des Videoautoren. Auf diese Weise wird den Rezipienten deutlich gemacht, dass auch dieser das Gezeigte erlernen musste und keine natürliche Begabung notwendig ist. Dies kann zu einer gesteigerten Motivation führen (vgl. Wolf 2015a: 32). Als viertes Merkmal nennt Wolf die thematische Vielfalt der Erklärvideos, welche einen deutlichen Vorteil gegenüber professionell erstellten Filmen darstellt. Während letztere auch einen wirtschaftlichen Zweck verfolgen, werden Erklärvideos häufig aufgrund eines persönlichen Interesses des Autoren erstellt. So finden sich auch Erklärvideos, die deutlich spezifischere Themen behandeln (vgl. Wolf 2015a: 31).
Diese Merkmale treffen auch auf ein Sub-Genre der Erklärvideos zu, sogenannte *Tutorials*. Ziel dieser Videos ist es, eine Fertigkeit so darzustellen, dass der Betrachter diese nachahmen kann. Dabei wird kein gesonderter Wert auf die Gründe dieser Handlung, sondern lediglich auf die Ausführung gelegt (Wolf 2018: 4). Während in der JIM-Studie 2017 noch 21% der Jugendlichen angaben regelmäßig Tutorials auf der Plattform *YouTube* zu konsumieren, sind es 2018 nur noch 19%. Gegenüber dieser Abnahme steht der Zuwachs des Konsums von Erklärvideos für Themen aus der Schule. Waren es 2017 noch 13%, gaben 2018 20% der Jugendlichen an, Erklärvideos für Themen aus der Schule anzusehen. Hierbei wird jedoch nicht beschrieben, ob dieser Konsum nur im Rahmen der informellen Bildung außerhalb der Schule stattfindet, oder auch im Rahmen des Unterrichts, was im Folgenden betrachtet wird.

2.2.2 Der Einsatz von Erklärvideos im Unterricht

Nachdem beispielsweise die JIM-Studien, aber auch die des Rats für Kulturelle Bildung zeigen, dass Schülerinnen und Schüler Erklärvideos aus eigener Initiative für schulische Belange sehen, ist es nur folgerichtig, diese Videos auch in den kontrollierten Lehr-Lern-Prozess in der Schule einzubinden. Gegenüber schriftlichen Texten haben Erklärvideos dabei den Vorteil, dass sie neben dem auditiven auch den visuellen Kanal ansprechen (vgl. Handke 2015: 56). Zum einen ermöglicht dies die Demonstration komplexer Zusammenhänge und Probleme, wie es von Kozma beschrieben

wurde:

> „He argued that simultaneous processing of auditory and visual information may aid learning. In addition, video might be superior for learning complex skills because it can expose learners to problems, equipment and, events that cannot be easily demonstrated (Kozma 1991 in: Choi und Johnson (2005: 215)).

Zum anderen fördert eine audiovisuelle Darstellung die Behaltensleistung sowie die Motivation im Vergleich zu einem einfachen Text, wie Choi und Johnson 2005 durch eine Studie unter Studierenden nachwiesen (vgl. Choi und Johnson 2005). Auch Wolf (2015b) betont, dass die durch visuelle Medien hervorgerufene Emotion bei den Lernenden sich förderlich auf Aufmerksamkeit und Motivation auswirkt. Es gibt somit eine Reihe Argumente, die den Einbezug von Erklärvideos in den Unterricht befürworten. Wichtig ist jedoch, wie auch bei der Einbindung anderer Medien in den Unterricht, dass die Einbindung unter Berücksichtigung der Zielgruppe sowie des Zwecks geschieht. So ist nicht nur entscheidend, dass die Erklärvideos inhaltlich und gestalterisch eine angemessene Qualität vorweisen, auch ihre Einbettung in den Unterricht ist von Bedeutung (vgl. Meller 2017: 119).
Erklärvideos können im Unterricht unterschiedliche Lernprozesse anstoßen beziehungsweise unterstützen, wobei besonders die Rolle entscheidend ist, welche die Lernenden einnehmen. Nehmen die Schülerinnen und Schüler die Rolle der Rezipierenden ein, ist hier zunächst das „Lernen am Modell“ (Rummler und Wolf 2012: 255) aufzuführen. Dabei besteht die Möglichkeit als Lehrkraft eigene Videos zu produzieren und diese für den Unterricht zu nutzen sowie den Lernenden beispielsweise zur Wiederholung des Unterrichtsinhalts zur Verfügung zu stellen (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 37). Eine Alternative ist natürlich das vielfältige Angebot von Onlineplattformen zu nutzen. Hier gibt es ein großes Themenangebot, wodurch zu vielen Schulthemen auch unterschiedliche Videos gefunden werden können. Vorteil der fremdproduzierten Videos ist, dass die Vielzahl unterschiedlicher Produzenten auch zu sehr unterschiedlich gestalteten Videos führt. Dies kann den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit eröffnen, sich den für sie persönlich besten Erklärstil und die ansprechendste Gestaltung auszusuchen, was zu einer großen individuellen Passung führen kann (vgl. Wolf 2015a: 32). Zu bedenken ist hierbei jedoch, dass die Präferenzen der Lernenden nicht immer den Videos entsprechen, die für ihren Lernprozess am Förderlichsten sind. So zeigt auch die Studie des Rats für Kulturelle Bildung, dass Schülerinnen und Schüler den Vorteil von *YouTube*-Videos gegenüber der Schule zwar auch darin sehen, dass sie sich ein für sie leicht verständliches Video aussuchen können, die Unterhaltsamkeit aber ebenfalls eine große Rolle spielt (vgl. Rat für Kulturelle Bildung 2019: 30). So ist die Gefahr groß, dass die Schülerinnen und Schüler beim Suchen von Erklärvideos durch die vorgeschlagenen Videos schnell abgelenkt werden und zu wenig Wert auf eine fachgerechte Darstellung legen (vgl. Wolf 2015b: 37). Besonders zweiteres können sie nur unzureichend bewerten, wenn sie sich Videos ansehen, um sich ein neues Thema anzueignen oder eine nicht verstandene Erklärung aufzuarbeiten. Hier ist die Gefahr groß, dass sich Lernende auf besonders gut bewertete oder populäre Videos verlassen, statt Videos hoher Erklärqualität zu wählen. Wie eine Studie von Kulgemeyer und Peters hinsichtlich

eines Kriteriensystems von *YouTube*-Videos zeigt, hängt die Erklärqualität nicht zwingend mit der Bewertung der Nutzer zusammen, während eine hohe Bekanntheit eines Kanals großen Einfluss auf die *Likes* hat (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 39). Gleichzeitig lässt sich von einem großen Kanal nicht zwingend auf eine hohe fachliche Qualität schließen, da diese häufiger wirtschaftliche Ziele verfolgen und nicht einzig die Wissensvermittlung im Vordergrund steht. Aus diesem Grund kann es von Vorteil sein, wenn hier bereits eine Vorauswahl durch die Lehrenden getroffen wird (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 39f). Wolf (2018) führt an, dass die Recherche der Videos durch die Lernenden nur dann sinnvoll ist, wenn diese Teil der Aufgabenstellung ist (vgl. Wolf 2018: 6). In diesem Fall kann auch die Reflexion und Analyse von Erklärvideos zu einem Lernprozess und einer vertieften Auseinandersetzung mit den Inhalten führen, da sich die Schülerinnen und Schüler zunächst über den fachlichen Hintergrund im Klaren sein müssen, bevor sie dessen Erklärung und Darstellung einschätzen können (vgl. Meller 2017: 117). Neben den Kriterien für gute Erklärvideos müssen die Schülerinnen und Schüler hier aber auch ihre eigenen Fähigkeiten reflektieren können, um zu vermeiden, dass es zu einer „Verstehensillusion“ kommt, bei der sie annehmen, die Inhalte verstanden zu haben, dies aber nur oberflächlich erfolgt ist (Kulgemeyer 2018c: 8). Unabhängig davon, ob den Lernenden bereits eine Auswahl an Videos vorgelegt wird, oder ob sie diese selbst auswählen, muss den Schülerinnen und Schülern im Unterricht die Möglichkeit gegeben werden, Rückfragen zu stellen und die Inhalte anhand geeigneter Lernaufgaben zu verarbeiten. Auch hier gilt, dass alleine das Rezipieren eines Erklärvideos nicht dazu führt, dass der Inhalt aufgenommen und verstanden wird (vgl. Seidel u. a. 2013: 57). Sie stellen in diesem Fall jedoch eine geeignete Form der Binnendifferenzierung dar, da sowohl die Lernenden selbst, als auch die Lehrenden Videos auswählen können, die den Bedürfnissen der Lerngruppe beziehungsweise Einzelner entsprechen (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 39f).

Neben dem Lernen am Modell und dem zuletzt genannten „Lernen durch Reflexion“ bieten Erklärvideos auch Möglichkeiten zum „Lernen durch Lehren“ Rummler und Wolf (2012: 255). Hierbei wechseln die Schülerinnen und Schüler von der Seite der Rezipierenden zu den Produzierenden und erstellen eigene Erklärvideos. Nach Wolf und Kulgemeyer (2016) stellt dies eine tiefer gehende Lernstrategie dar, die sich dadurch auszeichnet, dass sie sowohl die Kommunikationskompetenz, als auch das Fachwissen fördert. Um einen fachlichen Inhalt verständlich zu erklären, muss zunächst dieser Inhalt selbst durchdrungen werden. Außerdem muss die unterstützende Darstellung geplant und an Inhalt sowie Zielgruppe angepasst werden. Im Gegensatz zu einer Präsentation ist ein Video dabei kein flüchtiges Medium. Sowohl Erklärung, als auch Gestaltung und Umsetzung müssen genau geplant und während der Produktion reflektiert werden, da sie nach Beendigung, anders als eine mündliche Erklärung im Unterricht, nicht adaptiert werden können (vgl. Rummler 2017: 176f). Auch in der Produktion eigener Erklärvideos bieten sich einige Möglichkeiten zur Differenzierung im Unterricht an. So können leistungsstarke Schülerinnen und Schüler einerseits komplexere Inhalte bearbeiten, andererseits kann es eine größere Herausforderung für sie sein, aus ihrer Sicht einfache Sachverhalte verständlich darzustellen und auf diese Weise ihren Mitschülerinnen und Mitschülern eine alternative Erklärung zur Lehrererklärung zu präsentieren. Leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler profitieren davon, grundlegendere Inhalte zu bearbeiten und auf diese Weise auch neue Erklärансätze zu finden. Dabei können die Videos beispielsweise der Ergebnissicherung beim Ab-

schluss einer Unterrichtseinheit, oder auch der Diagnostik von Vorwissen sowie weiterem Förder- und Wiederholungsbedarf dienen(vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 38).
Zwar gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, wie Erklärvideos im Unterricht genutzt werden können, dennoch sind diesem aktuell noch Grenzen gesetzt. Zum einen da es noch große Unterschiede im Umgang mit Schulen und digitalen Medien gibt: Während einige Klassen Handys und Laptops selbstverständlich in den Unterricht einbeziehen, gibt es an anderen Schulen noch ein Verbot der Nutzung von Handys und nur unzureichend Zugang zu Internet und Computern (vgl. Wolf und Breiter 2014: 96). Zum anderen bemängelt Rummler (2017) die fehlende Möglichkeit Videos selbst zu durchsuchen, da die Auswahl der Videos noch immer in erster Linie anhand ihres Titels und der Beschreibung erfolgt, in zweiter Linie durch Vorschaubilder oder eine schnelle Vorschau. Aus seiner Sicht führt also die fehlende Möglichkeit Videos anhand ihrer Inhalte zu suchen dazu, dass nicht die gesamte Vielfalt unterschiedlicher Videos genutzt werden kann, da noch immer eine schriftsprachliche Begleitung notwendig ist (Rummler 2017: 183). Ein weiterer Nachteil, der auch von Schülerinnen und Schülern genannt wird, werden diese nach den Vorteilen der Schule gegenüber der *YouTube*Videos gefragt, ist, dass bei der Erklärung durch die Videos keine direkten Verständnisfragen gestellt werden können, wie es beim Erklären durch die Lehrkraft der Fall ist. Auch wenn das Video durch die Lehrkraft in der Schule ausgewählt und gezeigt wird, gibt es hier keine Möglichkeit dieses spontan an die Bedürfnisse und Verständnisschwierigkeiten der Lernenden anzupassen (vgl. Rat für Kulturelle Bildung 2019: 30).
Dennoch bietet das Erklärvideo, wie eingangs angeführt, vielfältigere Möglichkeiten der Darstellung von einfachen und komplexen Zusammenhängen, als es in einem schriftlichen Text oder auch einer mündlichen Erklärung der Fall wäre. Berücksichtigt werden muss dabei jedoch, dass Videos nicht nur angemessen in den Unterricht eingebunden werden müssen, sondern auch die didaktische und gestalterische Umsetzung einen Einfluss auf den durch das Video geförderten Lernprozess hat. So kann es sich negativ auswirken, wenn beispielsweise Videomaterialien nicht das zeitgleich Gesagte unterstützen und so möglicherweise vom eigentlichen Lerninhalt ablenken (vgl. Wolf 2015b: 37). Neben einer Passung von Inhalt und visueller Darstellung werden im Folgenden weitere Kriterien in Bezug auf die Qualität von Erklärvideos betrachtet.

2.2.3 Kriterien an die Qualität von Erklärvideos

Um Erklärvideos als Bildungsmedium in den Unterricht zu integrieren bedarf es, wie auch bei Texten oder Lehrfilmen, einer angemessenen Qualität. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel geschildert, lässt sich diese jedoch nicht einfach anhand der Anzahl von *Likes* messen. Stattdessen können Kriterien aufgestellt werden, durch welche die Qualität der Videos eingeschätzt werden kann. Zunächst können die Kriterien guter Erklärungen aus Kapitel 2.1.6 übernommen werden. Die Ausnahme stellt hier jedoch besonders die fehlende Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden dar. Während eine Erklärung im Unterricht stets an die Bedürfnisse der Schülerschaft angepasst werden kann und sollte, ist dies im Erklärvideo nicht möglich (vgl. Kulgemeyer 2018c: 8f). Hierdurch zeigt sich auch ein Nachteil der Erklärvideos gegenüber Erklärungen durch die Lehrkraft im Unterricht, welcher laut des Rats für kulturelle Bildung auch von mehr als 70%

der Lernenden, die Erklärvideos nutzen, zumindest teilweise eingeräumt wird (vgl. Rat für Kulturelle Bildung 2019: 30). Aufgrund der fehlenden Adaptionsmöglichkeit erhöht sich die Notwendigkeit einer Anpassung des Erklärvideos an die Zielgruppe, besonders wenn das Video eigens für den Unterricht produziert wird. Kulgemeyer (2018c) nennt hier als Veranschaulichungswerkzeuge beispielsweise unterschiedliche Darstellungsformen, Mathematisierungen, Beispiele und die Sprachebene sowie Analogien zu bekannten Phänomenen. Besonders in der Sprachebene müssen dabei auch mögliche Schülerfehlvorstellungen berücksichtigt werden, die auf einem unterschiedlichen Verständnis von Alltags- und Fachsprache basieren. Werden den Lernenden diese Unterschiede nicht deutlich, können sie kein fachlich korrektes Verständnis des Begriffs aufbauen (vgl. Kulgemeyer 2018c: 9). Diese Veranschaulichungen sind auch in der „Checkliste zur Bewertung der Qualität von Erklärvideos“ von Kulgemeyer (2018c) in Abbildung 2 aufgeführt. Zwar können Veranschau-

	Merkmal	Erläuterung	Einstufung
1	Minimalistisch	Die Erklärung ist sparsam im Einsatz von Effekten, aber auch von Veranschaulichungsmitteln und Exkursen zum Thema: Sie ist auf das Wesentliche konzentriert (geringer „Cognitive Load“).	+ –
2	Rule-Example-Strategie (deduktives Erklären)	Die Erklärung stellt zunächst das zu erklärende Prinzip vor und illustriert es danach mit Veranschaulichungswerkzeugen. Ein einleitendes Beispiel, das die Relevanz des zu erklärenden Inhalts begründet, schließt das nicht aus!	+ –
3	Adaption an den Wissensstand	Die Erklärung knüpft an Vorwissen und typische Fehlvorstellungen an.	+ –
4	Beispiele	Die Erklärung verwendet Beispiele, an denen sich ein Prinzip als leistungsfähig erweist. Diese Beispiele stammen aus einem bekannten Phänomenbereich.	+ –
5	Modelle und Analogien	In der Erklärung wird durch Analogien oder Modelle die Übertragung des Prinzips auf einen bekannten Phänomenbereich gewährleistet.	+ –
6	Darstellungsformen	In der Erklärung werden grafische Darstellungsformen, schriftliche Repräsentationen, Gegenstände, Animationen oder Experimente gezeigt, die das Gesagte illustrieren (Multimediaprinzip).	+ –
7	Sprachebene	Die Erklärung führt neue fachsprachliche Wendungen über Alltagssprache ein. Es schließt an das Sprachniveau der Zielgruppe an.	+ –
8	Mathematisierungen	Mathematisierungen (z.B. Formeln) werden verbal kommentiert und an einem Beispiel erläutert.	+ –
9	Struktur geben	Die Erklärung gibt zu Beginn einen Ausblick auf das Thema und fasst die wesentlichen Aspekte noch einmal zusammen.	+ –
10	Relevanz verdeutlichen	Die Erklärung stellt dar, warum das erklärte Prinzip wichtig ist. Dies kann an einem Problem geschehen, zu dessen Lösung das Prinzip beiträgt oder an einem Beispiel, zu dessen Verständnis das Prinzip dienlich ist.	+ –
11	Interesse wecken	Die Erklärung verwendet Kontexte, die Interesse erzeugen (z.B. bei der Auswahl der Beispiele; eher Beispiele aus dem Alltag oder zu spektakulären Naturphänomenen).	+ –
12	Anschlussaufgabe	Die Erklärung stellt am Ende eine Verständnisaufgabe, die dazu geeignet ist, selbst mit der erklärten Information zu arbeiten.	+ –
13	Direkte Ansprache	Die Erklärung spricht die Adressatengruppe direkt an, z.B. durch regelmäßige Fragen.	+ –

Abbildung 2: Checkliste zur Bewertung der Qualität von Erklärvideos nach Kulgemeyer (2018c).

lichungen im Video die Konstruktion mentaler Modelle zum fachlichen Inhalt unterstützen, es gilt jedoch, dass, minimalistische Erklärungen wirksamer sind (vgl. Kulgemeyer 2018c: 9f). Auch Brame nennt den durch den Minimalismus und den dadurch beeinflussten Cognitive Load als einen von drei Kriterienpunkte des effektiven Einsatzes von Lernvideos. Nach ihr muss ein gutes Erklärvideo des Weiteren das aktive Lernen der Lernenden und ihre Auseinandersetzung mit dem Video fördern (vgl. Brame 2016: 1). Auch die Konzentration auf wesentliche fachliche Inhalte und damit verbundene Vermeidung von Exkursen zählt zu den Aspekten des Minimalismus, welcher im folgenden Kapitel 2.3.3 noch einmal genauer betrachtet wird.
Ein weiteres Merkmal guter Erklärvideos besteht in der Anwendung der *Rule-Example-Strategie*, bei welcher zunächst eine Regel beziehungsweise Definition gegeben wird, welche dann anhand konkreter Beispiele erläutert und genauer betrachtet wird. Dies hat nach Seidel u. a. (2013) einen positiven Einfluss sowohl auf das Sachwissen, als auch auf das konzeptuelle Wissen. Kulgemeyer (2018c) führt hier zusätzlich an, dass die persönliche beziehungsweise gesellschaftliche Relevanz des Themas zusätzlich durch ein Beispiel im Vorfeld deutlich gemacht werden kann. Ist die Zielgruppe des Videos bekannt, können hier Beispiele ausgewählt werden, die der Alltagswelt der Lernenden entsprechen und so das Interesse der Rezipienten fördern. Auch Zusammenfassungen können die Struktur eines Erklärvideos positiv beeinflussen, auch hier sei aber angemerkt, dass zu viele Zusammenfassungen besonders die Aufmerksamkeit beeinflussen können (vgl. Kulgemeyer 2018c: 10). Wie in Punkt 12 der Abbildung 2 und auch in Kapitel 2.2.2 angeführt, können Erklärvideos nur wirksam im Unterricht eingesetzt werden, wenn sie durch angemessene Aufgaben eingebunden werden. Nur durch die Anwendung der Inhalte können diese nachvollzogen werden und der Einsatz des Videos hat einen Mehrwert für die Schülerinnen und Schüler, was auch den Ergebnissen von Seidel u. a. (2013) entspricht:

> „However, research stresses that video should not be regarded as effective itself: Video is a technology for delivering content tather than a body of content in and on itself. It must thereforde be employed with clear objectives in mind. “ (Seidel u. a. 2013: 57)

Während Kulgemeyer (2018c) die direkte Ansprache, beispielsweise durch direkte Fragen zur Aktivierung der Lernenden, als Kriterium anführt, erweitert Wolf (2015a) dies und nennt den informellen Kommunikationsstil als förderliche sprachliche Gestaltung der Erklärvideos. Durch die informelle Kommunikation, zu welcher er auch der humorvollen Umgang mit den eigenen Fehlern zählt, kann eine positive und fehlertolerante Atmosphäre geschaffen werden (vgl. Wolf 2015a: 32). Hierbei ist jedoch anzumerken, dass sich dies besonders auf Erklärvideos auf Onlineplattformen bezieht. Gestaltet eine Lehrkraft eigene Erklärvideos, ist zwar auf eine direkte Ansprache zu achten, die Sprachgestaltung sollte jedoch authentisch sein und der Lehrperson entsprechen. Hinsichtlich der sprachlichen Gestaltung führt Guo u. a. (2014) an, dass Lernende eine schnelle und enthusiastische Sprechweise der Erklärenden bevorzugen. Somit sollte davon abgesehen werden, eine langsame Sprechweise anzuwenden, in der Annahme, dass so alle Lernenden den sprachlichen Inhalt verarbeiten können. Außerdem fördern Leitfragen und interaktive Elemente die Aufmerksamkeit (vgl. Guo u. a. 2014: 7). Letztere hängt jedoch auch von der Länge der Videos ab. Eine Untersuchung von

6,9 Millionen Videosichtungen zeigte, dass Videos mit einer Länge von bis zu sechs Minuten von fast allen Zuschauern bis zum Ende gesehen wurden, wohingegen bei einer Videolänge von neun bis zwölf Minuten nur noch etwa die Hälfte der anfänglichen Zuschauer das Video sahen (vgl. Guo u. a. 2014: 4). Es ist somit ratsam, Videos mit bis zu sechs Minuten Spieldauer für den Unterricht auszuwählen oder zu produzieren, um möglichst viele Lernende zu erreichen.
Einen anderen Fokus als die Checkliste zur Bewertung der Qualität von Erklärvideos in Abbildung 2 setzt Meller (2017). Neben Aspekten wie dem Inhalt, der didaktischen Aufbereitung und auch sozialen Aspekten, wie der Neutralität gegenüber dem Geschlecht, welche für alle Lernmaterialien gelten, wird hier in Bezug auf das Erklärvideo besonders das „Story Telling“ als Qualitätsmerkmal aufgeführt (s. 3). Während auch hier die technische und sprachliche Gestaltung

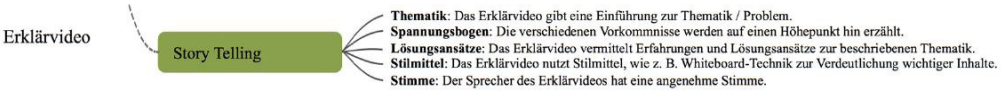


Abbildung 3: Qualitätsdimensionen und Anforderungen an Lernmaterial nach Müller et al. (2015), S. 37 in Meller (2017)

thematisiert wird, wird neben der Einführung und Lösung des Problems auch ein Spannungsbogen als Qualitätsmerkmal aufgeführt. An dessen Höhepunkt sollen unterschiedliche Erzählungsstränge zusammenlaufen. Einerseits erweckt dies den Anschein, dass hier der Unterhaltungswert der Erklärvideos ein größeres Argument für dessen Einsatz ist, als die Art der Informationsdarstellung. Andererseits kann die Berücksichtigung des Spannungsbogens dazu führen, dass Schülerinnen und Schüler das Video als unterhaltsamer empfinden, was laut Rat für Kulturelle Bildung (2019) für viele Schülerinnen und Schüler ein Vorteil von Erklärvideos auf *YouTube* gegenüber der Schule ist. Berücksichtigt man dieses Merkmal in der Erstellung von Erklärvideos für den Unterricht, könnte dies zu einem höheren Interesse der Lernenden führen.
Es zeigen sich somit eine Reihe Kriterien für die Qualität von Erklärvideos. Zu betonen ist jedoch, dass diese stets an die Zielgruppe, den Inhalt und auch die Art des Einsatzes des Videos angepasst werden sollten. Die Relevanz und ideale Ausprägung jedes Merkmals ist somit individuell und situationsabhängig.

2.2.4 Forschungsstand

In den vorangegangenen Abschnitten wurden bereits einige Studien zum Bereich der Erklärvideos aufgeführt, weshalb der Forschungsstand an dieser Stelle nur kurz zusammengefasst werden soll. Durch die zunehmende Bedeutung digitaler Medien im Alltag wird der Umgang mit digitalen Medien bereits seit einiger Zeit beispielsweise durch die JIM-Studien, aber auch durch eine aktuelle Studie des Rats für Kulturelle Bildung untersucht (vgl. mpfs (2018); Rat für Kulturelle Bildung (2019)). Während sich aus den Studien einige Qualitätsmerkmale zur visuellen Gestaltung ergeben, thematisieren nur wenige die Erklärungen innerhalb der Videos. Bereits genannt wurde in dieser Hinsicht eine Studie von Peters (2015), welche nachwies, dass eine hohe Erklärqualität innerhalb

von Erklärvideos der Plattform *YouTube* auch zu tendenziell besseren Behaltensleistungen führt. Bemerkenswert war dabei jedoch, dass die Probanden das Video mit geringer Erklärqualität bevorzugten (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016: 39). Kulgemeyer (2018a) stellte Faktoren auf, die die Qualität und damit die Wirksamkeit von Erklärvideos bedingen sollen. In der Untersuchung zweier Videos, bei welchem eines unter Berücksichtigung dieser Faktoren erstellt wurde und somit als Erklärvideo hoher Qualität bezeichnet werden kann, wurde nachgewiesen, dass zwar beide Videos einen Wissenszuwachs ermöglichen, das Video hoher Qualität jedoch einen größeren Lernzuwachs bewirkt.

2.3 Cognitive Load Theory

Die *Cognitive Load Theory* (CLT) wurde in den 1980er Jahren entwickelt und beschreibt die kognitive Belastung beim Lernen. Sie baut dabei auf der Annahme auf, dass das Gedächtnis in drei Bestandteile gegliedert ist, welche dem Prozess der Informationsverarbeitung dienen (vgl. Woolfolk 2014: 279).
Erste Kategorie ist das Sensorische Register. Hier werden die Reize der Umwelt zunächst aufgenommen und für Zehntelsekunden gespeichert (vgl. Lehner 2009: 101). Einige der ankommenden Informationen werden dann fokussiert und an das Arbeitsgedächtnis, welches die Informationen für etwa 20 Minuten behalten kann, weitergereicht (vgl. Sweller 2005: 22). Aufgabe des Arbeitsgedächtnisses ist es, diese Informationen zu verarbeiten. Hierzu können die Informationen für einige Sekunden gespeichert werden. Die Verarbeitung fasst dabei unterschiedliche Aufgaben, wie etwa das Sammeln von Informationen, dieses in Verbindung zu vorhandenem Wissen zu setzen, es zu speichern, aber auch zu aktivieren und abzurufen (vgl. Woolfolk 2014: 279). Vorhandenes Wissen kann hierzu aus dem Langzeitgedächtnis, der dritten Komponente des Gedächtnisses abgerufen werden. Informationen die gespeichert werden sollen, werden gleichzeitig in das Langzeitgedächtnis übertragen (vgl. Woolfolk 2014: 279). Während angenommen wird, dass das Langzeitgedächtnis große Mengen Informationen speichern kann, beruht die CLT darauf, dass das Arbeitsgedächtnis begrenzt ist und nur wenige Elemente zeitgleich verarbeiten kann (vgl. Pollock u. a. 2002: 62). Gelingt der Aufbau eines Schemas, welches im Langzeitgedächtnis gespeichert werden kann, so kann dieses künftig als ein Element im Arbeitsgedächtnis behandelt werden. Im Arbeitsgedächtnis werden somit wieder Kapazitäten frei gegeben, um neue Informationen zu verarbeiten (vgl. Pollock u. a. 2002: 63). Zwar haben Studien gezeigt, dass das individuelle Arbeitsgedächtnis mit den kognitiven Fähigkeiten und der akademischen Leistung korreliert, doch auch durch den Aufbau neuer kognitiver Fähigkeiten bleibt das Arbeitsgedächtnis begrenzt (vgl. de Jong 2010: 106). Ohne das Langzeitgedächtnis, aus welchem Informationen abgerufen werden können, um sie mit den Elementen des Arbeitsgedächtnisses zu verbinden, wären aber nur sehr einfache kognitive Aktivitäten möglich (vgl. Paas u. a. 2003: 2).
In der CLT wird davon ausgegangen, dass es drei unterschiedliche Arten kognitiver Belastung gibt, die die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses unterschiedlich beanspruchen. Ausschlaggebend für die Verteilung dieser Belastung sind dabei die Strukturen der Informationen, die aufgenommen werden. Der *Intrinsic Cognitive Load* (ICL) ist von der inneren Komplexität der Informationen, also des fachlichen Inhalts, abhängig und wird durch die Elementinteraktivität der aufzunehmenden Informationen bestimmt. Ein Element kann dabei alles sein, was gelernt werden soll oder bereits gelernt wurde (vlg. Sweller 2010: 123). Während einige Elemente unabhängig von anderen verarbeitet werden, können andere Elemente nur im Zusammenhang miteinander verarbeitet werden, da sonst Verknüpfungen fehlen, die für das Verstehen relevant sind (vgl. Pollock u. a. 2002: 62). Beispiel für eine niedrige Elementinteraktivität sind beispielsweise Vokabeln, während das Verstehen eines Stromkreises für Lerner mit wenig Erfahrung eine hohe Elementinteraktivität aufweist (vgl. Pollock u. a. 2002: 62f). Nur wenn bereits ein Vorwissen vorhanden ist, können die Elemente in ein bereits vorhandenes Schema eingefügt werden, in Verbindung damit als ein Element behandelt

werden und den den intrinsic load senken (vgl. Pollock u. a. 2002: 64). In der Gestaltung von Lerngelegenheiten muss dabei bedacht werden, dass die Lernenden nur eine festgelegtes Wissen haben, welches sie in Bezug auf das dargebotene Lernmaterial einsetzen können. Der ICL kann dadurch nicht durch den Lernenden selbst oder didaktische Methoden variiert werden, sondern einzig durch eine Veränderung der Aufgabe oder eine Veränderung des Wissens (vgl. Sweller 2010: 124). Diesbezüglich führt de Jong (2010) aber ein Experiment von Klahr und Robinson (1981) an, in welchem gezeigt wurde, dass sich der ICL auch ändern kann, wenn die gleichen Element, aber in einer anderen Reihenfolge präsentiert werden (vgl. de Jong 2010: 107). Eine Beeinflussung dieser Belastung scheint somit doch möglich. Eine weitere Frage hinsichtlich des ICL ist dessen Abgrenzung zu einer weiteren Art von Belastung, dem *Germane Cognitive Load* (GCL). Auch dieser betrifft die Verarbeitung der Lerninformationen, bezieht sich dabei aber nicht auf das Objekt und dessen Eigenschaften, sondern auf die Prozesse, die zu Verarbeitung und Konstruktion von Wissen beitragen (vgl. de Jong 2010: 109f). Dabei kann es durch das Design des Lernmaterials und die geforderten Aktivitäten, aber, wie der ICL, auch von der Elementinteraktivität beeinflusst werden. Ziel der Gestaltung von Lernmaterialien hinsichtlich des GCLs sollte sein, diesen zu Steigern, da dies zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Materialien kommt (vgl. Sweller 2010: 126). Dies führt wiederum zu einer effektiveren Schemakonstruktion sowie einer Automatisierung der angewandten Aktivitäten und ist förderlich für den Lernprozess (vgl. de Jong 2010: 109).
Die dritte Art der kognitiven Belastung wird durch den *Extraneous Cognitive Load*(ECL) dargestellt, welcher durch das didaktische Material hervorgerufen wird, den Lernprozess dabei aber nicht stützt. Wird viel kognitive Kapazität benötigt, um beispielsweise visuelle Informationen zu verarbeiten, bleibt aufgrund des begrenzten Arbeitsgedächtnisses weniger Kapazität für dem Lernen zuträgliche kognitive Aktivitäten (vgl. de Jong 2010: 108). Der ECL hemmt somit das Lernen und sollte besonders dann gesenkt werden, wenn eine hohe Elementinteraktivität vorliegt, da diese mit dem ICL addiert wird und somit nur wenig Kapazität für den GCL zur Verfügung steht (vgl. Paas u. a. 2003: 2). Ziel der Planung und des Designs von Lernmaterialien und -gelegenheiten sollte somit sein, den ECL zu reduzieren und den Umgang mit der Elementinteraktivität beispielsweise durch das Anknüpfen an Vorwissen, zu erleichtern, um Lernprozesse zu ermöglichen.

2.3.1 Die Cognitive Load Theory in Bezug auf multimediales Lernen

Eine Erweiterung der CLT stellt die von Mayer (2009) erstellte *Cognitive Theory of Multimedia Learning*(CTM) dar. Diese beruht auf der Annahme der CLT, dass das Arbeitsgedächtnis durch drei unterschiedliche Arten der Belastung in Anspruch genommen wird, bringt sie jedoch auch mit der *Dual-Coding Theory* in Verbindung. Demnach gibt es im Arbeitsgedächtnis zwei unterschiedliche Kanäle, durch welche Informationen aufgenommen werden können. Dabei gibt es zunächst zwei unterschiedliche Möglichkeiten die Kanäle einzuordnen. Nach dem *presentation mode* wird dabei in einen verbalen Kanal, durch den beispielsweise gesprochene und geschriebene Wörter aufgenommen werden, und einen pictoralen beziehungsweise nonverbalen Kanal unterschieden, der Bilder aufnimmt. Dies Unterscheidung entspricht auch der Einteilung innerhalb der Dual-Coding Theory (vgl. Mayer 2009: 65). Die zweite Möglichkeit der Klassifizierung stellt die *sensority-modality* dar,

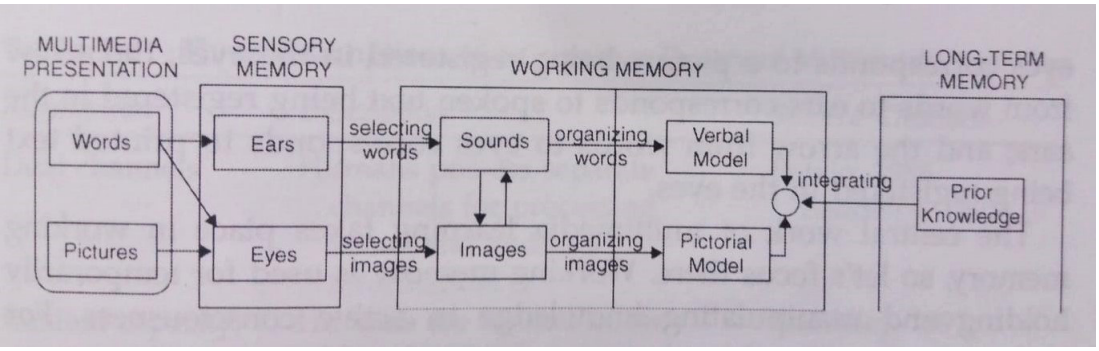


Abbildung 4: Darstellung der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer 2009: 61)

nach welcher relevant ist, durch welchen Sinn die Informationen erstmals aufgenommen wurden, durch die Augen, also zum Beispiel geschriebene Sprache und Bilder, oder die Ohren, also Sprache oder Geräusche (vgl. Mayer 2009: 65). Für die CTM schlägt Mayer (2009) ein Modell vor, welches beide Sichtweisen vereint. Die ist in Abbildung4 dargestellt.
Dabei werden Informationen gemäß der *sensory-modality* zunächst in das Sensorische Gedächtnis aufgenommen, welches aufgeteilt ist in Informationen die durch das Sehen aufgenommen werden und Informationen, die durch das Hören registriert wurden. Anschließend werden die Informationen an das Arbeitsgedächtnis weitergegeben. In der Abbildung sind auf der linken Seite des Arbeitsgedächtnisses die Rohinformationen repräsentiert, während die rechte Seite das Wissen abbildet, welches im Arbeitsgedächtnis konsturiert wurde. Pfeile zwischen der Repräsentation von Geräuschen und Bildern verdeutlicht, dass die Informationen zusammenhängend verarbeitet werden. In dem im Arbeitsgedächtnis konstrurierten Wissen sind die Informationen dann gemäß der Einteilung des *presentation mode* gespeichert (vgl. Mayer 2009: 61ff). Zwar verdeutlicht diese Modell den Zusammenhang unterschiedlich rezipierter Informationen, es fehlt jedoch an einer Verdeutlichung der Speicherung von Konzepten im Langzeitgedächtnis.
Dies Annahme der zwei unterschiedlichen Kanäle ist eine der drei Annahmen, die die CTM voraussetzt. Zweite Annahme ist die, des begrenzten Arbeitsgedächtnisses. Als letzte Annahme ist die der aktiven Verarbeitung zu nennen. Demnach findet aktives Lernen statt, wenn kognitive Prozesse angewandt werden, um neues Material zu verarbeiten. Das aktive Lernen stellt dabei eine Voraussetzung für das Aufbauen neuer mentaler Strukturen dar (vgl. Mayer 2009: 68f). Für den Lerner stehen hier fünf Aktivitäten im Vordergrund, die verfolgt werden müssen, um aus multimedialen Lernmaterialien Sinn zu schöpfen und eine mentale Repräsentation entwickeln zu können. Dies ist das Filtern beziehungsweise Erkennen relevanter Wörter und Bilder, die Organisation und Strukturierung von Bildern und Wörtern sowie die Integration beider (vgl. Mayer u. a. 1996: 65). Wie auch in der CLT werden in der CTM drei Arten kogntivier Belastung definiert. Dabei steht beim *Generative Cognitive Processing*, ähnlich dem GCL, der kognitive Prozess zur Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial im Vordergrund. Zusätzlich kann sich wird in der CTM angeführt, dass die erfolgreiche Umsetzung kognitiver Prozesse sich positiv auf die Motivation auswirken kann. Die Belastung durch den *Essential Cognitive Load* bezeichnet in der CTM den kognitiven Prozess,

der nötig ist, um eine Repräsentation des Modells zu erarbeiten und wird, wie der ICL, durch die Komplexität des Materials bestimmt (vgl. Mayer 2009: 81). Als dritte Art der Belastung ist hier, in Anlehnung an den ECL, der *Extraneous Load* anzuführen. Dieser bezieht sich auf kognitive Prozesse, die nicht beim Erreichen des Lernziels unterstützen, sondern eher eine Ablenkung darstellen. Durch die Berücksichtigung multimedialer Lernangebote erscheinen in dieser Theorie die Möglichkeiten der kognitiven Belastung durch den Extraneous Load noch vielzähliger. Zwar konnte Mayer (2009) durch eine Studie zeigen, dass die multimediale Gestaltung zu einem größeren Lernzuwachs seitens der Lernenden führt, da die Rezeption von Informationen auf beiden Kanälen zu einer kognitiven Entlastung führen kann, nicht wurde dabei jedoch die Auswirkung auf den Extraneous Load untersucht. Dennoch entstanden einige Empfehlungen, die bei dem Design mulimedialer Lernmaterialien aber berücksichtigt werden sollten. Bislang wurde die CTM noch nicht für Erklärvideos untersucht. Aber auch diese stellen ein Lernangebot dar, das multimedial gestaltet ist, in dem Sinne, dass die unterschiedlichen Kanäle angesprochen werden. Dementsprechend werden im Folgenden einige der Empfehlungen, zunächst in Hinsicht auf Erklärungen und anschließend für Erklärvideos, betrachtet, die dazu beitragen sollen den Extraneous Load von Lernenden zu senken und dadurch eine minimalistische Gestaltung umzusetzen.

2.3.2 Minimalismus in Bezug auf Erklärungen

In Kapitel 2.1.6 wurden einige Merkmale aufgeführt, die zu berücksichtigen sind, um eine gute Erklärung vorzubereiten, unter ihnen ist auch das Merkmal des Minimalismus zu nennen. Dieses lässt sich aus der zuvor beschriebenen CLT ableiten. Der Aspekt des Minimalismus lässt sich dabei auf eine Reihe unterschiedlicher Faktoren übertragen, die alle dazu beitragen, die kognitive Belastung durch den ECL möglichst gering zu halten. Anderson u. a. (1995) stellt heraus, dass es ein Prinzip von Erklärungen ist, nur die Elemente einzubeziehen, die für das Verstehen des Erklärgegenstands notwendig sind, um eine unnötige kognitive Belastung gering zu halten. Des Weiteren zeigt er in einer Studie, dass minimalistische Erklärungen zu einem größeren Lernzuwachs führen (vgl. Anderson u. a. 1995: 198). Minimalistische Erklärungen werden in diesem Fall so aufgefasst, dass sie präzise sein sollten und eine kognitive Entlastung durch die Schaffung von Kohärenz darstellen (Kulgemeyer 2018a: 7). Die Kohärenz eines Textes kann dabei beispielsweise durch die Verwendung von Konnektoren erhöht werden und erleichtert die Konzeptualisierung des Erklärgegenstands (vgl. Kamalski u. a. 2008: 324). Gleichzeitig bedeutet eine minimalistische Erklärung nicht, dass etwa Bilder oder Darstellungen aus den Erklärungen herausgehalten werden sollen. Sie können im Sinne der *cognitive theory of multimedia learning* dazu beitragen, dass Informationen auch durch den visuellen Kanal aufgenommen und leichter verarbeitet werden. Voraussetzung dabei ist jedoch, dass sie auch das abbilden, was verbal erklärt wird (vgl. Kulgemeyer 2018a: 7).
Renkl u. a. (2006) sehen in einem Mangel an Minimalismus sogar einen Grund dafür, weshalb instruktionale Erklärungen oftmals nicht wirksam sind. Er führt eine Untersuchung von Carrolls et al. 1990 an, nach welcher eine Reduktion des Umfangs eines Manuals zu einem Textverarbeitungsprogramm zu einer Förderung des Lernerfolgs führt (vgl. Renkl u. a. 2006: 212). Des Weiteren nennen sie die Technik des „weedings“ (Renkl u. a. 2006: 213), durch welche redundante Infor-

mationen nicht nur aus Texten, sondern auch aus anderen Informationsquellen wie Abbildungen entfernt werden.
Zusammengefasst zeichnen sich minimalistische Erklärungen somit dadurch aus, dass sie präzise sowie kohärent sind und möglichst keine irrelevanten oder redundanten Informationen enthalten.

2.3.3 Minimalismus in Bezug auf Erklärvideos

Wie bereits geschildert ist der Minimalismus ein Qualitätsmerkmal der Erklärvideos, welches bereits für das Erklären im Unterricht betrachtet wurde 2.2.3. Zwar fehlt es noch an einer Übertragung der von Mayer (2009) aufgestellten Theorie der *cognitive load theory of multimeda learning* auf Erklärvideos, dennoch können aus dieser einige Rückschlüsse auf das Qualitätsmerkmal des Minimalismus von Erklärvideos gezogen werden (vgl. Kulgemeyer 2018a: 3).
Da Erklärvideos im Wesentlichen auf der Methode des Erklärens beruhen, gelten die im vorherigen Kapitel 2.3.2 angemerkten Merkmale natürlich auch für Erklärvideos. Auch im Fall von Erklärvideos verfolgt der Minimalismus somit das Ziel, den ECL für die Lernenden möglichst gering zu halten und Strukturen anzubieten, die den Umgang mit dem ICL unterstützen (vgl. Brame 2016: 2).
Gleichzeitig zeigen sich hier jedoch weitere Punkte, die einen Einfluss auf ein minimalistisch gestaltetes Video nehmen. Grund hierfür ist beispielsweise, dass Abbildungen und Animationen in einem Erklärvideo nicht nur eine Unterstützung darstellen, sondern einen wichtigen Bestandteil von Erklärvideos ausmachen. Des Weiteren sprechen Erklärvideos mehrere Sinne gleichzeitig an, was die dargestellten Themen mit Emotionen und Spannung in Verbindung bringen kann. Dies kann zwar die Aufmerksamkeit fördern, gleichzeitig gibt es aber auch mehr Faktoren, die die kognitive Belastung beeinflussen können (vgl. Poxleitner 2018: 436). Schroeder und Traxler (2017) zeigten in einer Studie zum Lernerfolg Studierender durch Erklärvideos beispielsweise, dass allein eine menschliche Hand, die im Video zu sehen ist und die Visualisierung stützen soll, dazu führen kann, dass die Lernenden abgelenkt sind. Da Lernende, die Videos ohne die Hand rezipierten, signifikant besser im Test abschnitten, kann darauf geschlossen werden, dass die Ablenkung durch die Hand ausreicht, um den ECL zu erhöhen (vgl. Schroeder und Traxler 2017: 275).
Erklärvideos bieten zahlreiche Möglichkeiten der Gestaltung und Informationsdarstellung durch eine Kombination aus auditiven und visuellen Komponenten. Dies kann jedoch auch schnell dazu verleiten, die Gestaltungsmöglichkeiten durch eine simultane Präsentation unterschiedlichster Informationen zu überreizen. Übersteigen diese Informationen die Zahl derer, die von den Betrachtern verarbeitet werden können, kommt es zu einer kognitiven Überlastung, wodurch keine kognitiven Strukturen aufgebaut werden können und folglich kein Lernen stattfinden kann. Vor diesem Hintergrund führen Mayer und Moreno (2003) eine Reihe von Problemen in der Gestaltung von multimedialen Lernangeboten an, die sich negativ auf die kognitive Auseinandersetzung der Betrachter mit den Inhalten auswirken. Zwar beziehen sich diese nicht ausschließlich auf Erklärvideos, sie können aber als Handlungsempfehlungen zur Gestaltung dieser herangezogen beziehungsweise angepasst werden. Aus diesen können wiederum Empfehlungen abgeleitet werden, die dazu beitragen den ECL zu reduzieren, den GCL zu optimieren und den ICL zu steuern (Brame 2016).

Ein Problem besteht beispielsweise darin, das eine Animation und ein Text simultan präsentiert werden. Dies führt zu einem *split-attention-effect*, da sich die Betrachter nur auf eine der beiden Darstellungen konzentrieren können. Eine mögliche Lösung stellt der *modality effect* dar, nach welchem die Informationen an den ihnen entsprechenden Kanal angepasst werden. Demnach würden Animationen visuell und Wörter auditiv dargestellt werden. Durch die zeitgleiche Aufnahme können Verbindungen zwischen den Informationen dann einfacher aufgebaut werden (vgl. Brame (2016: 2); Mayer und Moreno (2003: 45f). Dieser Effekt wurde durch Untersuchungen von Mayer und Moreno nachgewiesen, die zeigten, dass die Verwendung von Animation und Narration erfolgreicher ist, als die Darstellung der Informationen durch eine Animation und einen Text (Mayer und Moreno 2003). Ein weiteres Problem, welches zu eine kognitiven Überlastung führen kann, ist ein zu schnelles Fortschreiten im Ablauf. Dabei werden in kurzer Zeit viele Informationen präsentiert, sodass für die Rezipienten keine Zeit für die Auseinandersetzung mit diesen Informationen und ihrer Organisation beziehungsweise Integration in ein mentales Modell bleibt. Dem kann durch den *pretraining effect* entgegen gewirkt werden. Hierbei erhalten die Lernenden eine Einführung in das Thema und die wichtigsten Begriffe, bevor ihnen das multimediale Lernangebot präsentiert wird (vgl. Mayer und Moreno 2003: 47). In Bezug auf Erklärvideos muss hier jedoch angemerkt werden, dass ein solches Pretraining das Vorwissen der Lernenden beeinflusst und somit auch die Bedingungen für ein gutes Erklärvideo. Zwar ist es von Vorteil, wenn die neuen Informationen an vorhandenes Vorwissen anknüpfen, auch dieser Prozess fordert jedoch kognitive und zeitliche Kapazitäten. Für Erklärvideos kann somit das *segmenting* als Alternativlösung betrachtet werden. Der Inhalt wird dabei in kleinere Einheiten geteilt. In Erklärvideos kann dies beispielsweise durch kürzere Videos und Pausen erreicht werden. Diese Strukturierung trägt besonders dazu bei den ICL zu steuern und den GCL zu erhöhen (vgl. Brame (2016: 2); Mayer und Moreno (2003: 47).

Eine weitere Empfehlung, die auch auf Erklärvideos übertragen werden kann, ist das auch im Zuge der Erklärungen (s. Kapitel 2.3.2) dargestellte *weeding*. Dabei werden interessante Informationen, die aber nicht zum Lernziel beitragen, ausgeschlossen, wodurch zeitgleich die Kohärenz der Erklärung gesteigert wird. Diese auszuschließenden Informationen sind dabei sowohl im verbal übermittelten Text, als auch in einer Hintergrundmusik oder Bildern und Animationen zu finden (vgl. Brame (2016: 2); Mayer und Moreno (2003: 48)). Wie auch das *weeding* kann auch das *signaling* dazu dienen, den *extraneous load* zu minimieren. Mittels Wörtern und Symbolen werden wichtige Informationen signalisiert. Dies kann dem Betrachter dabei helfen seine Aufmerksamkeit auf die wichtigen Aspekte zu fokussieren. Dadurch kann es auch zur Strukturierung der eingehenden Informationen beitragen (vgl. Brame 2016: 2). Mayer und Moreno (2003) machen des Weiteren Annahmen zum Zusammenspiel unterschiedlicher Darstellungsformen. So haben Mayer und Moreno (2002) gezeigt, dass eine gleichzeitige Darstellung von Animation, Text und einer Narration einen *Redundanzeffekt* haben und sich negativ auswirken (vgl. Mayer und Moreno 2003: 49). Dies kann auch auf die Wiederholung von Informationen übertragen werden. Werden in einem Erklärvideo immer gleiche Informationen mehrfach, möglicherweise auch in unterschiedlicher Form, dargestellt, verringert dies nicht nur die Aufmerksamkeit auf diesen, sondern auch auf die nachfolgenden Sequenzen und nimmt unnötige kognitive Kapazitäten in Anspruch. Aus diesem

Grund ist es meist auch nicht zuträglich, häufig Zusammenfassungen der bisherigen Informationen zu geben (vgl. Kulgemeyer 2018a: 6). Soll ein Inhalt durch unterschiedliche Darstellungsformen dargestellt werden, ist es wichtig, dass diese simultan gegeben werden. Mayer und Moreno (2003) führen zu diesem *Synchronizing* an, dass durch das gemeinsame Bereitstellen von auditiven und visuellen Informationen diese direkt miteinander verknüpft werden können. Außerdem werden keine kognitiven Kapazitäten benötigt, um beispielsweise ein Bild mental zu halten, bis ein erklärender Text dazu folgt (vgl. Mayer und Moreno 2003: 50).
Es ergeben sich hieraus eine Reihe Empfehlungen, wie der ECL in multimedialen Lernmaterialien, zu denen auch die Erklärvideos zählen, verringert werden kann. Unklar bleibt dabei jedoch, inwiefern diese Prinzipien nicht nur die kognitiven Voraussetzungen der Rezipienten betrachten, sondern auch mit ihren Interessen und Vorlieben vereinbar sind. Wie Wolf und Kulgemeyer (2016) herausstellen, sind wichtige Kriterien, nach denen sich Lernende Erklärvideos aussuchen, unter anderem eine ausführliche, aber auch witzige und spannende Erklärung, was nicht dem Prinzip des *weedings* entspricht. Dabei kann auch ein Interesse am Lerngegenstand und -medium zu einer Erhöhung des GCLs und damit häufig einhergehenden Senkung des ECLs führen.

2.4 Der fachliche Inhalt der Erklärvideos

Als fachliches Thema der Erklärvideos der Untersuchung wurde die Elektrizitätslehre, genauer der elektrische Stromkreis, ausgewählt. Da kein Vorwissen für alle teilnehmenden Schülerinnen und Schüler vorausgesetzt werden kann, soll durch die Videos ein sehr grundlegendes Wissen vermittelt werden. Im Fokus stehen dabei die Fragen, was unter elektrischem Strom und der elektrischen Stromstärke zu verstehen ist. Im Folgenden sollen die wichtigsten Aspekte des fachlichen Hintergrunds behandelt werden. Anschließend werden Sachstrukturanalysen des Schulbuchs *Impulse Physik. Mittelstufe* und des Bremer Bildungsplans dargestellt und bekannte Schülervorstellungen thematisiert.

2.4.1 Der einfache elektrische Stromkreis

Der elektrische Strom beruht auf der Bewegung elektrischer Ladung, den sogenannten Elektronen. Diese sind negativ geladen und umgeben den Atomkern. Dabei gleichen sie die positive Ladung im Atomkern aus, sodass das Atom insgesamt neutral geladen ist. Während das Elektron etwa 200-mal leichter als das Proton ist, entspricht der Betrag ihrer Ladung in beiden Fällen der Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$ (vgl. Tipler u. a. 2009: 803). Voraussetzung für die Bewegung der Elektronen, und somit auch für das Fließen eines elektrischen Stroms, ist, dass der Stromkreis durch elektrische Leiter, beispielsweise Metalle wie Kupfer, geschlossen ist. Während in Nichtleitern keine Elektronen frei beweglich sind, kann sich in elektrischen Leitern ein Teil der Elektronen frei bewegen. Je dichter sich die Elektronen am Atomkern befinden, desto stärker ist ihre Bindung an diese (vgl. Tipler u. a. 2009: 805). Die Leitfähigkeit von Leitern lässt sich durch das Bändermodell erklären.
Die Elektronen sind auf diskreten Bahnen um den Atomkern angeordnet, wobei zu jeder Bahn eine ebenfalls diskrete Energie zuzuordnen ist. Elektronen unterschiedlicher Bahnen haben somit unterschiedliche Energieniveaus, welche vom jeweiligen Atom abhängen. Die erlaubten Energieniveaus eines einzelnen Atoms liegen oft weit auseinander, die dazwischenliegenden Energien sind verbotene Bereiche. Werden zwei identische Atome betrachtet, so haben diese die gleichen Energieniveaus, sofern sie ausreichend Abstand zueinander haben. Bei einer Annäherung beider Atome verschieben sich ihre Energieniveaus unter Einfluss des jeweils anderen. Aus einem Energieniveaus bilden sich somit zwei leicht unterschiedliche Energieniveaus heraus (vgl. Tipler u. a. 2009: 1446). Die Zahl dieser Energiezustände ist dabei abhängig von der Zahl n der Atome:

> „Nähern sich n_{Atom} gleiche Atome einander stark an, so spaltet ein gegebener Energiezustand der einzelnen Atome in n_{Atom} Energiezustände mit etwas unterschiedlichen Energien auf“ (Tipler u. a. 2009: 1446).

Da sich in Festkörpern, und so auch beispielsweise in Kabeln für die elektrische Leitung eines Stromkreises, eine Vielzahl von Atomen befinden und sich jedes Energieniveau in die entsprechende Zahl neuer Niveaus spaltet, entstehen sogenannte **Bänder**, in denen die Energieniveaus nah beieinander liegen. Hierdurch gibt es für jeden charakteristischen Energiezustand des Atoms ein

Band. Abhängig von der Art der Bindung und den Abständen der Atome im Gitter des Festkörpers, können diese Bänder energetisch unterschiedlich dicht sein, oder auch überlappen (vgl. Tipler u. a. 2009: 1446; 1462). Die Bänder niedriger Energiezustände sind vollständig mit Elektronen gefüllt. Es nehmen jedoch nur die Elektronen der Bänder höherer Energiezustände an der Leitung teil, wobei das Band der höchsten Energiezustände als **Valenzband** bezeichnet wird. Dieses kann ganz, oder auch nur teilweise, mit Elektronen gefüllt sein (vgl. Tipler u. a. 2009: 1446). Ist dieses Valenzband nur teilweise mit Elektronen gefüllt, sind viele Energiezustände im Band unbesetzt und die Elektronen des Bandes können durch elektrische Felder leichter in energetisch höhere Zustände gehoben werden. Ist dies der Fall, ist das Material ein guter Leiter. Ist das Valenzband jedoch gefüllt und es besteht eine große Lücke zum nächsthöheren erlaubten Band, können die Elektronen durch ein elektrisches Feld nicht ausreichend angeregt werden, um in das Energieniveau des leeren Bandes angeregt zu werden und es handelt sich um einen Isolator (vgl. Tipler u. a. 2009: 1446). Das energetisch niedrigste Band mit unbesetzten Zuständen wird als Leitungsband bezeichnet. Ist das Valenzband nicht vollständig mit Elektronen gefüllt, ist es zeitgleich auch das Leitungsband. Durch das Anlegen eines elektrischen Feldes werden Elektronen im Leitungsband beschleunigt und ihre Energie nimmt zu. Diese beschleunigten Elektronen fungieren dann als Leistungselektronen (vgl. Tipler u. a. 2009: 1447). Die nach dem Bändermodell leitenden, äußeren Elektronen sind, wie ein frei bewegliches Gasmolekül in einem Behälter, nicht stark gebunden, weshalb von einem freien Elektronengas in Leitern gesprochen wird. Ihre Anzahl ist eine charakteristische Eigenschaft des entsprechenden Metalls. So sind beispielsweise in einem Kupferatom 29 Elektronen durch die Anziehung zwischen dem positiven Kern und den negativ geladenen Elektronen an den Kern gebunden. Verliert ein Atom ein Elektron ist es positiv geladen, nach der Aufnahme eines Elektrons ist es entsprechend negativ geladen, da sich die Ladungen von Atomkern und umgebenden Elektronen nicht mehr ausgleichen. Diese Atome werden dann als Ion bezeichnet und sind im Fall des Kupfers in einem symmetrischen Kristallgitter angeordnet. Nur wenn sich die Zahl positiver Gitterionen und frei beweglicher Elektronen ausgleichen, ist ein Leiter elektrisch neutral. Durch die Ab- oder Zufuhr beweglicher Elektronen können Leiter entsprechend positiv oder negativ geladen werden, was mithilfe eines Elektroskops nachgewiesen werden kann (vgl. Tipler u. a. 2009: 805).

Damit eine Leiter nicht nur elektrisch geladen ist, sondern auch ein elektrischer Strom durch ihn fließt, wird eine Spannungsquelle benötigt. Zwischen den Polen dieser Spannungsquelle herrscht eine Potenzialdifferenz, die elektrische Spannung. Diese bewirkt, dass die elektrische Ladung durch die Leiter fließen (vgl. Tipler u. a. 2009: 965). Wird ein Stromkreis durch das Umlegen eines Schalters geschlossen, ist der Transport von Ladungen möglich und kleine Ladungen können sich an den Oberflächen von Leitungen und Bauteilen der Schaltung ansammeln. Durch die elektrischen Ladungen entsteht dabei eine elektrisches Feld, welches die freien Ladungsträger in Bewegung setzt. Zwar sammelt sich während dieses Vorgangs an einigen Stellen Ladung, dies dauert aber nur sehr kurze Zeit an und wird somit nicht bemerkt, wenn beispielsweise im Haushalt durch die Betätigung eines Schalters das Licht angeschaltet wird (vgl. Tipler u. a. 2009: 966). Messbar ist jedoch der elektrische Strom, welcher angibt, wie viel elektrische Ladung in einem Zeitintervall von einer Sekunde durch eine Fläche A fließt. Dies wird auch als Stromstärke bezeichnet und in der

Einheit Ampere angegeben, welche $A = 1C \cdot s^{-1}$ entspricht (vgl. Tipler u. a. 2009: 966). Ob ein Strom bei der Messung ein positives oder negatives Vorzeichen erhält, hängt von seiner Richtung ab. Nach einer Konvention, zu dessen Zeit noch nicht bekannt war, dass negativ geladene Elektronen für den Stromfluss in Metallen verantwortlich waren, wurde festgelegt, dass elektrischer Strom vom Pluspol zum Minuspol fließt. Dies entspricht der technischen Stromrichtung. Da sich negative Elektronen jedoch in Richtung des Pluspols bewegen, bewegen sie sich entgegen dieser technischen Stromrichtung (vgl. Tipler u. a. 2009: 966).
Als Spannungsquelle in einem Gleichstromkreis kann beispielsweise eine Batterie dienen. Diese kann beispielsweise mit Widerständen oder Kondensatoren im Stromkreis verbunden sein. Die Spannungsquelle ist dabei „ein Bauteil, das einem Stromkreis elektrische Energie zuführt“ (Tipler u. a. 2009: 1005). An den Polen der Batterie herrschen, im Idealfall konstante, unterschiedliche Potenziale, wobei die Elektronen innerhalb der Batterie von einem niedrigeren Potenzial zu einem höheren fließen. Hat die Batterie eine Quellenspannung von U_Q[2] und fließt die Ladung Δq durch diese Batterie, so steigt ihre Energie um $(\Delta q)U_Q$ (Tipler u. a. 2009: 977). Diese zugeführte Energie wird im Stromkreis am Widerstand wiederum in Wärmeenergie umgewandelt. Für diesen Übergang der Elektronen von einem niedrigen Potenzial zu einem höheren führen Tipler u. a. (2009) eine Analogie zur Pumpe ein. Solche Analogien und ihre Verwendung im Unterricht werden in Kapitel 2.4.5 noch einmal gesondert behandelt.
Bei dem hier betrachteten einfachen Stromkreis wird die „von der Batterie abgegebene Leistung vollständig im Widerstand umgesetzt“ (Tipler u. a. 2009). Dabei verliert die Ladung im Stromkreis potentielle Energie, welche der im Leiterabschnitt pro Zeiteinheit umgesetzten Leistung P entspricht. Am Widerstand wird außerdem elektrische Energie in Form von Wärme abgegeben. Daraus ergibt sich, dass einem elektrischen Stromkreis kontinuierlich Energie durch die Spannungsquelle zugeführt werden muss, um den Strom durch die Leiter aufrecht zu erhalten (vgl. Tipler u. a. 2009: 977). Die Batterie wandelt hierzu chemische in elektrische Energie um, da diese nur „von einer Form in eine andere umgewandelt werden oder von einem Ort an einen anderen übertragen werden“ kann, nicht jedoch erzeugt oder vernichtet werden kann (Tipler u. a. 2009: 263). Die Batterie dient somit sowohl der Herstellung einer Potenzialdifferenz im Stromkreis, als auch der Energiezufuhr des elektrischen Stroms.
Auch der elektrische Widerstand ist Teil des elektrischen Stromkreises. Wie bereits beschrieben bestehen Metalle Ionen, die in einem Gitter angeordnet sind. Durch die Wechselwirkung der Ionen des Metallgitters mit den beweglichen Elektronen werden diese ausgebremst und es wird verhindert, dass sie sich mit unendlich hoher Geschwindigkeit bewegen. Dies wäre der Fall, wenn ausschließlich die Kraft des elektrischen Feldes auf die Elektronen wirken würde (vgl. Tipler u. a. 2009: 970). Wie bereits beschrieben stellt man sich den Strom vereinbarungsgemäß nach der technischen Stromrichtung als Bewegung positiver Ladungsträger vor, welche sich in Richtung des abnehmenden Potenzials, also vom positiven zum negativen Pol bewegen. Der Widerstand eines Leiterabschnitts ist gegeben durch den Quotienten der Potenzialdifferenz in diese Stromrichtung, also die elektrische Spannung, und der Stromstärke: $R = \frac{U}{I}$. (vgl. Tipler u. a. 2009: 971). Sowohl die Kabel eines elektrischen Stromkreises haben einen Widerstand, aber auch Elemente wie elektrische Geräte weisen

[2]Die Quellenspannung entspricht der pro Ladungseinheit verrichteten Arbeit (vgl. Tipler u. a. 2009: 977).

einen Widerstand auf. Viele Materialien, wie auch Metalle, weisen einen spezifischen Widerstand auf, der weder von Spannung, noch von Strom abhängig ist. Im Fall von Kupfer beträgt dieser $r = 1,7 \cdot 10^{-8}\ \omega \cdot \mathrm{m}$ bei einer Temperatur von 20°C (Tipler u. a. 2009: 973).
Während die Batterie ausschließlich Gleichstrom liefert, wird heute über 99% der Elektroenergie als Wechselstrom genutzt, da Wechselstrom, anders als Gleichstrom, nahezu verlustfrei in Hochspannungsleitungen transportiert werden kann. Bei hohen Spannungen und niedriger Stromstärke sind die Leistungsverluste nur gering (Tipler u. a. 2009: 1129). Während beim Gleichstrom eine kontinuierliche Spannung und Stromstärke gemessen wird, wird bei der Wechselspannung ein sinusförmiger Strom gemessen, wenn beispielsweise an Spule oder Widerstand eine Wechselspannung anliegt. Die Phasen von Strom und Spannung sind dann gegeneinander verschoben (vgl. Tipler u. a. 2009: 1130). Anders als beim Gleichstrom werden beim Messen von Stromspannung und -stärke meist keine Maximalwerte, sondern Effektivwerte ermittelt. So bezeichnet die effektive Stromstärke die quadratisch gemittelte Stromstärke (vgl. Tipler u. a. 2009: 1131). Wechselstrom wird durch Generatoren erzeugt. Diese wandeln mechanische Energie in elektrische um, wobei die mechanische Energie dazu dient, eine stromdurchflossene Spule in einem Magnetfeld oder andersherum einen Magneten in einer stromdurchflossenen Spule zu drehen, wodurch eine Spannung induziert wird (vgl. Tipler u. a. 2009: 1130).
Dies sind nur die grundlegendsten Aspekte des elektrischen Stromkreises. Im Folgenden wird nun betrachtet, wie ein Schulbuch die Einführung in den elektrischen Strom gestaltet und welche Aspekte des fachlichen Hintergrunds dort aufgenommen wurden.

2.4.2 Sachstrukturanalyse Schulbuch

Um einen Eindruck über die Darstellung des elektrischen Stroms im Schulkontext zu gewinnen, wurde eine Sachstrukturanalyse anhand des Schulbuches *Impulse Physik. Mittelstufe* Bredthauer u. a. (2011) erstellt. In dem Kapitel „Elektrische Ladung - elektrischer Strom“ wird hier zum Thema elektrischer Strom hingeführt und einfache Stromkreise betrachtet. In Abbildung 5 ist die Sachstrukturanalyse abgebildet. Wie auch durch den Titel des Kapitels deutlich wird, wird hier neben einfachen Stromkreisen auch die Elektrostatik thematisiert. Bezüge zum Alltag werden nur an drei Stellen durch die Stromkreise an einem Fahrrad, Anwendungen in der Technik und durch Blitze hergestellt. In der Struktur des Buches werden neue Fachbegriffe vor allem durch anfängliche Schülerversuche (SV) eingeführt und anschließend mittels Text erläutert. Nach Beispielen zur Stromstärkemessung und Heimversuchen schließt das Kapitel mit Übungsaufgaben zu elektrischem Strom, dessen Wirkung und der elektrischen Ladung.

Im folgenden Abschnitt wird diese Sachstrukturanalyse mit dem Bremer Bildungsplan abgeglichen.

2.4.3 Sachstrukturanalyse Bildungsplan

Der elektrische Strom wird im Bremer Bildungsplan für die Oberschule erstmals in den Klasse fünf und sechs im Rahmenthema „Elektrische Energie nutzen“ des Naturwissenschaftsunterrichts eingeführt (vgl. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 12) Da der Bremer Bildungsplan

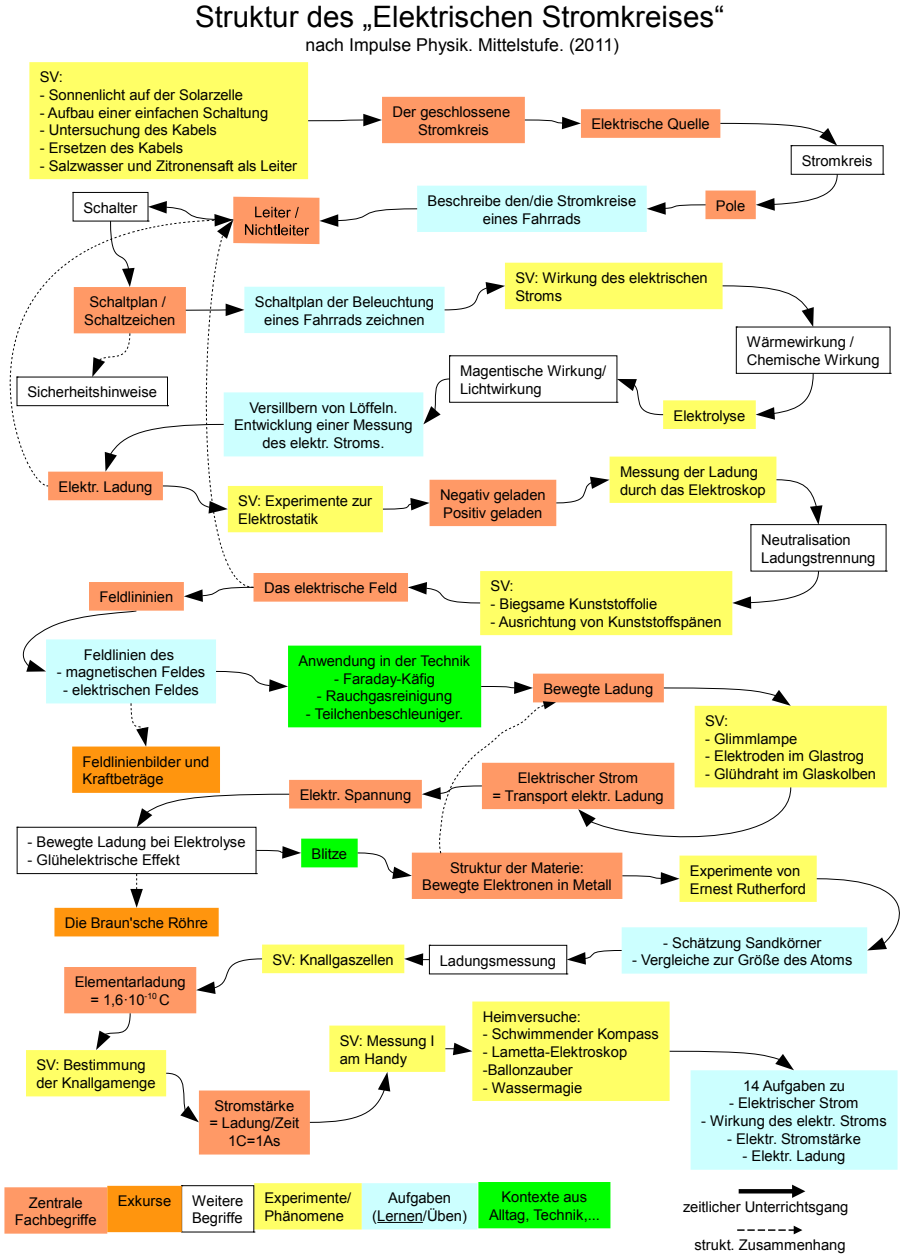


Abbildung 5: Sachstrukturanalyse des Schulbuchs Impulse Physik (Bredthauer u. a. 2011).

die vornehmlich zu behandelnde Themen vorgibt, werden Übungsaufgaben in Abbildung 6 nicht berücksichtigt. Hinsichtlich der im Schulbuch genannten Versuche finden nur die Berücksichtigung, die einen Bezug zur Nutzung elektrischer Energie im Alltag herstellen, was sich jedoch lediglich auf die Nutzung des Sonnenlichts bezieht. Andere Versuche des Schulbuchs stellen keinen Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler dar. Im Schulbuch werden zwar Anwendungen des elektrischen Feldes in der Technik aufgeführt, Beispiele wie die Rauchgasreinigung oder der Teilchenbeschleuniger finden jedoch keine Anwendung im Alltag der Lernenden. Des weiteren werden diese Beispiele im Zusammenhang mit dem elektrischen Feld aufgeführt, welches an dieser Stelle nicht im Bildungsplan aufgeführt wird (vgl. Bredthauer u. a. 2011: 106). Die durch den Bildungsplan geforderten Alltagskontexte können im Buch durch den Blitz und den Stromkreis eines Fahrrads wiedergefunden werden(vgl. Bredthauer u. a. 2011: 98f; 109).
Somit sind vor allem grundsätzliche Fachbegriffe wie der geschlossene Stromkreis, Leiter und Bewegte Ladung in den Sachstrukturen von Schulbuch und Bildungsplan vertreten. Auch die Darstellungsform des Schaltplans und die Struktur der Materie wird sowohl in *Impulse Physik*, als auch im Bildungsplan als „Stoffkonzept“ aufgeführt (vgl. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 12). Während im Bildungsplan die „Einführung in die Modellbildung“ (Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 12) in Zusammenhang mit dem einfachen elektrischen Stromkreis genannt wird, greift das Schulbuch dies zwar in einem weiterführenden Kapitel gemeinsam mit der elektrischen Spannung auf (vgl. Bredthauer u. a. 2011: 123), nicht jedoch in Zusammenhang mit der Einführung in den einfachen elektrischen Stromkreis. Aus diesem Grund ist dies in der auf der Einführung basierenden Sachstuktur nicht aufgeführt.
Es zeigt sich somit, dass eine Vielzahl der im Schulbuch aufgeführten Themen und Beispiele keine explizite Erwähnung im Bildungsplan finden. Gleichzeitig werden grundlegende Aspekte des Bildungsplans, wie der Stromkreis als Kreislaufsystem im Schulbuch nicht zur Einführung, sondern zur Weiterführung im Kapitel „Gesetze des Stromkreises“ aufgegriffen.

2.4.4 Schülervorstellungen

Wird im Unterricht ein neues Thema eingeführt, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Lernenden diesem Thema stets neutral und ohne Vorwissen begegnen. Auch wenn es im schulischen Umfeld nicht behandelt wurde, so sind die Lernenden durch ihre Erfahrungen im Alltag geprägt und haben hierdurch bereits Vorstellungen zu einer Vielzahl von physikalischen Themen. Diese beeinflussen den Lernprozesse insofern, als dass Schülerinnen und Schüler die ihnen präsentierten neuen Informationen durch „die Brille des Bekannten und Vertrauten “ betrachten (vgl. Duit 2011: 3). Während einige dieser Schülervorstellungen einen positiven Einfluss auf den Lernprozess haben, entsprechen andere nicht den fachlichen Vorstellungen oder stehen in einem Gegensatz zu diesen. Diese können dann zu Lernschwierigkeiten führen und den Lernprozess be- oder auch verhindern (vgl. Kircher u. a. 2015: 581).
Auch im Bereich des elektrischen Stromkreises gibt es eine Reihe unterschiedlicher Vorstellungen, die Lernende häufig durch ihre Alltagserfahrungen entwickelt haben und welche zum Teil einen starken Einfluss auf die Entwicklung physikalisch korrekter Vorstellungen haben. Bei der Einführung

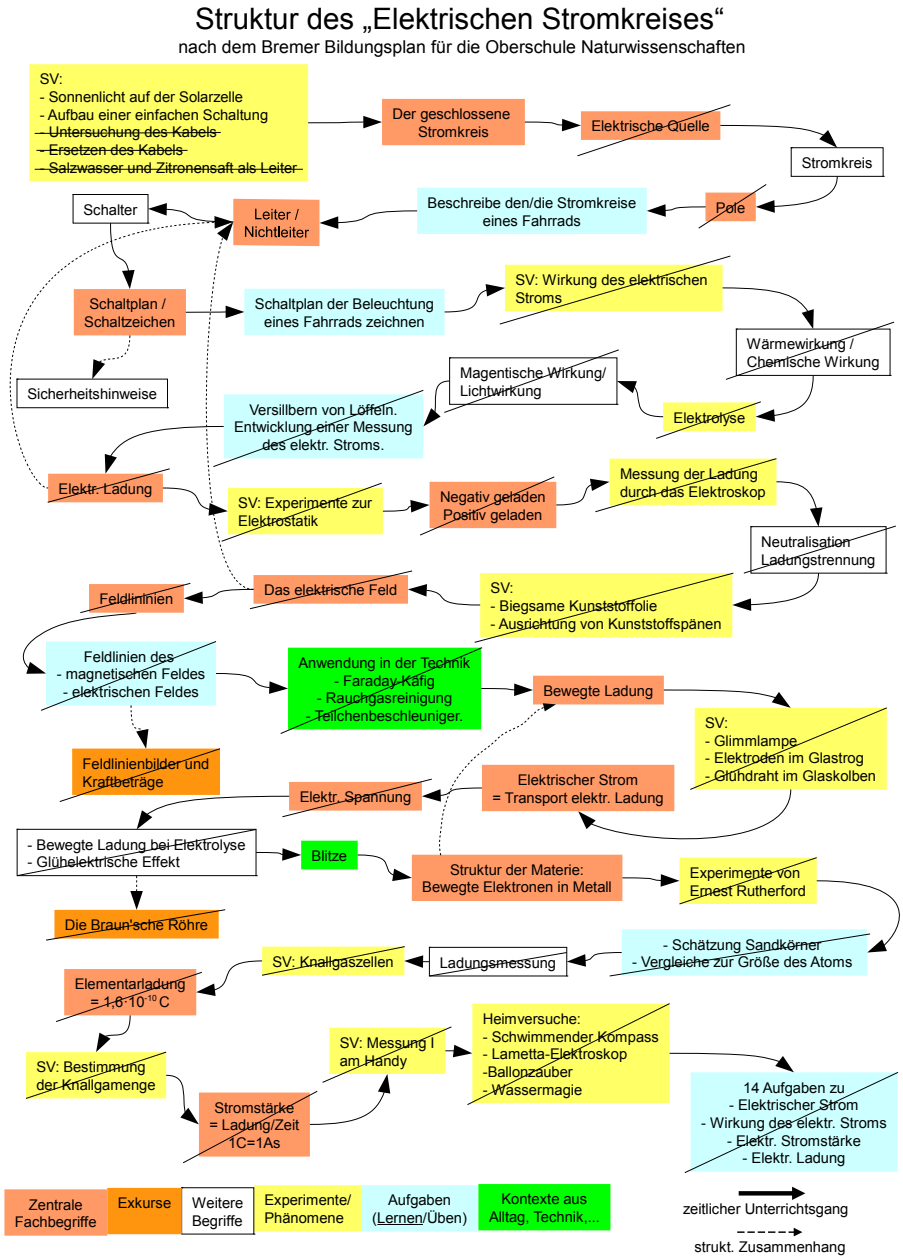


Abbildung 6: Sachstrukturanalyse korrigiert durch den Bremer Bildungsplan für die Oberschule Jahrgang 5-8 (Naturwissenschaften) (Bredthauer u. a. 2011).

in die Thematik des elektrischen Stromkreis besteht, besonders bei jüngeren Lernenden noch in der Grundschule, die Vorstellung, dass ein Draht ausreichend ist, um beispielsweise Batterie und Lampe zu verbinden. Diese Vorstellung lässt sich auf unterschiedliche Weise begründen. Zum einen entspricht sie der Alltagsbeobachtung der Lernenden, da elektrische Haushaltsgeräte augenscheinlich mit nur einem Kabel an die Steckdose angeschlossen werden (vgl. Wiesner u. a. 2011: 30). Zum anderen gehen viele Schülerinnen und Schüler davon aus, dass es sich bei Strom um eine Substanz handelt, die in der Lampe verbraucht wird. Eine Rückführung wäre somit nicht nötig (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 117). Diese Vorstellung wird in der Fachdidaktik auch als „Ein-Stoff-Verbrauchsmodell“ mit einer „Ein-Weg-Zuführungsvorstellung“ (Wilhelm und Hopf 2018: 117) bezeichnet. Doch auch wenn die Schülerinnen und Schüler angeben, dass zwei Kabel zur Verbindung von Batterie und Lampe notwendig sind, beruht dies häufig auf einer Fehlvorstellung. Begründung für die zwei Kabel ist dann häufig, dass durch die Verbindung beider Pole mit der Lampe mehr Strom zu dieser fließen kann. Der Strom eines Pols würde in dieser Vorstellung nicht ausreichen, um die Lampe zum Leuchten zu bringen, was einem „Ein-Stoff-Verbrauchsmodell“ mit einer „Zwei-Wege-Zuführvorstellung“ (Wilhelm und Hopf 2018: 117) entspricht. Des Weiteren besteht auch ein „Zwei-Stoff-Verbrauchsmodell“, bei welchem durch die Verbindung mit Plus- und Minuspol zwei unterschiedliche *Arten* von Strom zur Lampe fließen, welche sich dann in der Lampe treffen und das Leuchten verursachen (Duit (vgl. 2011: 3); Wilhelm und Hopf (2018: 117)).
All diese Begründungen folgen der recht weit verbreiteten Fehlvorstellung, dass es sich bei elektrischem Strom um etwas handelt, das verbraucht wird. Diese Vorstellung entspricht der Alltagserfahrung mit Treibstoffen, wie etwa Benzin, welches verbraucht wird, wenn das Auto fährt. Außerdem wird diese Vorstellung häufig durch alltagssprachliche Formulierungen, wie „Stromverbrauch“, „Stromlieferant“ oder auch die Aufforderung, man solle Strom sparen, unterstützt (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 123ff). Dieser vermeintliche Verbrauch kann in der Schülervorstellung dabei sowohl vollständig, als auch nur teilweise erfolgen (vgl. Rhoeneck und Voelker 1984: 10). Die Fehlvorstellung des Verbrauchs von Strom kann im Unterricht zum einen dadurch problematischer sein als andere Vorstellungen, da er sehr tief verankert ist. Zum anderen kann er innenbedingte Lernschwierigkeiten hervorrufen, welche auftreten, wenn neue Informationen nicht richtig aufgenommen und verarbeitet werden (Wiesner u. a. 2011: 37). Nach Wodzinski ist dies vor allem darauf zurückzuführen, dass die Lernenden neue Informationen stets mit einem Blick auf bereits bekanntes und bewährtes Wissen aufnehmen. Dabei kann es auch auftreten, dass sie nur solche Sequenzen der Erklärung wahrnehmen, die ihre eigene Vorstellung des Sachverhaltes unterstützen (vgl. Wodzinski 2011: 11). So führt Hopf an, dass es durchaus Fälle gibt, in denen die Lernenden sich sicher waren, beispielsweise bei der Messung der Stromstärke unterschiedliche Werte abgelesen zu haben, oder aber auch, dass die erste Lampe heller leuchtet als eine baugleiche zweite (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 125). Das alleinige Zeigen von Experimenten ist somit nicht ausreichend, um Schülerfehlvorstellungen nachhaltig zu korrigieren.
Einige der Fehlvorstellungen bezüglich des elektrischen Stromkreises lassen sich auch darauf zurückführen, dass die Lernenden bereits zu Beginn ein mangelhaftes Bild vom Strom haben. Wie bereits genannt wird es zum einen als eine Art Treibstoff verstanden. Zum anderen wird Strom von einigen Lernenden als etwas „energetisches“ verstanden. Hierzu ist zu betonen, dass jedoch auch das Verständnis

der Energie in der Alltagssprache häufig vom fachlichen Verständnis abweicht. So wird mit der Energie häufig ein Warencharakter verbunden, da diese im allgemeinen Sprachgebrauch nicht selten „geliefert“ und „bereit gestellt“ wird und einen Oberbegriff für „Benzin, Heizöl, Kohle, Uran - und eben auch Strom.“ (Muckenfuss 1980: 33) darstellt. Duit führt zwar auch das unterschiedliche Verständnis auf, weist aber dennoch auf eine gewisse Anschlussfähigkeit hin. So ist es wirkungsvoller den Schülerinnen und Schüler zu vermitteln, dass sie korrekt darin liegen, dass etwas von der Batterie zur Lampe fließt, dies jedoch die Energie, nicht der Strom ist, statt ihnen nur zu vermitteln, dass ihre Ansicht gänzlich falsch ist (vgl. Duit 2011: 4).

Hier ist jedoch von Bedeutung, dass im Unterricht zwischen elektrischem Strom und der Energie klar unterschieden wird. Auch Wiesner u. a. (2011) weisen darauf hin, dass eine solche klare Differenzierung genutzt werden kann, damit Lernende Übereinstimmungen zwischen ihrem persönlichen und dem physikalischen Konzept herstellen (vgl. Wiesner u. a. 2011: 43). Viele Lernende haben des Weiteren Probleme damit, den elektrischen Strom als System zu erkennen. So besteht oftmals die Vorstellung, dass Strom in der Batterie gespeichert wird, aber auch, dass Strom aus einzelnen Ladungsträgern besteht, welche sich unabhängig voneinander bewegen können. Um dieser Fehlvorstellung zu begegnen, eignen sich Analogien, wie etwa der Vergleich zur Fahrradkette, oder auch ein starrer Elektronenring (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 123). Unterstützung finden diese Vorstellungen häufig im Unterricht selbst, wenn der Weg des Stroms mit dem Finger nachgezeichnet wird und auch verbal durch Aussagen wie „Strom fließt aus der Batterie hinaus, durch den einen Draht, durch das Lämpchen...“ (Duit 2017: 4). Hierauf wird in Kapitel 2.4.5 noch einmal genauer eingegangen. Dieses Verständnis von Strom als einzelne Ladungsträger führt häufig auch dazu, dass Schülerinnen und Schüler beim Beschreiben von Stromkreisen auf lokale oder sequentielle Argumentationen zurückgreifen.

Beim lokalen Denken wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die Batterie einen konstanten Strom liefert, der nicht durch die Bauteile, wie die Widerstände, des Stromkreises beeinflusst wird. Die Lernenden argumentieren somit an jeder Stelle des Stromkreises, als „wüßte der Strom nicht, was anschließend im Stromkreis passiert“ (Rhoeneck und Voelker 1984: 11). Somit entscheidet der Strom auch an jeder Verzweigung, wie er sich verhält (Wiesner u. a. (vgl. 2011: 43f); Duit (2017: 4)). Beim sequentiellen Denken hingegen beginnt der Strom in der Batterie, und bewegt sich von dort durch die Kabel. Hierbei hat nur ein Widerstand, der sich vor der Lampe befindet, einen Einfluss auf dessen Helligkeit. In beiden Fällen wird somit das Konzept des Stroms als System nicht erkannt (vgl. Wiesner u. a. 2011: 44).

Auch zu den Begriffen Spannung und Stromstärke haben die Lernenden im Allgemeinen häufig kein differenziertes Bild. Stattdessen werden beide als Bedingung für den jeweils anderen gesehen und als Eigenschaft des Stroms betrachtet (vgl. Wiesner u. a. 2011: 43). In Bezug auf die Spannung ist hier noch zu nennen, dass diese als lokale Eigenschaft gilt und nicht als Differenz zwischen zwei Punkten erkannt wird (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 118). Auch im Fall des Widerstands wird häufig die Bedeutung und Auswirkung auf den Stromkreis nicht erkannt. Hier besteht zum einen die *inverse Widerstandsvorstellung*, bei der angenommen wird, dass ein großer Widerstand mehr Strom benötigt und die Batterie sich mehr anstrengen muss, um eine konstante Stromstärke zu liefern. Zum anderen besteht bei anderen Schülerinnen und Schüler zwar die korrekte Vorstel-

lung, dass ein größerer Widerstand die Stromstärke verringert, dies wird jedoch häufig durch einen höheren Stromverbrauch des Widerstands begründet (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 127). Es lässt sich somit wieder eine Verbindung zur Fehlvorstellung des Stromverbrauchs herstellen, wodurch ersichtlich wird, dass viele Schülervorstellungen miteinander verknüpft sind.
Für den Unterricht gibt es unterschiedliche Strategien, wie eine Lehrkraft mit den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler umgehen kann, die mit in den Unterricht gebracht werden. So kann an einige Schülervorstellungen angeknüpft werden, wenn beispielsweise durch ein Experiment klar wird, dass Batterie und Lampe durch zwei Kabel verbunden sein müssen, aber auch Umdeutungen sind möglich, wie bereits geschrieben im Fall der Vorstellung vom Stromverbrauch, dass die Alltagsvorstellung des Stroms Übereinstimmungen mit der physikalischen Energie hat. Eine weitere Möglichkeit ist die Konfrontation, wenn Vorstellungen und fachlich korrekte Erklärungen im Gegensatz zueinander stehen, wobei dann durch das Auslösen eines kognitiven Konflikts und dessen Lösung die korrekten Konzepte aufgebaut werden können (vgl.Duit (2005b: 11); Wodzinski (2011: 31)). Um den bestmöglichen Umgang mit den Schülervorstellungen zu wählen ist es wichtig, sich bei der Unterrichtsvorbereitung mit den bekannten und meist vertretenen Vorstellungen vertraut zu machen. Nur so kann verhindert werden, dass neben den innenbedingten Lernschwierigkeiten auch lehrbedingte Schwierigkeiten auftreten, beispielsweise wenn Lehrkräfte Fehlvorstellungen durch ihre Wortwahl unterstützen oder ungeeignete Analogien wählen (vgl. Wiesner u. a. 2011: 37). Wie in Wiesner u. a. (2011) beschrieben wird sind diese Vorstellungen jedoch nicht nur für den Unterricht, sondern für das Lernen im Allgemeinen von großer Bedeutung:

> „Der wichtigste Einflussfaktor für das Lernen ist das, was der Lerner bereits weiß. Finden Sie das heraus und unterrichten Sie ihn entsprechend.“ (Nach David Ausubel in Wiesner u. a. (2011: 29)).

Somit sollten die Schülervorstellungen auch berücksichtigt werden, wenn Erklärvideos im Unterricht zur Förderung oder Initiierung des Lernprozesses eingesetzt werden sollen.

2.4.5 Analogien zum elektrischen Strom

Bereits im vorherigen Kapitel wurde beschrieben, dass Schülerinnen und Schüler neue Informationen mit ihnen bekannten Phänomenen oder Konzepten abgleichen, um es besser einzuordnen. Dabei gibt es für den Unterricht einen „Basisbereich“, ein bereits bekanntes Konzept, welches von allen Lernenden verstanden wird, und einen „Zielbereich“, der das fasst, was nachvollzogen werden soll (Duit 2005a: 17). Übereinstimmungen beider Bereiche stellen eine Analogie dar. Diese hat zwar das Potenzial bereits vorhandenes Wissen auf einen neuen Sachverhalt zu übertragen, die weiterhin bestehenden Unterschiede beider Bereiche führen jedoch nicht zwingend zu einem besseren und korrekten Verständnis, sodass kein allgemein anwendbares Modell genannt werden kann. Es ist aber möglich große Themengebiete in Einzelthemen zu strukturieren und diese mit unterschiedlichen Analogien zu erarbeiten (vgl. Duit (2005a: 17); Burde und Wilhelm (2017: 13)). Da Prozesse im Stromkreis von außen nicht sichtbar und schwer nachzuvollziehen sind, bietet es

sich besonders im Bereich der Elektrizitätslehre an, Analogien zu verwenden (vgl. Wiesner u. a. 2011: 61).
Eine einfache Analogie, die nur einen kleinen Aspekt des Stromkreises anspricht, ist beispielsweise die bei Tipler u. a. (2009) genannte Analogie zu einem Wasserschlauch. Ist dieser bereits mit Wasser gefüllt, beginnt das Wasser sofort durch den Schlauch zu strömen. Ebenso verhält es sich bei Elektronen, die sich im gesamten Stromkreis befinden und sich gleichzeitig in Bewegung setzen, sobald der Stromkreis geschlossen wird (vgl. Tipler u. a. 2009: 968).
Eine weitere Analogie für die Bewegung der Ladungsträger ist das Fahrradkettenmodell. Diese hat den Vorteil, dass Fahrradketten den Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag bekannt sind. Außerdem kann veranschaulicht werden, dass sich die Elektronen wie Kettenglieder gemeinsam bewegen und nicht unabhängig voneinander sind, Veränderungen an einer Stelle sich also systematisch auf alle übertragen (vgl. Burde und Wilhelm 2017: 11). Auch der Unterschied zwischen dem Ladungsträgerstroms durch den gesamten Kreislauf und dem Energiestrom, von Spannungsquelle zum elektrischen Gerät, beziehungsweise von den Pedalen zum Hinterrad kann hier nachvollzogen werden (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 121). Außerdem wird für die Lernenden hier deutlich, dass es sich beim elektrischen Strom um keine Substanz handelt, die verbraucht werden kann. Das Fahrradkettenmodell stößt jedoch bei der elektrischen Spannung an seine Grenzen, da diese durch eine konstante Antriebskraft an den Pedalen dargestellt ist und das elektrische Potenzial durch die Kettenspannkraft dargestellt ist, was aus Sicht der Lernenden nur schwer nachvollziehbar ist und auch nicht mehr zwingend ihren Alltagserfahrungen in diesem Bereich entspricht (vgl. Burde und Wilhelm (2017: 11); Wilhelm und Hopf (2018: 121)). Dieses Modell eignet sich somit besonders zur Verdeutlichung des Systemcharakters des Stromkreises und zur Differenzierung von Ladungsträger- und Energiestrom.
Diese Differenzierung steht auch beim *Rucksackmodell* im Vordergrund. Die Ladungsträger sind hierbei beispielsweise durch Männchen dargestellt, welche Energie von der Energiequelle zum elektrischen Gerät transportieren und wieder zurückkehren. Die Anzahl der Männchen, die sich pro Zeit an einem Punkt des Stromkreises vorbei bewegen entspricht der Stromstärke, die transportierte und abgegebene Energie der elektrischen Spannung. Diese Modell ist zwar einerseits sehr anschaulich und kann auch mit den Lernenden als Ladungsträger nachgestellt werden, andererseits unterstützt es jedoch die Vorstellung, dass sich die Ladungsträger individuell bewegen und auch die Spannung als Potenzialdifferenz bleibt hierbei abstrakt (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 121). Zudem kann es hier zu einer Mischung der Begriffsbedeutungen Spannung und Energie kommen, da die Spannung durch die abgegebene Energie beschrieben wird (vgl. Schmid und Kraus 2017: 14). Burde und Wilhelm (2016b) stellen als Alternative zu Fahrradketten- und Rucksackmodell den starren Elektronenring vor, bei welchem die Lernende selbst einen starren Reifen bewegen und dadurch den Antrieb sowie den Widerstand erfahren.
Eine weitere in der Elektrizitätslehre verbreitete Analogie ist die zum Wasserkreislauf. Sie wird häufig verwendet, da der elektrische Stromkreis so sehr anschaulich darstellbar ist. Problematisch ist jedoch, wenn davon ausgegangen wird, dass die Lernenden hier bereits ein großes Vorwissen mitbringen, da ihnen das Thema Wasser bekannt ist. Dies gilt jedoch nicht für Wasserstromkreise und auch hier können Fehlvorstellungen bestehen, die den Lernprozess zum elektrischen Stromkreis

dann weiter erschweren können (vgl. Kühn 2010: 1). Es braucht somit eine genaue Einarbeitung der Lernenden, damit sie von einer Analogiebildung auf den elektrischen Stromkreis profitieren können (vgl. Wiesner u. a. 2011: 61).
Um die Analogie des Wasserkreislaufs im Unterricht zu nutzen, besteht das Modell des ebenen geschlossenen Kreislaufs. Das Wasser in den Rohren wird hierbei durch eine Wasserpumpe angetrieben, welche der elektrischen Batterie entspricht, Turbinen sind die Widerstände. Das elektrische Potenzial wird hier durch den herrschenden Druck des Wassers, die Spannung entsprechend durch Druckunterschiede dargestellt, während die Wasserstromstärke der elektrischen Stromstärke entspricht (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 120). Durch den ebenen Wasserkreislauf kann ersichtlich werden, dass die Pumpe die Druckdifferenz, nicht jedoch den Wasserfluss beeinflusst, was bedeutet, dass die Batterie die Spannung, nicht aber den Stromfluss herstellt. Auch kann deutlich werden, dass Widerstände wie die Turbine im Wasser und die Lampe im elektrischen Stromkreis keine Verbraucher darstellen (vgl. Burde und Wilhelm 2016b: 47). Sofern jedoch der Wasserstromkreislauf nicht ausreichend bekannt beziehungsweise behandelt wurde, fehlen den Lernenden beispielsweise Vorstellungen zur Kontinuität von Wasserströmungen sowie von Druck und Druckdifferenz. Sie werden dann vermutlich nicht den Druckunterschied als den Antrieb der Strömung erkennen, sondern weiterhin die Pumpe, was dann auch auf die Batterie übertragen wird. Im Folgenden fehlt ihnen dann ein Anreiz, sich mit der korrekten physikalischen Erklärung auseinander zu setzen (vgl. Burde und Wilhelm 2017: 9). Die potenzielle Lernhilfe der Analogiebildung wird dann vielmehr zu einem Hindernis beim Aufbau korrekter physikalischer Konzepte.
Eine Alternative zum ebenen geschlossenen Wasserkreislauf ist die Betrachtung des offenen Wasserkreislaufes. Dieser eignet sich besonders, um die Spannung über die elektrische Potenzialdifferenz zu erarbeiten. Diese wird durch eine Höhenanalogie betrachtet (vgl. Wiesner u. a. 2011: 61). Das Wasser wird hierbei auf eine höhere Ebene gepumpt, von dort fließt es über Wasserräder wieder nach unten. Die Wasserhöhe dient dabei als Analogie zum elektrischen Potenzial und der Höhenunterschied stellt die Spannung dar, während die Wasserstromstärke wieder die elektrische Stromstärke darstellt. Hier wird besonders deutlich, dass ein Höhenunterschied und somit eine elektrische Spannung nötig ist, damit das Wasser strömt. Gleichzeitig kann diese Analogie jedoch auch eine Reihe Fehlvorstellungen unterstützen, etwa die, dass die Energiequelle einen konstanten Strom liefert, da in diesem Wasserkreislauf der Fluss von der oberen Ebene unabhängig von den Wasserrädern, also den Widerständen, ist (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 122). Zudem kann die sequentielle Argumentation gefördert werden, da sich das Wasser an Verzweigungen zu gleichen Teilen aufteilt. Somit ist diese Analogie für die Darstellung des elektrischen Stromkreises als System ungeeignet (vgl. Burde und Wilhelm 2017: 11).
Auch das Elektronengasmodell kann als Analogie zum elektrischen Stromkreis dienen. Dabei werden Elektronen im elektrischen Leiter als Gasteilchen angesehen und in einen Vergleich mit strömender Luft gesetzt. Studien haben hier bereits bewiesen, dass es sich, richtig eingesetzt, um eine durchaus lernförderliche Analogie handelt, was auch darauf zurückgeführt werden kann, dass Schülerinnen und Schüler aus ihrem Alltag mehr Erfahrung mit dem Luftdruck als mit Wasserdruck haben (vgl. Burde und Wilhelm (2017: 17); Wilhelm und Hopf (2018: 120). Auch hier wird die Spannung durch einen Druckunterschied dargestellt. Vorteil des Luftdrucks ist, dass die Lernenden auf sehr

niedrigschwellige Art und Weise eigene Erfahrungen machen können. Durch das Pusten von Luft durch Stoff können sie feststellen, dass der Stoff einen Widerstand darstellt, da die Luft gebremst wird, wodurch eine Widerstandsvorstellung aufgebaut wird (vgl. Burde und Wilhelm 2017: 10). Anhand von Bällen oder Fahrradreifen kann erklärt werden, dass Luft, die unter Druck steht, das Bestreben hat sich auszudehnen und in einen Bereich niedrigeren Drucks zu strömen. Die Lernenden können somit erkennen, dass eine Luftströmung durch unterschiedliche Luftdrücke entsteht und dies auf den elektrischen Stromkreis übertragen, bei dem die Elektronenströmung auf einer Potenzialdifferenz und somit auf einer elektrischen Spannung beruhen (vgl. Burde und Wilhelm 2016a: 18f). Das Elektronengasmodell beruht somit darauf, dass die Lernenden ausreichen Alltagserfahrungen und dadurch auch Vorstellungen des Luftdrucks haben. Besonders das Konzept der Spannung kann hier verständlich dargestellt und nachvollzogen werden. Wie aber auch beim Wassermodell kann hier die Lernschwierigkeit der sequentiellen Argumentation auftreten, da der Systemcharakter nicht ausreichend dargestellt ist. Und auch eine inverse Widerstandsvorstellung kann gefördert werden (vgl. Burde und Wilhelm 2015: 3f).
Wie bereits aufgeführt besteht kein vollständiges Modell, mit welchem eine Analogie zum elektrischen Stromkreis hergestellt werden kann, die alle Teilaspekte einbezieht. Es ist auch hier, ähnlich der Schülervorstellungen, von Bedeutung bei der Wahl einer Analogie auch die Erfahrungen und das Vorwissen der Lernenden zu berücksichtigen. Wie auch für den Einsatz von Erklärvideos oder anderen Darstellungen gilt, dass diese entsprechend in den Unterricht einbezogen und gegebenenfalls vorbereitet werden müssen, um den Lernprozess zu unterstützen.

3 Forschungsfragen

Durch die vorangegangenen Darstellungen wurde zum einen deutlich, dass Erklärvideos als Lernmedium in Alltag und Schule immer verbreiteter sind, ihre empirische Untersuchung diesem jedoch noch nicht entspricht. Zwar gibt es Forschungen sowohl hinsichtlich Erklärvideos, als auch in Bezug zu Qualitätsmerkmalen von Erklärungen, der Zusammenhang beider wurde jedoch nur wenig untersucht.
Die Cognitive Load Theory unterstützt die Annahme, dass eine minimalistische Gestaltung von Erklärungen, durch die Senkung des Extraneous Cognitive Load, zu einem größeren Lernerfolg führt. Die gleiche Annahme gilt auch für die Gestaltung von Erklärvideos, die bislang jedoch nur in Zusammenhang mit der Variation weiterer Qualitätsmerkmale betrachtet wurde. Zudem stellt sich die Frage, inwieweit ein minimalistisches Erklärvideo den Vorlieben von Schülerinnen und Schülern entspricht, die angeben Erklärvideos unter anderem nach ihrem Unterhaltungsfaktor auszuwählen. Aus diesem Grund ergibt sich die Forschungsfrage, welchen Einfluss eine minimalistische Erklärung in einem Erklärvideo auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern, im Vergleich zu einem Video mit nicht-minimalistischer Erklärung hat. Zur Beantwortung dieser Frage sollen in der nachfolgend dargestellten Untersuchung die folgenden Hypothesen überprüft werden:

Hypothese 1: Beide Gruppen zeigen einen Leistungszuwachs durch die Rezeption eines Erklärvideos.

Hypothese 2: Betrachter eines minimalistisch gestalteten Erklärvideos erzielen in einem auf den Erklärvideos aufgebauten Leistungstest bessere Ergebnisse.

Hypothese 3: Betrachter eines Videos, dass sie als ansprechend empfinden, weisen einen höheren Lernzuwachs auf, als Betrachter, die ihr Video als nicht ansprechend empfinden.

4 Methodik

4.1 Quantitative Datenerhebung

Um die Wirkung eines Erklärvideos, welches nach minimalistischen Gestaltungsaspekten erstellt wurde, zu untersuchen, wurde ein Untersuchungsdesign im Sinne einer Interventionsstudie erstellt. Dieses ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Probanden werden dabei in zwei Gruppen geteilt. Zunächst erhalten alle Teilnehmenden einen identischen Vortest, um bisherige Erfahrungen mit Erklärvideos zu dokumentieren und das Vorwissen anhand eines Leistungstests zu prüfen. Im zweiten Abschnitt werden den Lernenden im Sinne einer Intervention unterschiedliche Erklärvideos gezeigt. Während die Testgruppe ein Video sieht, welches nach Merkmalen minimalistischer Erklärvideos erstellt wurde, sieht die Kontrollgruppe ein Video, bei dessen Gestaltung diese Merkmale außer Acht gelassen wurden. Durch den nachfolgenden Nachtest, welcher, neben einer Rückmeldung zum Video, die gleichen Aufgaben bereit stellt wie der Vortest, werden nochmals die Leistungen der Probanden erfasst. Durch den Einsatz der Tests ist es möglich, das deklarative Wissen der Lernenden hinsichtlich des elektrischen Stromkreises quantitativ zu erfassen. Dies ermöglicht einen Vergleich der Testergebnisse von Vor- und Nachtest und somit auch die Ermittlung eines Lernzuwachses in Test- und Kontrollgruppe durch die Rezeption der Erklärvideos. Aufgrund des Umfangs der hier vorliegenden Arbeit wurde darauf verzichtet, vor der Hauptstudie eine Aufgabenanalyse durch einen Pretest zu machen. Da dadurch keine vorherige Überprüfung der Gütekriterien des Tests vorgenommen werden konnte, kann dieser nicht als standardisiert angesehen werden (vgl. Woolfolk 2014: 470).

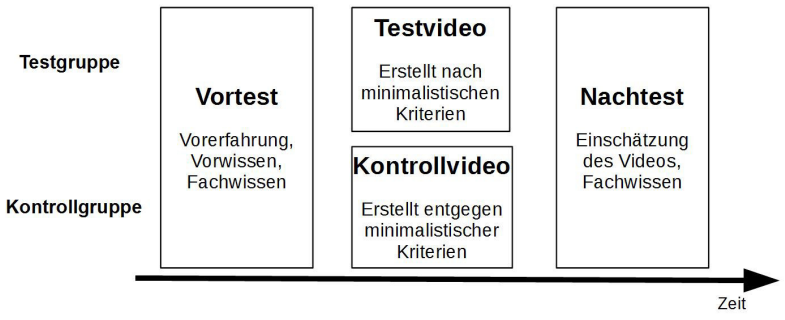


Abbildung 7: Design der Untersuchung (Eigene Darstellung).

Um die Wirksamkeit der Intervention zu untersuchen, was von Fischer und Krabbe (2015) als

kausale Untersuchung bezeichnet wird, sollte der Erfolg im Nachtest auf die Maßnahme der Intervention selbst, also die Rezeption des Erklärvideos selbst, zurückzuführen sein (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 744). Dies wird zum einen dadurch erreicht, dass die Zeit zwischen den Testzeitpunkten kurz ist, da sie der Dauer des jeweiligen Videos entspricht. Es ist in der Untersuchung somit auszuschließen, dass zufällige Variablen, wie der Konsum weiterer fachspezifischer Informationen außer der im Video gegebenen, den Lernzuwachs beeinflussen. Des Weiteren wird in der Untersuchung beachtet, dass die Durchführung (s. Kapitel 4.4) in beiden Gruppen die gleiche Betreuung erfährt und auch, dass die Materialien, sowohl Erhebungsinstrument, als auch Erklärvideo, in beiden Gruppen mit gleicher Sorgfalt erstellt wurden. Dies soll einen Einfluss eines unterschiedlichen Umgangs mit Test- und Kontrollgruppe auf die Ergebnisse der Untersuchung verhindern (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 745).
Im Folgenden wird die Erstellung der eingesetzten Tests, sowie die für Untersuchungen geltenden Gütekriterien dargestellt. Außerdem werden die Probandengruppen, die Durchführung und auch die Auswertung der Testergebnisse dargestellt.

4.2 Erstellung des Erhebungsinstruments

`Aufgrund des Umfangs wird hier keine Testentwicklung mit einer Aufgabenanalyse und einer Testdatenerhebung gemacht`

Um die Wirksamkeit der Erklärvideos ermitteln und vergleichen zu können, wurde als Erhebungsinstrument ein Leistungstest erarbeitet, welcher als Vor- und Nachtest eingesetzt wird. Anders als bei Fragebögen, deren Antworten nicht in richtig oder falsch klassifiziert werden können, sind Antworten eines Test als korrekt oder inkorrekt bewertbar. Leistungstests verlangen dabei das Lösen von Aufgaben beziehungsweise Problemen durch Reproduktion von Wissen, sowie dem Aufzeigen von „Können, Ausdauer oder Konzentrationsfähigkeit“ (Rost 2004). Eine weitere Charakteristik besteht darin, dass die Probanden die Testergebnisse bewusst nur in negative Richtung verfälschen können. Dies kann beispielsweise eintreten, wenn sie Fragen, deren Antwort sie kennen, bewusst falsch beantworten, oder den Aufgaben bewusst nicht ausreichend Aufmerksamkeit schenken. In Bezug auf Leistungstests stellt Rost (2004) die Differenzierung in „Speed-“ und „Power-Test“ auf (Rost 2004: 43). Während bei erstem die Zeit gemessen wird, welche zur Bearbeitung der Aufgaben benötigt wird, wird in zweitem lediglich die Qualität der Antworten beurteilt, wenn auch diese eine zeitliche Einschränkung durch die vorgegebene Bearbeitungszeit aufweisen (vgl. Rost 2004: 43). Die hier erstellten Leistungstests stellen nach dieser Klassifizierung somit Powertests dar. Diese Tests sind dabei für beide Gruppen identisch. Wie auch Tests, die im Unterricht zur Ermittlung vom Leistungsstand der Lernenden, der Dokumentation des Lernprozesses oder der Diagnose von Lernschwierigkeiten eingesetzt werden, müssen diese Tests den Gütekriterien entsprechen. Im Folgenden soll zunächst aufgezeigt werden, wie Lernzuwachs durch Leistungstests ermittelt werden kann und welchen Gütekriterien diese Test genügen sollten. Des Weiteren werden die in der Untersuchung eingesetzten Testaufgaben vorgestellt sowie Design von Pre- und Posttest dargestellt.

4.2.1 Auswahl der Testaufgaben

Zur Überprüfung des Vorwissens beziehungsweise des Lernzuwachses werden zwei Leistungstests eingesetzt. Durch die Erklärvideos kann den Lernenden ein deklaratives Wissen vermittelt werden. Woolfolk bezeichnet dieses Tatsachenwissen als „wissen, dass etwas der Fall ist“ (Woolfolk 2014: 293). Prozedurales Wissen ist jedoch stets auch mit der Anwendungen von Wissen auf unterschiedliche Kontexte und Probleme verbunden und wird durch die alleinige Rezeption von Videos nicht vermittelt. Dementsprechend prüfen die im Folgenden vorgestellten Aufgaben lediglich ein deklaratives Wissen. Die verwendeten Aufgaben entstammen bereits bestehenden Tests, die meist auf die Überprüfung von Schülervorstellungen ausgerichtet sind. Mit Ausnahme der Begründung der Antwort in Aufgabe zwei wurden dabei geschlossene Fragen gewählt. Von den Lernenden wird somit keine schriftliche Antwort erwartet. Dies soll die Hürde bei der Bearbeitung senken und die Bereitschaft der Lernenden, die Testfragen zu beantworten, erhöhen. Gleichzeitig muss jedoch berücksichtigt werden, dass geschlossene Aufgabenformate, wie Multiple-Choice-Aufgaben, bei denen mehrere Antwortmöglichkeiten korrekt sind, oder Single-Choice-Aufgaben, bei denen es eine korrekte Antwort unter verschiedenen Antwortmöglichkeiten gibt, stets mit einer Ratewahrscheinlichkeit verbunden sind. Handelt es sich um eine Frage, bei der nur die Antwortmöglichkeiten „richtig“ und „falsch“ bestehen, ist die Ratewahrscheinlichkeit mit 50% höher, als wenn mehrere Antwortmöglichkeiten bestehen. Eine Musterlösung der Testaufgaben ist im Anhang der Arbeit aufgeführt (s. Kapitel 10.3).

Die erste Aufgabe des Tests besteht aus drei Items und folgt einer Testaufgabe, wie sie von Rhoeneck unter anderem eingesetzt wurde, um die Vorstellungen der Lernenden bezüglich des Stromkreises zu überprüfen (vgl. Rhoeneck und Voelker (1984: 6); Rhoeneck (1986: 11)). Durch diese Aufgabe wird zunächst überprüft, ob die Lernenden die Notwendigkeit eines geschlossenen Stromkreises als Bedingung für den elektrischen Strom, die elektrische Stromspannung und somit auch für das Leuchten der Lampe erkennen.

Bei Aufgabe 2 handelt es sich um eine Single-Choice-Aufgabe mit insgesamt sechs Items, in welcher außerdem durch ein offenes Format eine Begründung der gegebenen Antwort abgefragt wird. Die hier gestellten Fragen wurden in Anlehnung an die erstellten Skripte aufgestellt, welche Grundlage der eingesetzten Erklärvideos sind. Während die Auswahl, ob eine Aussage richtig oder falsch ist, eine hohe Ratewahrscheinlichkeit beinhaltet, soll die offene Begründung einen Einblick ermöglichen, ob der korrekten Antwort das richtige Konzept unterliegt. So bezieht sich die erste Frage auf die Energieübertragung durch den Strom. Zur richtigen Beantwortung muss den Lernenden hier somit klar sein, dass elektrischer Strom und Energie keine Synonyme sind. In Frage zwei wird Bezug auf die Vorstellung genommen, die Batterie wäre eine Stromquelle, die einen in ihr gespeicherten Strom abgibt. Eine korrekte Beantwortung weist darauf hin, dass die Lernenden den Strom als Bewegung von Elektronen erkannt haben, welcher entsprechend dieser Definition nicht gespeichert werden kann. Die dritte Frage betrifft die Fehlvorstellung des Verbrauchs von elektrischem Strom, welcher ähnlich eines Treibstoffs verbraucht werden kann. Wie auch in Aufgabe 1, wird in der vierten Frage das Bewusstseins über die Voraussetzung eines geschlossenen Stromkreises abgefragt. Dies geschieht hier jedoch explizit durch die schriftliche Darstellung, und muss nicht, wie in Auf-

gabe 1, aus einer Abbildung entnommen werden. Die fünfte Frage bezieht sich auf den Aufbau von Leitern. Beantworten Lernende diese Frage korrekt, so kann zum einen nochmals davon ausgegangen werden, dass sie die Batterie nicht als Speichermedium annehmen. Zum anderen erkennen sie die Elektronen als Bestandteil aller elektrischen Leiter. Durch die sechste Frage wird noch einmal explizit die Definition des elektrischen Stroms abgefragt.
Aufgabe 3 orientiert sich an einer sowohl von Rhoeneck und Voelker (1984)/(1986), als auch von Koller u. a. (2008) eingesetzten Aufgabe mit fünf Items. Neben den Antwortmöglichkeiten „richtig“ und „falsch“ besteht hier des Weiteren die Option „weiß nicht“, wodurch verhindert werden soll, dass die Lernenden die Antwort raten. Dabei wird noch einmal der vermeintliche Verbrauch des Stroms in den Fokus gesetzt, nun aber differenzierter betrachtet. Die Lernenden haben hier nicht nur die Antwortmöglichkeiten von Verbrauch und keinem Verbrauch, sondern auch die Option einen anteiligen Verbrauch von Strom anzugeben. Die Schülerfehlvorstellung wird somit genauer betrachtet. Aussage vier und fünf hingegen betreffen die Ursache des elektrischen Stroms. Zwar wird im Erklärvideo nicht die elektrische Spannung, welche durch eine Potenzialdifferenz an der Batterie entsteht, thematisiert, die Batterie wird jedoch als Antrieb der Elektronenbewegung aufgeführt, besonders im Vergleich zu den Pedalen, welche eine Fahrradkette in Bewegung setzen. Die Lernenden können somit die Batterie als Ort des Antriebs erkennen, auch wenn sie diesen nicht kausal begründen können.
Die Aufgaben 4 und 5 wurden einem Testinstrument von Urban-Woldron und Hopf (2012) zur Erfassung eines detaillierten Verständnisses der Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis entnommen und beinhalten jeweils zwei Items. Dabei wurden die Abbildungen jedoch angepasst, sodass die Darstellung nicht auf die Symbole physikalischer Schaltpläne angewiesen ist. Sowohl Aufgabe 4, als auch Aufgabe 5 stellen zweistufige Single-Choice Aufgaben dar. Dabei wird in Aufgabe 4 zunächst nach der Helligkeit beider Lampen des Stromkreises gefragt. Im folgenden Schritt wird dann die Begründung der ersten Antwort abgefragt. Auch für die Begründung der korrekten Antwort in der ersten Teilaufgabe, dass beide Lampen gleich hell leuchten, gibt es aus Schülersicht unterschiedliche mögliche Antworten. Neben der korrekten Antwort, dass der elektrische Strom im gesamten Stromkreis gleich ist, wäre auch die Begründung, dass der Strom auf beide Lampen aufgeteilt wird, denkbar, wobei dann eine Fehlvorstellung auf Seiten des Lernenden vorliegen würde. Wird jedoch die korrekte Begründung ausgewählt, kann davon ausgegangen werden, dass der Lernende den Charakter von Stromkreis und elektrischem Strom als System erfasst hat. Während hier sowohl im ersten, als auch im zweiten Aufgabenteil fünf Antwortmöglichkeiten zur Verfügung stehen, sind in Aufgabe 5 jeweils drei mögliche Antworten aufgeführt.
In der letzten Aufgabe wird explizit auf die Stromstärke im elektrischen Stromkreis eingegangen, wobei nach dem Verhältnis der Stromstärke in den Punkten vor und nach der Lampe gefragt wird. Die korrekte Begründung ist dabei, dass der gleiche Strom im gesamten Stromkreis fließt. Somit wird auch hier noch einmal die Verbrauchsvorstellung abgefragt. Zur korrekten Beantwortung müssen die Lernenden somit sowohl wissen, dass Strom durch elektrische Geräte nicht verbraucht werden kann, als auch, dass Strom im Stromkreislauf als System zu betrachten ist.
Der Leistungstest hat somit eine Testlänge von fünf Aufgaben, beziehungsweise 18 Items.

4.2.2 Erstellung von Vor- und Nachtest

Die vorangegangenen Aufgaben werden sowohl im Vor- als auch im Nachtest eingesetzt. Des Weiteren beinhalten beide Tests die Erstellung eines persönlichen Codes, wie er beispielsweise von Pöge (2008) vorgeschlagen wird. Der persönliche Code soll es ermöglichen, die entsprechenden Vor- und Nachtests einander zuordnen zu können. Da in dieser Untersuchung nur ein sehr kurzer Zeitraum zwischen der Bearbeitung der Tests liegt, wären auch alternative Zuordnungsweisen möglich, wie etwa das zufällige Ausgeben von Zahlencodes, welche im Nachhinein von den Lernenden einbehalten beziehungsweise vernichtet werden. Es wurde jedoch der persönliche Code ausgewählt, da das Beantworten der ausgewählten Fragen als sehr niedrigschwellig angesehen wird und keine Informationen, wie etwa ausgegebene Zahlencodes während der Durchführung der Untersuchung verloren gehen können. Dennoch bietet der persönliche Code die Möglichkeit, dass die Tests anonym beantwortet werden und somit auch eine größere Objektivität hinsichtlich der Auswertung eingehalten werden kann, da die Tests den Lernenden nicht direkt zugeordnet werden können. Des Weiteren kann den Lernenden durch die Anonymisierung der Tests vermittelt werden, dass auch die Lehrperson die Ergebnisse der einzelnen Schülerinnen und Schüler nicht erfährt, beziehungsweise diese nicht zuordnen kann. Dies senkt nach Fischer und Krabbe (2015) den systematischen Fehler der Testergebnisse, da es einen Einfluss auf die Performanz der Lernenden haben kann, wenn sie die Testsituation der Untersuchung als Testsituation für ihre schulische Bewertung empfinden (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 736).
Im Fall des Vortests, abgebildet im Anhang (s. Kapitel 10.1, geht dem beschriebenen Code eine Einführung voraus, in welcher der Ablauf der Untersuchung kurz dargestellt ist und der noch einmal zusammenfasst, was den Lernenden auch in der Einleitung der Untersuchung durch die testende Person beschrieben wird (vgl. 4.4). Wie dem Vortest (s. 10.1) zu entnehmen ist, gehen den Testaufgaben im Vortest einige Fragen voraus, welche zunächst das Geschlecht sowie die bisherige Note der Lernenden im Naturwissenschaftenunterricht abfragt. Weitere Fragen beziehen sich auf die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit Erklärvideos. Hier wurde den Probanden die Möglichkeit eröffnet weitere Gründe anzuführen, weshalb sie Erklärvideos konsumieren, da zwar eine Vielzahl an Antwortmöglichkeiten abgeschätzt, aber nicht endgültig definiert werden kann (vgl. Porst 1998: 25). Nachdem Frage 3 abfragt, ob Erklärvideos bereits gesehen wurden, wird außerdem gefragt, bei welcher Gelegenheit beziehungsweise welchen Gelegenheiten dies geschah und mit welcher Häufigkeit sie gegebenenfalls rezipiert werden. Zur Abfrage der Häufigkeit wird dabei eine viergeteilte „Ratingskala“ (Rost 2004: 65) verwendet. Wie bereits aus dem Kapitel zur Definition von Erklärvideos 2.2.1 hervorgeht, besteht keine allgemeingültige Definition dieser, weshalb hier auch noch einmal die Bezeichnung *Lernvideo* aufgeführt wird, sollte dieser den Lernenden geläufiger sein. Im Anschluss an diese Fragen beginnt der eigentliche Test mit den Aufgaben 1 bis 5.

Auch der Nachtest, welcher im Anhang unter 10.2 aufgeführt ist, wird durch den persönlichen Code eingeleitet. Die Antworten auf die Fragen der Erfahrung hinsichtlich Erklärvideos werden nicht noch einmal abgefragt, da diese als Disposition angesehen werden, welche sich durch die Intervention nicht ändern (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 745). Stattdessen werden die Lernenden

dazu befragt, wie ihnen das gesehene Video gefallen hat. Hierzu wird eine von Brell und Theyssen (2007) erstellte vierstufige Smiley-Skala verwendet. Diese hat den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler den Smileys zügig und intuitiv ihre Empfindung des Videos zuordnen können ohne, dass weitere Erklärungen Zeit oder Aufmerksamkeit fordern. Durch ihre Trennung von den darauffolgenden Aufgaben des Tests wird vermieden, dass die Frage als weitere Testfrage empfunden wird. Zwar schränkt die Smiley-Skala die Ausdrucksmöglichkeit der Lernenden ein, etwa dadurch, dass sie sich für keine neutrale Position entscheiden können und sie angehalten sind, sich für einen eher positiven oder negativen Eindruck auszusprechen. Die Vierstufigkeit verhindert jedoch auch, „dass unsichere Schüler per se ein neutraleres Smiley bevorzugen und so nicht zu einer Differenzierung [...] beitragen." Brell und Theyssen (2007: 476). Weiterer Faktor für das Auslassen einer neutralen Position, der auch von Brell und Theyssen genannt wird, ist der, dass nicht sicher gestellt werden kann, dass ein neutraler Smiley durch die Schülerinnen und Schüler auch als solcher empfunden wird (vgl. Brell und Theyssen 2007: 476). Hierin ist zeitgleich ein Nachteil der angewandten Skala zu sehen. Zwar ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler die Smileys positiven und negativen Empfindungen zuordnen können, die genaue Zuordnung der Smiley zu Empfindungen ist jedoch eine subjektive Einschätzung. In diesem Fall überwiegen dennoch die Vorteile der Skala, da sie auf eine einfache Art und Weise einen Eindruck bezüglich des Gefallens des Videos ermöglicht, ohne dabei eine Belastung oder aus Schülersicht eine weitere Testfrage darzustellen. Die Meinung der Teilnehmenden hinsichtlich des Erklärvideos abzufragen ist insofern von Bedeutung, als dass ein von den Lernenden als ansprechend empfundenes Video, welches das persönliche Interesse weckt, die intrinsische Motivation steigern kann. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass eine gesteigerte Motivation und eine damit verbundene Freude an der Rezeption des Videos einen positiven Einfluss auf die kognitive Leistung der Lernenden hat (vgl. Krapp und Ryan (2002: 59); Hasselhorn und Gold (2017: 102)). Dies entspricht der Interessentheorie, nach welcher ein Interesse an Inhalt oder Lerngegenstand zu einer größeren Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Thema führt, was wiederum den Lernerfolg durch „positive emotionale Erfahrung und Assoziationen" (Krapp und Ryan 2002: 69) steigert. Die abgefragte Einschätzung der Videos gibt dabei eine subjektive Meinung wieder, wodurch keine Rückschlüsse gezogen werden können, aus welchen Gründen die Schülerinnen und Schüler das Video als positiv oder negativ bewerten. Auch dient sie nicht einer Bewertung der Videos anhand der zuvor aufgestellten Kriterien für gelungene Erklärvideos, ist jedoch ausreichend, um einen Überblick dahingehend zu bekommen, ob ein Einsatz dieser Videos, welche nach den theoretischen Kriterien guter Erklärvideos, von und für die Lernenden als positiv empfunden wird. Im Anschluss an die Smiley-Skala werden auch im Nachtest die bereits dargestellten Testaufgaben gestellt.

4.2.3 Gütekriterien von Tests

Voraussetzung für die Entwicklung eines Tests, aber auch für die Interpretation der Ergebnisse, ist die Einhaltung von Gütekriterien (vgl. Woolfolk 2014: 473). Das Ausmaß und die Relevanz der Gütekriterien sind dabei sowohl vom Testformat, als auch von der Intention desselben abhängig.

Dies gilt besonders für standardisierte Tests, da sie die Ergebnisse aller Probanden vergleichbar machen sollen, dennoch gibt es zunächst drei Hauptgütekriterien, welche stets berücksichtigt werden sollten.
Eines dieser Hauptgütekriterien ist die *Reliabilität*, welche auch als Zuverlässigkeit eines Tests bezeichnet wird. Die Reliabilität eines Tests, beziehungsweise der Testergebnisse, ist dann gegeben, wenn der „Test die Fähigkeiten eines Probanden bei verschiedenen Gelegenheiten misst und zum gleichen Ergebnis kommt“ (Woolfolk 2014: 473) und somit angemessene Rückschlüsse auf die Fähigkeit des Probanden zulässt. Ein Test ist dann vollständig reliabel, wenn die durch ihn erzielten Ergebnisse den Probanden hinsichtlich des getesteten Konstrukts genau beschreiben (vgl. Lienert und Raatz 1998: 9). Es ist anzumerken, dass die Reliabilität nur über die Wiederholung eines Test gemessen werden kann, wenn das Wissen nicht durch weiteres Lernen weiterentwickelt wurde (vgl. Woolfolk 2014: 473). Eine solche Messung wird als Retest-Reliabilität bezeichnet und wäre in der hier beschriebenen Interventionsstudie nicht möglich, da zwar jeder Proband zweimal den gleichen Test ablegt, die Intervention durch die Erklärvideos jedoch einen Lernprozess anregt. Eine Alternative zum Retest ist die *Paralleltestreliabilität*, bei welcher Probanden zwei Tests ablegen, welche als äquivalent zu betrachten sind, was bedeutet, dass sie durch vergleichbare Aufgaben das gleiche Konstrukt abprüfen. Hierdurch wird die innere Konsistenz der Messung überprüft. Die Ergebnisse beider Tests müssen dann korreliert werden (vgl. Lienert und Raatz 1998: 10). Eine weitere Form der Reliabilität wird durch die *Split-half-Reliabilität* aufgezeigt, welche sich ebenfalls auf die innere Konsistenz eines Tests bezieht. Hierbei werden die Items eines Tests in zwei Hälften geteilt und die Ergebnisse werden separiert ermittelt. Durch die Korrelation dieser Ergebnisse kann dann die Reliabilität ermittelt werden (vgl. Lienert und Raatz (1998: 10); Woolfolk (2014: 474)). Unabhängig von der Methode zur Messung der Reliabilität, wird das Ergebnis durch Korrelationskoeffizienten zwischen 0.0 und 1 gegeben, wobei nach Woolfolk (2014) 0.9 als sehr reliabel eingestuft wird, Werte die kleiner als 0.8 sind hingegen nicht (vgl. Woolfolk 2014: 474).
Die Reliabilität eines Tests ist immer auch mit den Messfehlern verknüpft, da sie „das Verhältnis der Varianz der wahren Messwerte zur Varianz der tatsächlich erhaltenen, also fehlerbehafteten Messwerte “ (Rost 2004: 274) darstellt. Quellen dieser Fehler können beispielsweise durch die emotionale Stimmung, die persönliche Motivation oder auch die Einstellung gegenüber Tests auf Seiten des Probanden liegen, aber auch durch undeutliche Instruktionen, hohe Anforderungen an die Lesekompetenz oder eine zu kurze Bearbeitungszeit durch den Test verursacht werden (vgl. Woolfolk 2014: 474). Jeder Test schließt somit auch Fehler ein, die umso kleiner sind, je reliabler der Test ist. Der Standardmessfehler gibt dabei an, wie stark ein Testwert eines einzelnen Probanden variieren kann, wenn eine Testwiederholung, etwa im Sinne der Überprüfung der Retest-Reliabilität, durchgeführt wird. Dieser Standardmessfehler erzeugt ein Konfidenzintervall, innerhalb dessen der wahre Testwert, also das Ergebnis, das erreicht werden würde, läge kein Fehler vor, liegt (vgl. Woolfolk 2014: 474). Hinsichtlich der Reliabilität einer Veränderungsuntersuchung, der auch diese Interventionsstudie entspricht, gibt Rost (2004) an, dass die Differenzwerte von Tests, die zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt wurden, meist einen hohen Messfehler aufweisen und somit auch als unreliabel gelten. Dies ist auf die bereits geschilderte Änderung des Wissens zwischen den Testzeitpunkten zurückzuführen (vgl. Rost 2004: 273). Die Überprüfung der Reliabilität des hier

eingesetzten Tests wird in Kapitel 6 dargestellt.
Ein weiteres Hauptgütekriterium stellt die *Validität* dar, welche die Gültigkeit der durch die Testergebnisse getroffenen Aussagen darstellt. Validität ist somit dann gegeben, wenn „der Test das misst, was er messen soll“ (Rost 2004: 33). Für dieses Gütekriterium ist die eingangs angemerkte, zu berücksichtigende Intention des Tests von Bedeutung. Die Validität eines Tests kann nur unter Berücksichtigung der Anwendung und des Ziels des Tests beurteilt werden (vgl. Woolfolk 2014: 475). Somit müssen sich das Design der Untersuchung, das angewandte Messinstrument und die theoretischen Annahmen einander entsprechen (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 738). Um Testergebnisse angemessen interpretieren zu können, muss die Validität belegt werden. Hierbei bestehen unterschiedliche Formen, wie etwa die *Inhaltsvalidität*, nach welcher ein Test das zu prüfende Konstrukt beinhalten muss. Ein Test, der beispielsweise die in einer Unterrichtseinheit erworbenen Fähigkeiten misst, muss auch aus Testfragen zu dieser Einheit bestehen. Die Fragen sollten sich dann nicht beispielsweise an einem nicht verwendeten Lehrbuch orientieren (vgl. Woolfolk 2014: 475). Eine weitere Form ist die *Kriteriumsvalidität*, die relevant wird, wenn ein Test das Ziel verfolgt ein Ergebnis vorherzusagen. Als Beispiel ist hier etwa ein Eignungstest für ein Studium zu sehen. Bei diesem müssen die Testergebnisse mit der Note in den Abschlussprüfungen korrelieren, damit eine Kriteriumsvalidität gegeben ist. Diese kann auch überprüft werden, indem Testergebnisse mit einem weiteren Format, etwa einem Interview, zum gleichen Thema abgeglichen werden (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 739). Soll ein Test ein bestimmtes Konstrukt erfassen, wie etwa das Leseverstehen, so sollte das Messinstrument diesem auch entsprechen. So kann etwa zum Testen des Leseverstehens keine Aufgabe in Form einer Schreibaufgabe eingesetzt werden (vgl. Woolfolk 2014: 475).
Im Fall des hier angewandten Tests wurde Inhaltsvalidität insofern berücksichtigt, als dass die Fragen des Tests sich an den Inhalten des Erklärvideos orientieren. Es wurde des Weiteren vermieden, Fachsprache zu nutzen, sofern diese nicht auch im Video auftrat. Um längere Texte und somit die Notwendigkeit einer ausgeprägten Lesekompetenz zu vermeiden, wurden die Aufgaben durch Bilder gestützt. Die Anwendung geschlossener Fragen verhindert zudem, dass eigentlich vorhandenes deklaratives Wissen aufgrund mangelnder Schreibkompetenz nicht zum Ausdruck gebracht werden kann.

Drittes Hauptgütekriterium ist die *Objektivität*, nach welchem Testergebnisse frei vom Einfluss der testenden Person sein sollen (vgl. Lienert und Raatz 1998: 7). Dieses Gütekriterium ist nochmals in mehrere Teilaspekte gegliedert, wobei hier Bezug auf die wichtigsten drei genommen wird. Die *Durchführungsobjektivität* gibt den Grad der Unabhängigkeit der Durchführung der Untersuchung von der untersuchenden Person an. Eine Änderung dieses Verhalten könnte die Probanden und somit auch die Testergebnisse beeinflussen. Bei unterschiedlichen Untersuchern lässt sich dieser Einfluss beispielsweise durch schriftliche Instruktionen und eine Standardisierung der Situation minimieren (vgl. Lienert und Raatz 1998: 8). Um eine *Auswertungsobjektivität* einzuhalten, muss die Auswertung des Tests nach zuvor festgelegten Kategorien und Regeln erfolgen. So führen beispielsweise offene Fragen zu einer geringeren Auswertungsobjektivität, da die bewertende Person beurteilen muss, welche Antwort als korrekt angesehen wird (vgl. Lienert und Raatz 1998: 8).

Die *Interpretationsobjektivität* gibt an, inwieweit die Interpretation der Testergebnisse unabhängig von der bewertenden Person sind. Diese ist gegeben, wenn unterschiedliche Beurteiler die gleichen Ergebnisse und Antworten gleich interpretieren (vgl, Lienert und Raatz 1998: 8). Hier ist des Weiteren noch einmal zwischen Unterschieden in der Interpretation durch unterschiedliche Beurteiler, aber auch Unterschieden, die entstehen, wenn die gleiche Person die Ergebnisse zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedlich bewertet, zu differenzieren. Im Fall dieser Untersuchung wird die Objektivität zunächst durch den Einsatz geschlossener Aufgaben begünstigt. Diese lassen in der Auswertung wenig Spielraum. Ein weiterer Vorteil in der Einhaltung der Durchführungsobjektivität liegt darin, dass die Untersuchung in allen Testgruppen von der selben Person durchgeführt wird, wodurch das Verhalten der Versuchsleiterin kontrollierbar ist. Lediglich die anwesenden Lehrkräfte variieren in den Gruppen und können, neben den Probanden, einen Einfluss auf die Untersuchung haben. Des Weiteren werden auch die Ergebnisse von einer Person interpretiert und dargestellt. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die wichtigsten Kriterien der Objektivität in der Untersuchung eingehalten werden.
Neben den Hauptgütekriterien gibt es noch eine Vielzahl Nebengütekriterien. Diese beinhalten beispielsweise die Freiheit von Voreingenommenheit, wonach keine Probanden aufgrund von Geschlecht, Religion oder ihrem sozio-ökonomischen Status benachteiligt werden. Dies beinhaltet auch die Beurteilung der Antworten durch die Bevorzugung bestimmter Sprachstile (vgl. Woolfolk 2014: 475). Da in diesem Test nur eine Aufgabe eine Schreibtätigkeit beinhaltet und auch während des Videos auf eine klare und verständliche Sprache Wert gelegt wurde, wird davon ausgegangen, dass auch unterschiedliche Muttersprachen keine Benachteiligung von Probanden zur Folge haben.
Weitere Gütekriterien sind die Vergleichbarkeit des Tests, aber auch seine Nützlichkeit, die Zumutbarkeit für die Probanden und auch die Ökonomie hinsichtlich Durchführungszeit, Materialverbrauch und der Auswertungszeit (vgl. Lienert und Raatz 1998: 73). Besonders der ökonomische Aspekt wurde hier durch die Anwendung geschlossener Fragen eingehalten. In Abhängigkeit von der rezipierten Literatur werden oftmals auch die Signifikanz und die Relevanz als Gütekriterien genannt (vgl. Fischer und Krabbe 2015: 740). Da jedoch im Vorfeld der Untersuchungsdurchführung keine Aufgabenanalyse durch einen Pre-Test der Untersuchung gemacht wurde, werden diese erst in der Auswertung aufgeführt.

4.3 Auswahl der Testgruppen

An der Untersuchung nahmen insgesamt vier Klassen des siebten Jahrgangs einer Bremer Oberschule teil. Sie entsprechen somit der in der Analyse des fachlichen Hintergrunds betrachteten Zielgruppe (vgl. 5.1.1). Da es aus organisatorischen Gründen nicht möglich war, die Probanden unterschiedlichen Gruppen zuzuordnen, wurden sie im Klassenverbund der Testgruppe und der Kontrollgruppe zugeordnet. Durch die fehlende Randomisierung beziehungsweise Parallelisierung ist dies eine quasi-experimentelle Untersuchung (Döring u. a. 2016: 199). Insgesamt nahmen an dieser 76 Schülerinnen und Schüler teil, in der Testgruppe waren dabei $n = 40$, bestehend aus 15 Schülerinnen und 25 Schülern, und in der Kontrollgruppe $n = 36$ Lernende, bestehend aus 20 Schülerinnen und 16 Schülern, wie in Abbildung 8 dargestellt.

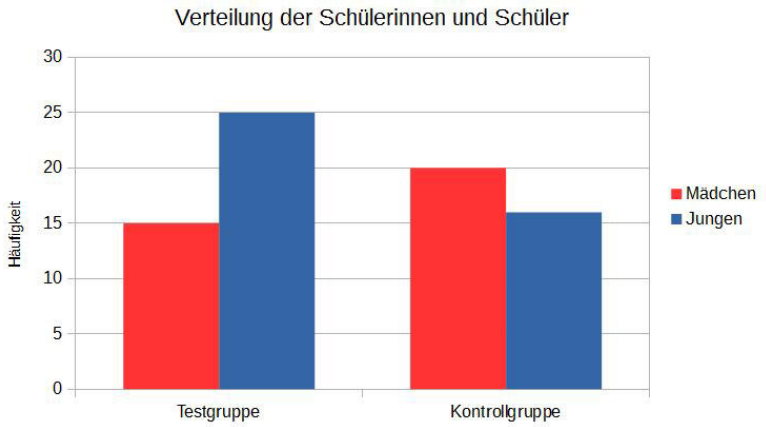


Abbildung 8: Verteilung von Mädchen und Jungen in Test- und Kontrollgruppe.

Alle Klassen haben in der fünften Klasse bereits das Thema *Elektrische Energie nutzen* nach dem Bremer Bildungsplan behandelt, weshalb angenommen wird, dass alle Lernenden bereits das Thema Energie im Unterricht kennengelernt haben. Dennoch wird im hier eingesetzten Erklärvideo kein Vorwissen vorausgesetzt, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Lernenden über das gleiche Vorwissen verfügen. Die Zuordnung der Klassen in Test- und Kontrollgruppe erfolgte aufgrund der Zeiten, die von den Lehrkräften zur Verfügung gestellt werden konnten. Da das Kontrollvideo das Testvideo in der Dauer übersteigt, wurden Klassen, in denen eine Doppelstunde zur Verfügung stand der Kontrollgruppe zugeordnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Zuordnung der Klassen zur Test- beziehungsweise Kontrollgruppe keinen Einfluss auf das Ergebnis hat. Die Naturwissenschaftslehrkräfte geben an, dass sie in diesem Jahrgang eng zusammenarbeiten, wodurch die unterschiedlichen Klassen meist mit den gleichen Arbeitsmaterialien arbeiten. Außerdem werden alle vier Lerngruppen von ihren Lehrkräften als sehr heterogen hinsichtlich ihrer Leistungen im Naturwissenschaftenunterricht beschrieben.

4.4 Durchführung der Datenerhebung

4.4.1 Geplante Durchführung

Die Durchführung der Erhebung beginnt durch die persönliche Vorstellung der untersuchenden Person. Hierauf folgt eine kurze Einführung zur Untersuchung, in welcher diese als Bestandteil der Abschlussarbeit des Lehramtsstudiums vorgestellt wird und der Ablauf der Unterrichtsstunde, bestehend aus Durchführung des Vortests, Betrachtung des Erklärvideos und Durchführung des Nachtests, vorgestellt wird. Anschließend wird der Vortest (s. 10.1) ausgeteilt und die Erstellung des persönlichen Codes anhand eines Beispiels verdeutlicht. Sobald alle Probanden diesen ausgefüllt haben, werden die Fragen zu Geschlecht, Vornote sowie den Erfahrungen mit Erklärvideos freigegeben. Ist auch dies von allen Probanden abgeschlossen, folgt die Bearbeitung der Testaufgaben, für welche eine Bearbeitungszeit von 15 Minuten vorgesehen ist. Der Vortest wird anschließend durch das Einsammeln der Testbögen abgeschlossen. Hierauf folgt das der Gruppe entsprechende Video.

Da diese eine unterschiedliche Länge aufweisen (vgl. 5.4), variiert die hier eingeplante Zeit. Im Anschluss werden die Nachtests ausgeteilt, wobei hier darauf verzichtet wird, das Beispiel nochmals anzuführen. Nachdem die Probanden den Code ausgefüllt und eine persönliche Einschätzung des Videos vorgenommen haben, beginnen auch hier 15 Minuten Bearbeitungszeit. Nach der Bearbeitungszeit wird die Untersuchung durch das Einsammeln der Testbögen beendet. Insgesamt wird für die Durchführung der Untersuchung eine Zeit von 45 bis 50 Minuten vorgesehen.

4.4.2 Reflexion der Durchführung

In der Durchführung der Untersuchung ergaben sich leichte Abweichungen zwischen der geplanten und realen Durchführung der Untersuchung in den teilnehmenden Klassen. Die Vorstellung der Untersuchung wurde meist durch die Lehrkraft dadurch ergänzt, dass auch sie eine solche Arbeit schreiben musste und es durchaus relevant ist, dass die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler ihrer Aufgabe als Proband/-in gewissenhaft nachkommen. Aufgrund der persönlichen Beziehung zwischen Lehrkräften und Lernenden, hatte dies hatte augenscheinlich eine Steigerung der Motivation zur Folge. Während des Vortests benötigten einige Schülerinnen und Schüler deutlich mehr Zeit, um den persönlichen Code auszufüllen, weshalb zwei Beispiele, sowohl von der testenden Person, als auch von der Lehrkraft, gegeben wurden. Die Bearbeitungszeit der Testaufgaben wurde in allen Gruppen eingehalten. Vor der Präsentation des Videos kam es in einer Klasse zu Verzögerungen, da die Klasse kurzfristig durch eine Vertretungslehrkraft begleitet wurde, welche nicht ausreichend über die Untersuchung informiert war und den Lernenden die Anweisung gab, Notizen anzufertigen. Dies wurde von durch die Testleiterin revidiert, und es wurde noch einmal darauf hingewiesen, dass der Fokus auf dem Video liegt und nicht auf anderen Kompetenzen, wie etwa der Schreibkompetenz. In einer weiteren Klasse musste das Erklärvideo nach etwa einer Minute neu gestartet werden, da die Lernenden nochmals zu Aufmerksamkeit gerufen werden mussten. Nach Beendigung des Videos konnte in allen Gruppen zügig mit der Bearbeitung des Tests begonnen werden. In einer Klasse musste jedoch festgestellt werden, dass einige Lernende diese mit mangelnder Ernsthaftigkeit bearbeiteten, weshalb es in dieser Gruppe deutlich unruhiger war als in den Vergleichsgruppen. Auch hat hier ein Lernender den Nachtest bereits nach zwei Minuten abgegeben, wobei davon ausgegangen wird, dass die Aufgaben hier möglicherweise nur mit mangelhafter Aufmerksamkeit bearbeitet wurden. Im Fall eines weiteren Lernenden wurde die Bearbeitungszeit abgebrochen, da deutlich wurde, dass dieser nicht den Test bearbeitete, sondern das Ziel verfolgte, den Unterrichtsbeginn hinauszuzögern. Der entsprechende Test wurde aus der Auswertung ausgeschlossen.
Ein möglicher Grund für die Unruhe einer Lerngruppe kann der unterschiedliche Umgang mit nicht teilnehmenden Lernenden sein. Während in einer Lerngruppe Arbeitsaufträge ausgegeben wurden, begab sich der Klassenleiter in diesem Fall mit den entsprechenden Lernenden in einen Nebenraum, sodass diese für die Probanden noch immer im Blickfeld waren. Dies führte zum Teil zu einer Fokussierung der Probanden auf die Mitschülerinnen und Mitschüler im Nebenraum, die sich im Gespräch mit dem Klassenleiter befanden. Insgesamt dauerten die Durchführungen der Untersuchung zwischen 40 und 55 Minuten, was auch durch unterschiedliche Rückfragen zu Beginn der

Untersuchung zu begründen ist.

4.5 Auswertung der Testbögen

Die Auswertung der Testbögen wurde mit der Statisitksoftware *SPSS Statistics* vorgenommen. Um die Daten der Tests in die Software zu übertragen, wurde gemäß der Empfehlung von Porst (1998: 10) ein Kodierungsplan entworfen (s. 10.6). Durch die Kodierung fehlender Antworten mit der Zahl -999 zeigte bereits die Übertragung in das Datenblatt, dass nur eine geringe Zahl an Lernenden ihre Antworten in Aufgabe 2 begründeten. Lediglich elf Lernende haben im Vortest für alle Items eine Begründung gegeben, im Nachtest waren dies zwölf Lernende. Hinzu kommt, dass sich einige dieser Antworten nicht auf den fachlichen Inhalt beziehen, sondern eher die Vermutung nahe legen, dass die Lernenden die Aufgaben nicht ernsthaft bearbeitet haben. Zwar wurden die gegebenen Antworten in den Kodierungsplan aufgenommen und nummeriert, aufgrund der geringen Antwortquote wurde die Aufgabe jedoch aus der Bewertung ausgeschlossen.
Bereits in Kapitel 4.4.2 wurde darauf hingewiesen, dass die Testdurchführung in einer der Lerngruppen sehr unruhig verlief und einige Lernende den Test sehr früh beendeten. In der Übertragung der Daten fiel dabei ein Nachtest dieser Lerngruppe auf, in welchem nur die ersten Aufgaben beantwortet wurden. Es kann dabei die Annahme getroffen werden, dass die restlichen Aufgaben aufgrund fehlenden Interesses nicht bearbeitet wurden, um den Test frühzeitig zu beenden, zumal der Vortest keine Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Leistung aufweist. Dieser Test wurde ebenfalls aus der Auswertung ausgeschlossen. Statt der vorherigen Probandenzahl von 76 Schülerinnen und Schülern bezieht sich die Auswertung somit auf 75 Lernende. Während die Testgruppe weiterhin durch $n = 40$ Schülerinnen und Schüler gebildet wird, ist die Kontrollgruppe auf $n = 35$ Lernende reduziert, im Vergleich zur Darstellung in Abbildung 8. Die Aufteilung der Probanden ist in 1 aufgeführt. Wie auch dem Kodierungsplan zu entnehmen ist, wurden Aufgaben, welche

Geschlecht

Gruppe			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Testgruppe	Gültig	w	15	37,5	37,5	37,5
		m	25	62,5	62,5	100,0
		Gesamt	40	100,0	100,0	
Kontrollgruppe	Gültig	w	20	57,1	57,1	57,1
		m	15	42,9	42,9	100,0
		Gesamt	35	100,0	100,0	

Tabelle 1: Korrigierte Verteilung der Probanden in Test- und Kontrollgruppe.

Distraktoren enthalten, in diesem Fall Aufgabe 4 und 5, dichotomisiert. Dadurch wurde ihnen im Datenblatt die Ziffer 1 zugeordnet, wenn die Aufgabe richtig beantwortet wurde und die 0 zugeordnet, wenn falsche Distraktoren gewählt wurden. Dies bedeutet zwar einen Informationsverlust, Ziel dieser Untersuchung ist jedoch nicht, die zugrundeliegenden Fehlvorstellungen zu analysieren, sondern das korrekte Wissen zu prüfen (vgl. Rost 2004: 83). Zur Auswertung von Aufgabe 1 ist anzumerken, dass einige Lernende mehrere Antwortmöglichkeiten ausgewählten. Da hier keine ge-

nerelle Empfehlung zum Umgang besteht, wurde die Dichotomisierung so vorgenommen, dass nur Antworten als richtig gewertet wurden, die einzig die korrekte Antwort auswählen (vgl. Rost 2004: 84).
Durch die Kodierung der Antworten von Fragen und Aufgaben entstand ein erstes Datenblatt, mit dem die Auswertung durchgeführt werden konnte. Hierbei wurde zunächst die deskriptive Statistik genutzt, um die Fragen zur Erfahrung mit Erklärvideos und die Rückmeldung zum Video auszuwerten sowie eine weitere Beschreibung der Probandengruppen vornehmen zu können. Zur weiteren Auswertung wurde das Datenblatt[3] dahingehend verändert, dass fehlende Antworten und die Auswahl „weiß nicht“ ebenfalls als falsch kodiert wurden, da dies nach Rost (2004) die Auswertung erleichtert(vgl Rost 2004: 87).
Zur Untersuchung der Gütekriterien wurde zunächst die Reliabilität geprüft. Im Anschluss wurde die Normalverteilung der Ergebnisse aus Vor- und Nachtest für die Test- und Kontrollgruppe geprüft. Die Ergebnisse der Tests wurden dabei durch die Addition der als richtig bewerteten Items ermittelt. Da sich einzig für den Vortest der Testgruppe eine Normalverteilung ergab, wurden zur Prüfung der Hypothesen nicht-parametrische Testverfahren gewählt. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Auswertung von Vor- und Nachtest präsentiert.

[3]Die dabei entstandenen Datenblätter sind in der beiliegenden DVD dieser Arbeit aufgeführt. Zur weiteren Auswertung wurde Datenblatt 2 genutzt.

5 Design der Erklärvideos

Im Folgenden wird die Erstellung der eingesetzten Erklärvideos beschrieben. Wie bereits aus Kapitel 2.4 hervorgeht, wurde der elektrische Stromkreis als Thema der Erklärvideos ausgewählt. Genauer sollen hier zwei zentrale Fragen beantwortet werden. Dies ist zum einen die Frage nach dem *Stromverbrauch*, wodurch eine der in Kapitel 2.4.4 dargestellten und weit verbreiteten Schülerfehlvorstellung aufgegriffen wird. Hierzu soll dargestellt werden, was unter dem Begriff des elektrischen Stroms zu verstehen ist, nämlich die Bewegung von Ladungsträgern. Zum anderen soll das Video den Begriff der Stromstärke erläutern, welche, wie ebenfalls in Kapitel 2.4.4 aufgeführt, häufig nicht von der elektrischen Spannung unterschieden und als konstante Eigenschaft des elektrischen Stroms angesehen wird.
Wie bereits im vorherigen Kapitel 4 beschrieben, werden zwei Gruppen im Sinne einer Interventionsstudie untersucht. Hierbei wird der Testgruppe ein Video gezeigt, welches nach den Kriterien minimalistischer Erklärungen und Erklärvideos entstanden ist. Der Kontrollgruppe hingegen wird ein Erklärvideo gezeigt, welches diese Aspekte nicht berücksichtigt und dementsprechend nicht als minimalistisch angesehen werden kann. Neben den erstellten Skripten beider Videos werden im Folgenden Überlegungen zu Zielgruppe, dem fachlichen Inhalt sowie dessen Darstellung durch Analogien und Animationen beschrieben.

5.1 Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion des fachlichen Inhalts

Zur Thematisierung physikalischer Themen im Unterricht müssen diese angemessen aufbereitet werden. Kircher (2015) bezeichnet dies nach Grüner (1967) als *didaktische Reduktion*, oder auch Elementarisierung (vgl. Kircher 2015: 108). Diesem Prinzip zufolge werden reale oder theoretische Konstrukte in Sinneinheiten geteilt, von welchen nur diejenigen Einfluss auf die didaktische Rekonstruktion erhalten, welche für die Ziele des Unterrichts, beziehungsweise in diesem Fall des Erklärvideos, relevant sind. Die *didaktische Rekonstruktion* bezeichnet dann die Zusammenführung der Sinneinheiten zu einer Struktur, welche den drei Kriterien der Rekonstruktion genügt (vgl. Kircher 2015: 108). Hier ist zunächst das Kriterium „schülergerecht“ zu nennen. Demnach sind für die didaktische Reduktion die individuellen Vorkenntnisse, aber auch Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen (vgl. Kircher 2015: 112). Das Kriterium „fachgerecht“ lässt sich in zwei Aspekten betrachten. Zunächst sollten die dargebotenen Inhalte natürlich fachlich korrekt sein, im Sinne einer Elementarisierung sind hier jedoch auch Modelle und Analogien zulässig, die nur in Teilaspekten mit der physikalischen Theorie übereinstimmen oder diese abbilden können. Dennoch müssen sie in fachlicher Hinsicht erweiterbar sein, sodass die Lernenden nicht in jedem Schuljahr neue Modelle und entsprechendes Wissen erwerben müssen, sondern an die bereits vorhandenen anknüpfen können (vgl. Kircher 2015: 111f). Das dritte Kriterium ist, dass die didaktische Rekonstruktion „zielgerecht“ sein muss. Die Inhalte in Physik und Schulphysik unterscheiden sich demnach nicht nur durch unterschiedlich abstrakte Darstellungen, sondern auch dadurch, dass sie unterschiedliche Ziele verfolgen. Nach Kircher (2015) sind es auch diese Ziele, die die Möglichkeiten

der Elementarisierung bestimmen (vgl. Kircher 2015: 113). Um die Elementarisierung vorzunehmen, kann der Inhalt durch unterschiedliche Maßnahmen reduziert werden. Dies kann beispielsweise die Fokussierung auf das Ziel der Einheit sein, aber auch durch die Beschränkung auf Phänomene, auf qualitative Aspekte oder auf geltende Regeln. Teil dieser Verfahren sind des Weiteren die bildhafte Darstellung, die die kognitiven Verarbeitung der Inhalte vereinfachen können, sowie die Analogiebildung (vgl. Wiesner u. a. (2011: 72f); Kircher (2015: 112)).
Bereits mehrfach wurde darauf hingewiesen, dass die reine Rezeption eines Erklärvideos nicht zwingend zu einem Lernprozess führt, zumal die dargestellten Informationen im Rahmen dieser Untersuchung durch keine Aufgaben weiter verarbeitet werden. Als Ziel der hier erstellten Videos wurde das Ziel festgelegt, deklaratives Fachwissen zu vermitteln, was dem Kompetenzbereich des Fachwissens entspricht. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die Videos ausreichend sind um inhaltsbezogene Kompetenzen aufzubauen, was bedeuten würde, dass die Lernenden das Wissen auch auf andere Kontexte übertragen können. Im Sinne der Vermittlung deklarativen Wissens sollen die Schülerinnen und Schüler nach der Rezeption des Videos in der Lage sein, die Alltagsformulierung des „Stromverbrauchs“ als physikalisch falsch einzuordnen sowie elektrischen Strom als Bewegung von Ladungsträgern zu definieren und die Bedingung eines geschlossenen Stromkreises für diesen zu erkennen. Des Weiteren sollen sie den Systemcharakter des Stromkreises erkennen, in welchem die Stromstärke, als Menge der Ladungsträger die sich in einem Zeitintervall durch einen Querschnitt des Leiters bewegen, an jedem Punkt gleich ist. Dementsprechend wurden Aspekte wie das Bändermodell, der atomare Aufbau von Kupfer oder auch die Spannung in den Videos nicht berücksichtigt, da diese sowohl als nicht dem Ziel zuträglich angesehen werden, als auch als nicht schülergerecht hinsichtlich des Vorwissens und der bereits bestehenden mentalen Modellen der Lernenden.
Die Zielgruppe wird im folgenden Abschnitt 5.1.1 betrachtet. Auch die im Rahmen der Rekonstruktion ausgewählten Analogien und Darstellungen werden in den folgenden Kapiteln 5.1.2 und 5.1.3 dargestellt.

5.1.1 Zielgruppe

Nach dem Bremer Bildungsplan für die Oberschule wird der elektrische Strom in den Klassen fünf und sechs unter dem Rahmenthema *Elektrische Energie nutzen* erstmals eingeführt (vgl. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 9). Hierbei stehen besonders elektrische Geräte im Haushalt sowie die elektrische Energieversorgung im Fokus. Außerdem sollen Modellbildungen zum „Kreislauf“ und der „bewegten elektrischen Ladung“ (vgl. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010: 19) angeregt werden. Bereits in Kapitel 2.4.3 wurde hierzu eine Sachstrukturanalyse in Abgleichung mit der Darstellung eines Schulbuchs aufgezeigt.
Gemäß Bildungsplan soll den Lernenden des siebten Jahrgangs der Stromkreis als System mit Energieübertragung bekannt sein, ebenso wie sie beispielsweise zwischen Leitern und Nichtleitern unterscheiden können sollen. In einer Rücksprache mit den Lehrkräften der teilnehmenden Klassen wurde jedoch bestätigt, dass der elektrische Stromkreis zwar zu Beginn des vorangegangenen Schuljahres behandelt wurde, im Unterricht jedoch seitdem nicht mehr thematisiert wurde. Es wird

dementsprechend davon ausgegangen, dass kein gemeinsames Vorwissen bei allen Teilnehmenden vorausgesetzt werden kann. Die Erklärvideos sollen dementsprechend ohne ein notwendiges aktives Vorwissen rezipierbar sein. Ein eventuell vorhandenes Vorwissen der Lernenden wird durch die Vortests vor der Rezeption abgefragt.

5.1.2 Auswahl geeigneter Analogien

Für die Videos wurden zwei der in Kapitel 2.4.5 dargestellten Analogien ausgewählt. Zum einen die Analogie der Fahrradkette, welche sich auch nach Wilhelm und Hopf (2018) am Besten eignet, um die Energieübertragung darzustellen (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 121). Durch diese Analogie wird auch der Systemcharakter des Stromkreises deutlich, was wiederum einen Einfluss auf die Vorstellung haben kann, dass viele Schülerinnen und Schüler oftmals annehmen, dass die Stromstärke nicht im gesamten Stromkreis gleich wäre. Eine alternative Analogie stellt der starre Elektronenring dar. Vorteil dieser Analogie ist es jedoch, dass Lernende durch das haptische Bewegen des Rings selbst den Antrieb und auch den Widerstand darstellen können, was durch die Rezeption des Videos nicht gegeben ist. Die Analogie zur Fahrradkette entspricht dabei den in Abschnitt 5.1 dargestellten Kriterien der didaktischen Rekonstruktion. Sie ist schülergerecht, da angenommen werden kann, dass die Fahrradkette allen Lernenden aus ihrem Alltag bekannt ist und somit auf vorhandenes Wissen aufgebaut werden kann. Sie ist außerdem fachgerecht, da zwar nicht der gesamte elektrische Stromkreis durch die Fahrradkette beschrieben und nachvollzogen werden kann, sie ist aber dazu geeignet, den Systemcharakter des Stromkreises und die Bewegung der Elektronen richtig darzustellen. Hierdurch ist sie ebenfalls zielgerecht, da die Vermittlung dieser Eigenschaften des elektrischen Stroms zu den Zielen der Erklärvideos zählen.
Als Analogie zur elektrischen Stromstärke gilt das Elektronengasmodell als bewährt (vgl. Wilhelm und Hopf 2018: 121). Vorteil dieser Analogie liegt besonders in der Darstellung der Spannung, was zwar die Voraussetzung erfüllen würde, dass Analogien und Modelle erweiterbar sein sollten, sie wäre jedoch nicht zielgerecht, da die Spannung im Video nicht thematisiert wird, und auch nicht schülergerecht. Es wird davon ausgegangen, dass Wissen zum Verhalten von Gasen vorhanden sein muss, was in diesem Fall nicht vorausgesetzt werden kann. Zwar können hierzu einfache Versuche durchgeführt werden, wie etwa das Pusten durch unterschiedliche Stoffe, um Widerstand und Stromstärke nachvollziehbar zu machen, dies ist jedoch im Rahmen der alleinigen Videobetrachtung nicht möglich. Auch eine Anwendung der Wasserkreislaufanalogie wäre nicht schülergerecht, da nicht vorausgesetzt werden kann, dass hier ausreichend Wissen beziehungsweise bereits ein mentales Modell seitens der Lernenden besteht, an das angeknüpft werden kann. Dementsprechend sollte eine Analogie entwickelt werden, bei welcher die Bewegung von Menschen betrachtet wird. Hier wurde zunächst eine Laufbahn angenommen, auf welcher die Zahl der Laufenden gezählt wird, die an einer anderen Person vorbei laufen beziehungsweise eine Linie passieren. Diese wurde jedoch aus zwei Gründen modifiziert. Zum einen erwies sich die Darstellung dieser Szene bereits in der Vorbereitung der Videoproduktion als schwer umsetzbar. Zum anderen wird erläutert, dass die Stromstärke von der Menge der Elektronen abhängig ist, welche einen Querschnitt des Leiters passieren. Bei zuvor weitestgehend unbekannten Probanden der Untersuchung

kann nicht davon ausgegangen werden, dass ihnen der Begriff des Querschnitts geläufig ist. Da ein Querschnitt besser mit einem Tor vergleichbar ist als mit einer Linie, wird in der Analogie von Menschen ausgegangen, die ein Tor eines Parks durchqueren. Die Menge der Menschen wird dabei von einem Parkwächter gezählt. Zwar ist diese Analogie nur bedingt erweiterbar, wird aber als wesentlich angemessener in Hinsicht auf Wissen und Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler angesehen, als das Elektronengasmodell oder der Wasserkreislauf.

5.1.3 Auswahl geeigneter Darstellungen und Animationen

Insbesondere zur Darstellung der Analogie zwischen sich bewegenden Elektronen und der Fahrradkette, sowie der Darstellung der Elektronen im Leiter bei der Messung der Stromstärke, wurden Animationen verwendet. Diese werden von Betrancourt und Tversky (2002) definiert als

> „computer animation refers to any application which generates a series of frames, so that each frame appears as an alteration of the previous one, and where the sequence of frames is determined either by the designer or the user“ (Betrancourt und Tversky (2002) nach Betrancourt (2005: 288).

Da die Betrachter von Erklärvideos keinen Einfluss auf diese haben, werden Darstellung und Geschwindigkeit der Animationen in diesem Fall nur durch den Designer des Videos festgelegt. Vorteil von Animationen gegenüber statischen Bilder ist, dass sie dynamische Prozesse darstellen können, die im realen Raum nicht zu beobachten wären. Dies trifft auch auf den hier thematisierten elektrischen Stromkreis zu, dessen Prozess nicht sichtbar ist. Auch im Hinblick auf die Analogie unterstützen Animationen dabei die eigene Entwicklung einer mentalen Repräsentation bei den Lernenden (vgl. Betrancourt 2005: 288). Zwar führt Betrancourt (2005) an, dass es oftmals keine Vorteile von Animationen gegenüber statischen Bildern gibt und sie außerdem eine hohe kognitive Kapazität in Anspruch nehmen, der Einsatz der Erklärvideos entspricht aber den beiden Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen, um einen gewinnbringenden Einsatz von Analogien umzusetzen. Zum einen ist die Bewegung der Elektronen ein dynamischer Prozess, der statisch nur bedingt dargestellt werden könnte, zum anderen wird hier davon ausgegangen, dass bei den Adressaten kein Vorwissen besteht, aus welchem ein kognitives Modell erstellt werden, oder dass an ein bestehendes Modell angeknüpft werden kann (vgl. Betrancourt 2005: 293). Zur Darstellung von Haushaltsgegenständen wurden in der Einleitung des Videos beispielsweise keine Animationen, abgesehen von der Animierung ihrer Erscheinung im Bild, verwendet, da diese keinen Mehrwert für die kognitive Verarbeitung geleistet hätten, und stattdessen mehr kognitive Prozesse benötigen würden.
Um die Erstellung des Stromkreises zu visualisieren wurden statische Bilder verwendet, die durch einen Übergang ineinander animiert wurden. Alternativ wäre es hier möglich gewesen, ein Video vom Aufbau zu nutzen. Zum einen würde dies jedoch mehr Zeit in Anspruch nehmen, zum anderen würde es möglicherweise den Fokus der Betrachter des Videos auf die Hand, welche die Bauteile durch Kabel verbindet, legen und somit vom eigentlichen Inhalt ablenken. Dies entspricht den

Ergebnissen einer Studie von Schroeder und Traxler (2017), welche nachwiesen, dass Lernende, welche ein Video sehen, in dem keine erklärende Person oder eine weisende Hand zu sehen ist, bessere Ergebnisse in einem anschließenden Test erzielen als Lerner, die ein Video rezipieren, in dem eine Person zu sehen ist (vgl. Schroeder und Traxler 2017: 275). Aus diesem Grund wurde im gesamten Video auf das visuelle Erscheinen einer erklärenden Person verzichtet. Hinsichtlich des elektrischen Stromkreises wurde außerdem darauf verzichtet, diesen in einer physikalischen Darstellung mittels Schaltplan zu visualisieren. Einerseits kann nicht vorausgesetzt werden, dass die Rezipienten die Symbole bereits kennen, weshalb diese erklärt werden müssten, was wiederum zeitliche und kognitive Kapazität benötigt. Andererseits ist das Wissen über die Darstellung im Schaltplan nicht von elementarer Bedeutung hinsichtlich der Frage nach dem Verbrauch von Strom oder dem Verständnis von Stromstärke.
Aus Gründen der Umsetzbarkeit wurde in der Analogie des Parkwächters darauf verzichtet, beispielsweise die Gäste dynamisch abzubilden. Da der inhaltliche Fokus hier jedoch auf der Anzahl der Gäste liegt und angenommen wird, dass auch durch sprachliche Beschreibung deutlich wird, dass diese sich durch das Tor bewegen, ist eine dynamische Animation der Gäste nicht notwendig. Sie würde keine kognitive Aktivität fördern.
Übergänge zwischen den Sequenzen des Videos und das Aufzeigen einzelner Bilder, wie der bereits genannten Haushaltsgegenstände, wurden im Video animiert. Dies soll die Aufmerksamkeit der Lernenden fördern, da beispielsweise Betrancourt (2005) darstellt, dass „attractive and intrinsically motivating“ (Betrancourt 2005: 293) sind.
Die in den Videos eingesetzten Fotos wurden zum Teil selbst erarbeitet, ein anderer Teil wurde durch Bilddatenbanken wie beispielsweise `https://pixabay.com/de/` bezogen. Andere Abbildungen wie die Darstellung von Elektronen im Kabel oder auch die Grafik zur Zusammenfassung folgen dem Beispiel von Burde (2018), da diese bereits im Unterricht erprobt sind und als geeignet scheinen, um die Modellbildung der Lernenden zu unterstützen. Die Erstellung wird im Kapitel zur Umsetzung der Erklärvideos 5.3 noch einmal aufgegriffen.

5.2 Skripte der Erklärvideos

Als Leitfaden beider Videos wurden zwei Leitfragen bestimmt. Dies ist zum einen die Frage, ob Strom verbraucht wird, zu deren Beantwortung erläutert werden soll, was unter dem Begriff *Strom* zu verstehen ist. Zum anderen die Frage, was unter der Stromstärke zu verstehen ist. Wie zu Beginn des Kapitels beschrieben, orientieren sich diese an häufigen Schülerfehlvorstellungen. Zur Erstellung der Videos wurden zunächst zwei Skripte erstellt, aufgeführt in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2, welche aufführen, was im Video durch den Sprecher erläutert wird. Durch die Skripte wird in den Videos zunächst die Frage nach dem Stromverbrauch aufgeworfen, welche im Anschluss durch die Beschreibung des Aufbaus der Kupferkabel und der Elektronen als Leiter von Energie beantwortet wird. Hier wird auch die Analogie zur Fahrradkette aufgeführt. Eine erste Zusammenfassung stellt in beiden Videos den einfachen Stromkreis noch einmal schematisch dar. Im zweiten Teil der Videos wird beantwortet, was unter dem Begriff der *Stromstärke* zu verstehen ist. Während das Video der Testgruppe die Analogie zum Parkwächter aufgreift und eine weitere abschließende Zusammen-

fassung gibt, weist das Video der Kontrollgruppe zusätzliche Informationen, etwa hinsichtlich der Messung der Stromstärke sowie der Beschreibung von Parallel- und Reihenschaltungen auf. Im Folgenden sind die Skripte beider Videos aufgeführt. Ein detaillierterer Vergleich beider Videos, sowohl auf sprachlicher, als auch auf visueller Ebene, ist in Kapitel 5.4 aufgeführt.

5.2.1 Skript des minimalistischen Videos

Diese Geräte benutzen wir alle sehr häufig in unserem Alltag. Und sie alle benötigen Strom, um zu funktionieren. Aber was ist Strom überhaupt?
Unter Strom verstehen wir in der Physik die Bewegung von Elektronen in einem Stromkreis, bei der Energie übertragen wird. Durch diese Energie kann zum Beispiel eine Lampe leuchten. Um das zu verstehen, machen wir ein paar Schritte zurück und sehen uns erst einmal einen elektrischen Stromkreis an. Um ein elektrisches Gerät, wie diese Lampe, benutzen zu können, brauchen wir einen geschlossenen Stromkreis.
Hier ist ein einfaches Beispiel:
Wir brauchen eine Energiequelle, wie zum Beispiel diese Batterie, und ein elektrisches Gerät, wie diese Lampe. Der Plus- und Minuspol der Batterie müssen mit den Kontakten der Lampe verbunden sein. Wir benutzen zwei Kabel, um die Batterie und die Lampe zu verbinden. Durch diese Verbindung ist der Stromkreis geschlossen. Aber warum muss der Stromkreis geschlossen sein?
In den Kabeln, der Energiequelle und der Lampe befindet sich Metall. In diesem Metall sind Elektronen, die sich frei bewegen können. Materialien mit beweglichen Elektronen nennen wir elektrische Leiter. Metalle sind also elektrische Leiter, denn sie leiten die Elektronen. Ist der Stromkreis geschlossen, können sich die Elektronen durch die elektrischen Leiter im gesamten Stromkreis bewegen. Du kannst dir die Bewegung der Elektronen so ähnlich vorstellen wie bei einer Fahrradkette. Wenn du in die Pedale trittst, dann fangen alle Kettenglieder gleichzeitig an sich zu bewegen. Dabei übertragen die Kettenglieder Energie von deinen Beinen auf das Hinterrad und du fährst mit dem Fahrrad los. Sind die Kettenglieder am Hinterrad vorbei gelaufen, bewegen sie sich wieder zu den Pedalen. Hier bist also du die Energiequelle, weil du die Pedale trittst. So ähnlich ist es auch bei unserem Stromkreis. Hier ist die Energiequelle eine Batterie, das Hinterrad ist die Lampe und die Kettenglieder sind die Elektronen. Ist der Kreis geschlossen, wie eine Fahrradkette, schiebt die Batterie die Elektronen an. Sie beginnen alle gleichzeitig sich gemeinsam im Kreis zu bewegen. Dabei strömen die Elektronen durch den Stromkreis und übertragen Energie von der Batterie auf die Lampe. Durch diese Energie beginnt die Lampe zu leuchten. Wie bei der Fahrradkette auch, bewegen sich die Elektronen natürlich auch weiter im Kreis, wenn sie durch die Lampe geströmt sind. Sie strömen also wieder zur Batterie zurück. Diese Bewegung der Elektronen ist das, was wir als „Strom“ bezeichnen, denn sie strömen durch den Stromkreis. Daher kommt der Begriff Strom.
Am Vergleich mit der Fahrradkette siehst du auch, dass wir den Strom nicht verbrauchen. Wie die Kettenglieder an der Fahrradkette, die das Hinterrad umlaufen und wieder zu den Pedalen zurückkehren, strömen auch die Elektronen nach der Lampe wieder zur Batterie. Die Elektronen werden also nicht verbraucht und auch der Strom, die Bewegung der Elektronen, wird nicht verbraucht. Aus physikalischer Sicht ist es also falsch, wenn wir sagen, dass wir das Licht ausmachen um weniger Strom zu verbrauchen. Wir können den Strom nicht verbrauchen. Wir können aber verhindern, dass Energie übertragen wird, wenn wir das Licht ausmachen.
Fassen wir das kurz zusammen:
Damit wir ein elektrisches Gerät, wie eine Lampe, nutzen können, brauchen wir eine Energiequelle, wie eine Batterie, und einen geschlossenen Stromkreis. Die Energiequelle sorgt dafür, dass die Elek-

tronen, die sich im gesamten Stromkreis befinden, im Kreis strömen. Dabei übertragen sie Energie von der Energiequelle auf die Lampe, die dann leuchtet. Dabei wird kein Strom verbraucht. Die Elektronen bewegen sich weiter im Stromkreis.

Wie schnell sich die Elektronen im Stromkreis bewegen, sagt uns, wie groß die Stromstärke in einem Stromkreis ist. Die Stromstärke hat nichts mit der Kraft der Elektronen zu tun, sondern mit ihrer Bewegung. Sie gibt an, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch den Querschnitt eines elektrischen Leiters bewegen. Aber was heißt das genau?

Stell dir vor, ein Parkwächter steht vor einem Eingangstor und zählt, wie viele Gäste an einem Tag durch das Tor in den Park gehen. Die Zahl der Gäste ist die Stromstärke. Gehen viele Gäste durch das Tor, ist die Stromstärke hoch. Gehen wenige Gäste in der gleichen Zeit durch das Tor, ist die Stromstärke niedrig. In einem Stromkreis übernimmt ein Messgerät die Aufgabe des Parkwächters. Die Gäste sind hier Elektronen, die sich nicht durch ein Tor, sondern den Querschnitt des Leiters bewegen. Natürlich können wir die Stromstärke messen. Ein Messgerät kann messen, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch den Querschnitt bewegen.

Fassen wir das noch einmal zusammen:

In einem geschlossenen Stromkreis bewegen sich Elektronen. Sie übertragen Energie von der Energiequelle zum elektrischen Gerät. Dabei wird kein Strom verbraucht. Die Stromstärke gibt an, wie viele Elektronen in einer Sekunde durch einen Querschnitt des elektrischen Leiters strömen.

5.2.2 Skript des Kontrollvideos

Diese Geräte benutzen wir alle sehr häufig in unserem Alltag. Und sie alle benötigen Strom, um zu funktionieren. Aber was ist Strom überhaupt?

In der Physik verstehen wir unter Strom die Bewegung von Elektronen in einem Stromkreis. Bei der Bewegung wird Energie transportiert. Durch diese Energie kann zum Beispiel eine Lampe leuchten. Um das zu verstehen, machen wir ein paar Schritte zurück und sehen uns erst einmal einen elektrischen Stromkreis an. Um ein elektrisches Gerät, wie diese Lampe, benutzen zu können, brauchen wir einen geschlossenen Stromkreis.

Hier ist ein einfaches Beispiel:

Wir brauchen eine Energiequelle, wie zum Beispiel diese Batterie, und ein elektrisches Gerät, wie diese Lampe. Der Plus- und Minuspol der Batterie müssen mit den Kontakten der Lampe verbunden sein. Wir benutzen zwei Kabel aus Kupfer, um die Energiequelle und die Lampe zu verbinden. Durch diese Verbindung ist der Kreis geschlossen. Aber warum muss der Stromkreis geschlossen sein?

In den Kabeln, der Energiequelle und der Lampe befindet sich Metall. Das Metall besteht aus Atomrümpfen. Sie sind positiv geladen und können sich nicht bewegen. Du siehst sie hier in rot. Dazwischen sind Elektronen, die sich frei bewegen können. Elektronen sind negativ geladen. Du siehst sie in blau. Materialien, in denen ein Teil der Elektronen frei beweglich sind, nennen wir elektrische Leiter. Metalle sind also elektrische Leiter, denn sie leiten die beweglichen Elektronen. Ist der Stromkreis geschlossen, können sich die Elektronen durch die Leiter bewegen. Du kannst dir die Bewegung der Elektronen so ähnlich vorstellen, wie bei einer Fahrradkette. Wenn du in die

Pedale trittst, dann fangen alle Kettenglieder gleichzeitig an sich zu bewegen. Dabei wird Energie von deinen Beinen auf das Hinterrad übertragen und du fährst mit dem Fahrrad los. Sind die Kettenglieder am Hinterrad vorbei gelaufen, bewegen sie sich wieder zu den Pedalen. Hier bist also du die Energiequelle, weil du die Pedale trittst. So ähnlich ist es auch bei unserem Stromkreis. Hier ist die Energiequelle eine Batterie, das Hinterrad ist die Lampe und die Kettenglieder sind die Elektronen. Ist der Kreis geschlossen, wie eine Fahrradkette, schiebt die Batterie die Elektronen an. Sie beginnen alle gleichzeitig sich gemeinsam im Kreis zu bewegen. Dabei strömen sie durch den Stromkreis und übertragen Energie von der Batterie auf die Lampe. Die elektrische Energie, die durch die Elektronen transportiert wird, wird dann in Strahlungsenergie und Wärmeenergie umgewandelt. Dadurch beginnt die Lampe zu leuchten. Wie bei der Fahrradkette auch, bewegen sich die Elektronen natürlich auch weiter im Kreis, wenn sie durch die Lampe geströmt sind. Sie strömen also wieder zur Batterie zurück. Diese Bewegung der Elektronen ist das, was wir als „Strom“ bezeichnen, denn sie strömen durch den Stromkreis. Strom, bei dem sich, wie hier, die Elektronen im Kreis bewegen, nennt sich Gleichstrom. Schließen wir zuhause ein elektrisches Gerät an eine Steckdose, nutzen wir keinen Gleichstrom, sondern Wechselstrom. Dabei bewegen sich die Elektronen nicht im Kreis, sondern ändern sehr schnell ihre Richtung. Wir würden in dieser Abbildung nur sehen, dass die Elektronen schnell hin und her zucken. Am Vergleich mit der Fahrradkette siehst du auch, dass wir den Strom nicht verbrauchen. Wie die Kettenglieder an der Fahrradkette, die das Hinterrad umlaufen und wieder zu den Pedalen zurückkehren, strömen auch die Elektronen nach der Lampe wieder zur Batterie. Die Elektronen werden also nicht verbraucht und auch der Strom wird nicht verbraucht. Aus physikalischer Sicht ist es also falsch, wenn wir sagen, dass wir das Licht ausmachen um weniger Strom zu verbrauchen. Wir können den Strom nicht verbrauchen. Wir können aber verhindern, dass elektrische Energie übertragen und umgewandelt wird.

Fassen wir das kurz zusammen:

Damit wir ein elektrisches Gerät, wie eine Lampe, nutzen können, brauchen wir eine Energiequelle, wie eine Batterie, und einen geschlossenen Stromkreis. Die Energiequelle sorgt dafür, dass die Elektronen, die sich im gesamten Stromkreis befinden, im Kreis strömen. Dabei übertragen sie Energie von der Batterie auf die Lampe, die dann leuchtet. Dabei wird kein Strom verbraucht. Die Elektronen bewegen sich weiter im Stromkreis.

Wie schnell sich die Elektronen im Stromkreis bewegen, sagt uns, wie groß die Stromstärke ist. Die Stromstärke hat nichts mit der Kraft der Elektronen zu tun, sondern mit ihrer Bewegung. Sie gibt an, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters bewegen. Aber was heißt das genau?

Stell dir vor, ein Parkwächter steht vor einem Eingangstor und zählt, wie viele Gäste an einem Tag durch das Tor in den Park gehen. Die Anzahl der Menschen die durch das Tor gehen ist die Stromstärke. Gehen viele Gäste durch das Tor, ist die Stromstärke hoch. Gehen wenige Gäste in der gleichen Zeit durch das Tor, ist die Stromstärke niedrig. In einem Stromkreis übernimmt ein Messgerät die Aufgabe des Wächters. Die Gäste sind hier Elektronen, die sich nicht durch ein Tor, sondern den Querschnitt des Leiters bewegen. Da sich die Elektronen viel schneller als Menschen bewegen, zählt das Gerät nicht, wie viele Elektronen sich an einem Tag durch den Querschnitt bewegen, sondern wie viele sich in einer Sekunde durch den Querschnitt bewegen. Bewegen sich

viele Elektronen in einer Sekunde durch den Querschnitt, ist die Stromstärke hoch. Bewegen sich wenige Elektronen in einer Sekunde durch den Querschnitt, ist die Stromstärke niedrig. Die Einheit für die Stromstärke ist Ampere. Beträgt die Stromstärke in einem Stromkreis ein Ampere, fließen etwa 6 Trillionen Elektronen pro Sekunde durch den Querschnitt. Natürlich können wir die Stromstärke messen.

Sehen wir uns das in unserem schon bekannten Versuch an: Wir haben nun wieder eine Energiequelle, ein elektrisches Gerät und diesmal auch ein Messgerät. Das Messgerät bauen wir zum Beispiel zwischen Batterie und Lampe ein. Die Bauteile werden wieder miteinander durch Kabel verbunden. Das Messgerät misst, wie viele Elektronen an dieser Stelle im Stromkreis vorbei strömen. In unserem Versuch zeigt das Messgerät eine Stromstärke von 0,24 Milliampere. Bestimmt kannst du dich erinnern, dass sich Elektronen wie eine Fahrradkette immer gemeinsam bewegen. Dadurch ist ihre Geschwindigkeit überall im Stromkreis gleich. Es ist egal, ob wir die Stromstärke vor oder hinter der Lampe messen. Es strömen immer gleich viele Elektronen durch. Die Stromstärke ist also überall gleich. Das gilt aber nur in unserem Versuchsaufbau, weil wir alle Bauteile nacheinander verbunden haben. Einen solchen Aufbau nennt man Reihenschaltung. Baut man in einem Stromkreis Verzweigungen ein, ist die Stromstärke nicht überall gleich. Der Stromkreis ist dann eine Parallelschaltung.

Fassen wir das noch einmal zusammen:

In einem geschlossenen Stromkreis bewegen sich Elektronen. Sie übertragen Energie von der Energiequelle zum elektrischen Gerät. Dabei wird kein Strom verbraucht. Die Stromstärke gibt an, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch einen Querschnitt des Leiters bewegen.

5.3 Umsetzung der Erklärvideos

Die in der Untersuchung eingesetzten Erklärvideos wurden auf Grundlage der in 5.2.1 und 5.2.2 dargestellten Skripte erstellt. Hierzu wurde zunächst ein tabellarisches Drehbuch geschrieben. Dieses ist im Anhang unter 10.4 aufgeführt. Ziel des Drehbuchs war es in erster Linie, einen Überblick zu ermöglichen, für welche Szenen Fotos der einfachen Stromkreise erstellt werden müssen. Da diese Übersicht zu Beginn der Videoerstellung erstellt wurde, entspricht sie dem ersten Entwurf des Videos der Testgruppe, welches zu einem späteren Zeitpunkt gekürzt wurde. Gleichzeitig wurden Textpassagen im Video der Kontrollgruppe hinzugefügt. Dementsprechend entspricht das Drehbuch nicht den endgültigen Videos, stellt jedoch einen wichtigen Schritt im Prozess der Videoerstellung dar. Die Aufnahmen des einfachen Stromkreises wurden separat für das Video der Testgruppe und der Kontrollgruppe aufgenommen. Während für ersteres Kabel in neutraler Farbe gewählt wurden, wurden im zweiten rote und blaue Kabel eingesetzt, wie sie häufig zur Unterscheidung von Plus- und Minuspol einer Energiequelle im Unterricht eingesetzt werden. Hierdurch sollen, entgegen den Empfehlungen zum Minimalismus in Erklärungen und Erklärvideos, zusätzliche Informationen durch das Bild übermittelt werden, als sie vom Sprecher gegeben werden.

Grundlage der Videoproduktion bildete das Programm *PowerPoint*, durch welches Bilder, Übergänge und Texteinblendungen eingearbeitet werden konnten. Neben den eigens aufgenommenen Bildern wurden auch lizenzfreie Bilder der Bilddatenbank `https://pixabay.com/de/` verwendet, welche

sowohl die eingangs aufgeführten Haushaltsgegenstände abbilden, aber auch genutzt wurden, um die Animation des Parkwächters innerhalb der Präsentation zu erstellen. Auch die Darstellung der Fahrradkette wurde einer entsprechenden Datenbank entnommen (s. Vandueren (2009)). Die Animation der Elektronen wurde des Weiteren innerhalb der Präsentation erstellt, wobei die Darstellung der Elektronen im Kabel einer Abbildung von Burde (2018) folgt, in welcher der Autor den atomaren Aufbau des Kupferkabels im Zuge der Einführung in die Elektrizitätslehre erläutert (vgl. Burde 2018: 1). Auch die Grafik zur Visualisierung der Zusammenfassung wurde der Arbeit Burdes entnommen und an die Wortwahl innerhalb des Erklärvideos angeglichen (vgl. Burde 2018: 2).
Anschließend an die Erstellung der Präsentation wurden die Szenen des Videos per Screencastprogramm *CamStudio* aufgenommen und mithilfe des *Windows MovieMakers* zusammengefügt. Die sequenzielle Aufnahme als Screencast bot die Möglichkeit, die Dauer einzelner Szenen der im Nachhinein eingesprochenen Dauer der Audioaufnahme anzugleichen.
Wie bereits beschrieben, wurden im Laufe der Erstellung der Videos unterschiedliche Veränderungen vorgenommen, wodurch die erstellten Videos nicht dem ursprünglichen Drehbuch im Anhang entsprechen. Diese Änderungen erfüllten den Zweck, dass zum einen das Video der Testgruppe den dargestellten Merkmalen des Minimalismus in Erklärvideos entspricht. Zum anderen wurden diese Korrekturen vorgenommen, um die Differenz zwischen beiden Videos zu erhöhen und minimalistische Merkmale aus dem Video der Testgruppe, aus dem der Kontrollgruppe zu entfernen. Durch den hier beschriebenen Prozess entstanden dabei die in der Untersuchung eingesetzten Videos, die in der beiliegenden DVD eingesehen werden können. Im Folgenden werden die Videos beider Gruppen miteinander verglichen, um die Merkmale des Minimalismus durch die Differenz zum Kontrollvideo zu verdeutlichen.

5.4 Gegenüberstellung beider Erklärvideos

Beide hier erstellten Videos folgen der gleichen Struktur. Beide beginnen, nach einer kurzen Einführung durch alltägliche elektrische Geräte, mit der Frage danach, was *Strom* ist. Hierbei wird in beiden Fällen die Rule-example-Strategie angewandt. Darauf folgt die Erläuterung anhand der Analogie einer Fahrradkette. Nach einer Zusammenfassung wird in beiden Videos, ebenfalls unter Verwendung der Rule-example-Strategie, die Stromstärke erläutert. Auch hier wird eine Analogie, die zu einem Parkwächter, angewandt. Beide Videos schließen mit einer weiteren Zusammenfassung an.
Während diese Struktur in beiden Videos vergleichbar ist, befolgt das Video, welches in der Testgruppe eingesetzt wird, die Merkmale eines minimalistisch gestalteten Videos (Video 1). Das Kontrollvideo hingegen wurde so modifiziert, dass diese Merkmale nicht berücksichtigt wurden (Video 2). Zunächst unterscheiden sich beide Videos in ihrer Länge. Während Video 1 eine Länge von 07:33 Minuten hat, beträgt die Dauer von Video 2 10:08 Minuten. Diese Unterschied ergibt sich aus zusätzlichen Informationen, die in Video 2 eingepflegt wurden und folgt des Weiteren der Annahme, dass ein längeres Video zu einer höheren kognitiven Belastung führt. Ein weiterer Unterschied beider Videos liegt in den verwendeten Bildern des Stromkreises. Während die Bilder in

Video 1 einen Stromkreis mit schwarzen Kabeln zeigen, sind in Video 2 rote und blaue Kabel zu sehen. Dies entspricht den häufig im Physikunterricht verwendeten Darstellungen, bei welchen die Kabel, die zu Plus- beziehungsweise Minuspol führen, durch unterschiedliche Farben dargestellt werden. Durch die Bilder in Video 2 werden somit Informationen übertragen, wie sie durch Text oder Sprache nicht bereitgestellt werden. Fokussieren sich die Lernenden auf diese Darstellungen, werden weitere kognitive Kapazitäten beansprucht, was der minimalistischen Darstellung widerspricht. Wie in Kapitel **hier muss noch eine ref rein** aufgeführt, kann auch die Sprachgestaltung zu erhöhter kognitiver Belastung führen. Auch in dieser Hinsicht wurden in Video 2 Änderungen vorgenommen. Wie dem Skript von Video 1 (s. 5.2.1) zu entnehmen ist, wurde hier auf die Herstellung von Kohäsion geachtet. Dabei werden Ausdrücke oder Teile eines Ausdrucks wiederholt, um zwischen den entsprechenden Absätzen eine Verbindung zu schaffen (vgl. Averintseva-Klisch 2013: 9). Gleichzeitig wird durch die Wiederaufnahme der Bezeichnungen eine Kohärenzrelation geschaffen, was sich auf die Verständlichkeit auswirkt und den Text nachvollziehbar macht. Während in Video 1 angeführt wird „Dabei strömen die Elektronen...“ (Zeile 25), müssen die Rezipienten in Video 2 den Bezug zu den Elektronen eigenständig herstellen, da hier angegeben wird „Dabei strömen sie ...“ (Zeile 84). Auch wurde in Video 1 vermehrt auf eine syntaktische Parallelität geachtet, bei welcher gleiche oder ähnliche Satzstrukturen genutzt werden. Dies soll die kognitive Belastung senken und entspricht somit minimalistischen Gestaltungsmerkmalen. Anders als Video 1 weist Video 2 des Weiteren keine durchgehende Verwendung von Begriffen wie „elektrischer Leiter“ oder „Energiequelle“ auf, sondern variiert beispielsweise zwischen „Energiequelle“ und „Batterie“. Sofern möglich, entspricht der Sprechertext in Video 1 der visuellen Darstellung, was minimalistischen Gestaltungsaspekten entspricht. In Video 2 besteht hier eine Diskrepanz beispielsweise in Hinsicht auf die Definition des elektrischen Stroms (Zeile 61f). Sowohl die auditive als auch die visuelle Information sind dabei fachlich korrekt und inhaltlich deckend, in der Formulierung jedoch nicht gleich. Für beide Videos wurde anhand der Skripte eine Textanalyse durchgeführt[4]. Diese Analyse ergab für beide Videos einen Lesbarkeitsindex von 66 nach der deutschen Flesch-Formel[5], wonach beide Texte als einfach einzuordnen sind. Auch das Kincaid-Grade Level stimmt in beiden Skripts mit einer 10 überein, wonach Schülerinnen und Schüler des zehnten Jahrgangs diese Texte verstehen können. Dabei enthält das Skript von Video 1 55 Füllwörter, während in Video 2 79 Füllwörter enthalten sind. Die Ergebnisse sind im Anhang unter 10.5 aufgeführt. Zwar wird in dieser Analyse von einem Lesetext ausgegangen und die Lesekompetenz der Adressaten kann nicht berücksichtigt werden (vgl. Kulgemeyer 2018a: 13). Dennoch kann diese Analyse aufzeigen, dass beide Videos, trotz der Variationen in Video 2, vergleichbar sind hinsichtlich ihrer sprachlichen Komplexität.
Neben den visuellen und sprachlichen Unterschieden wurde auch die Informationsmenge in Video 2 variiert gegenüber der minimalistischen Gestaltung. Für den Vergleichstest irrelevante Informationen, die in Video 1 nicht aufgeführt sind, sind die Umwandlung von Energie in Strahlungs- und Wärmeenergie (Zeile 84), die Angabe der Einheit der Stromstärke (Zeile 10-122) sowie die Beschreibung von Gleich- und Wechselstrom (Zeile 90-94) beziehungsweise Parallel- und Reihenschaltung (Zeile 133-135). Auch die Darstellung des Versuchs zur Messung der Stromstärke (Zeile 124-132)

[4]Die Analyse wurde mithilfe der Website `schreiblabor.com` durchgeführt
[5]Die Flesch-Formel berechnet einen numerischen Wert, der die Lesbarkeit von Texten einordnet

stellt eine irrelevante Information dar, da eine solche Messung in Vor- und Nachtests nicht thematisiert beziehungsweise verlangt wird. Entgegen der Empfehlung minimalistischer Gestaltung sind in Video 2 aber auch redundante Informationen enthalten, beispielsweise im Fall der Stromstärke. Hier wird in zwei Gelegenheiten die Bedeutung hoher und niedriger Stromstärke erläutert, wobei jedoch keine neuen Informationen dargestellt sind.
Zusammengefasst unterscheiden sich die Videos durch die bildhafte Darstellung der Stromkreise, die Menge der bereitgestellten Informationen und die sprachliche Gestaltung, wobei die Verständlichkeit beider Texte aber vergleichbar bleibt.

6 Ergebnisse

Die Fragen zur Erfahrung mit Erklärvideos zeigen, dass die Mehrheit der Lernenden in beiden Gruppen bereits Erklärvideos rezipiert haben. Wie Tabelle 2 zeigt, geben sowohl in der Test- als auch in Kontrollgruppe mehr als 90% der Lernenden an, bereits Erklärvideos gesehen zu haben. Wie in Abbildung 9 zu sehen, sind die Gründe der Probanden dabei unterschiedlich, wobei Mehrfachantworten möglich waren, was zu einer Gesamtprozentzahl von über 100% führt. Die häufigsten Gründe für das Sehen von Erklärvideos sind dabei aber mit 58.3%, dass die Lehrkraft ein Erklärvideo zeigte, sowie mit 55.6%, dass das Video einer Testvorbereitung diente. 30.6% der Lernenden nennen als Grund die Bearbeitung und 15.3% sahen bereits Erklärvideos aus Interesse am behandelten Thema. Weitere 8.3% der Probanden gaben weitere, im Test nicht aufgeführte Gründe an. Diese Gründe wurden als Neugier sowie, dass etwas nicht verstanden wurde und das Benötigen einer Anleitung benannt. Eine Abbildung der numerischen Häufigkeiten ist in Tabelle 15 aufgeführt.

Erfahrung[a]

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	39	97,5	97,5	97,5
	Nein	1	2,5	2,5	100,0
	Gesamt	40	100,0	100,0	

a. Gruppe = Testgruppe

Erfahrung[b]

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	33	94,3	94,3	94,3
	Nein	2	5,7	5,7	100,0
	Gesamt	35	100,0	100,0	

b.Gruppe = Kontrollgruppe

Tabelle 2: Häufigkeit in Anzahl und Prozent der Probanden, die bereits Erlärvideos gesehen haben in Testgruppe (a) und Kontrollgruppe (b).

Zwar sind die Gründe für das Sehen von Erklärvideos vielfältig, 50% der Lernenden geben aber an, diese weniger als einmal im Monat zu sehen, wie in Abbildung 10 dargestellt. 37.9% geben an, ein Mal pro Monat Erklärvideos zu sehen, während nur jeweils 4.5% einmal pro Woche und häufiger als einmal pro Woche diese ansehen (vgl. 16).

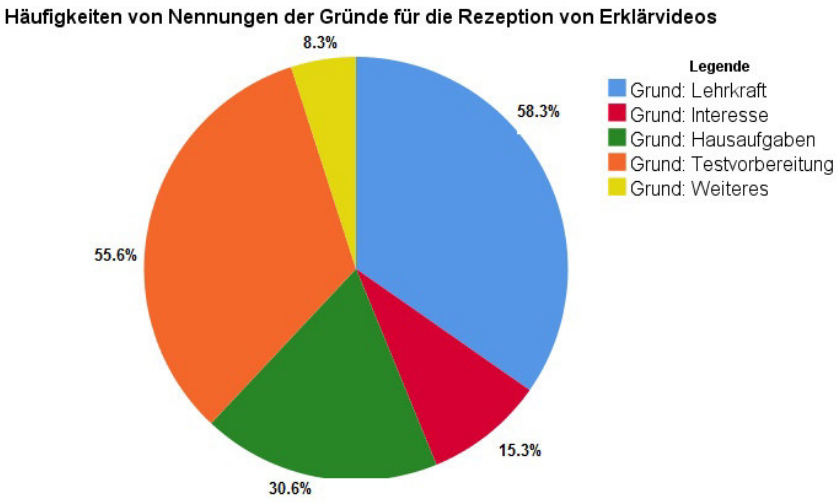


Abbildung 9: Prozentuale Darstellung der Gründe, aus welche die Schülerinnen und Schüler Erklärvideos sehen.

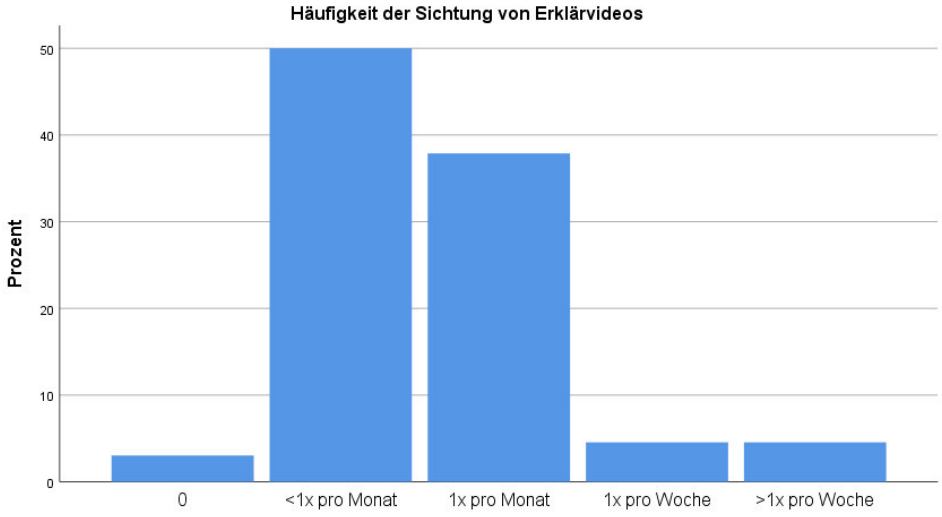


Abbildung 10: Darstellung der Regelmäßigkeit mit der Erklärvideos gesehen werden.

Überprüfung von Reliabilität und Normalverteilung

Zur weiteren Auswertung wurde die Relibilität durch Cronbachs Alpha bestimmt, wobei die innere Konsistenz des Tests untersucht wird. Der hierbei ausgegebene Korrelationskoeffizient sollte zwischen 0 und 1 liegen und gibt die durchschnittliche Korrelation zwischen den Items an. Dabei werden Tests mit einem Korrelationskoeffizienten von $\alpha > .7$ als reliabel eingestuft. Für die hier eingesetzten Tests ergeben sich dabei zwei unterschiedliche Werte. Der Vortest erreicht einen Wert für Cronbachs Alpha von $\alpha = .640$ für den Vortest und $\alpha = .544$ für den Nachtest (s. Abb. 11, 12. Obwohl beide Tests die gleichen Items aufweisen, ergibt sich für den Vortest eine höhere Reliabilität.

Um die zur Überprüfung der Hypothesen zu nutzenden Tests auszuwählen, muss zunächst die Normalverteilung der Ergebnisse überprüft werden. Dies wird durch den Kolmogorov-Smirnov-Test vorgenommen, welcher die Annahme macht, dass eine Normalverteilung vorliegt. Bei einem Signifikanzwert $p < .05$ muss diese verworfen werden, weshalb keine Normalverteilung vorliegen würde. Für die Test- und Kontrollgruppe wurde jeweils ein Kolmogorov-Smirnov-Test für die Ergebnisse von Vor- und Nachtest durchgeführt. Wie aus der Tabelle 3 hevorgeht, erreicht der Vortest in der Testgruppe eine Signifikanz von $p = .200$ und ist somit normalverteilt, während für den Nachtest eine Signifikanz von $p = .007$ vorliegt und die Ergebnisse des Tests somit nicht normalverteilt sind. Tabelle 4 zeigt, dass die Prüfung auf Normalverteilung der Testergebnisse des Vortests in der Kontrollgruppe eine Signifikanz von $p = .002$ ergibt und für den Nachtest liegt sie bei $p = .045$. In beiden Fällen kann die Hypothese, dass keine Normalverteilung vorliegt, somit nicht verworfen werden.

Tests auf Normalverteilung[a]

	Kolmogorov-Smirnov[b]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Erreichte Punktzahl im Vortest	,091	40	,200*	,969	40	,346
Erreichte Punktzahl im Nachtest	,166	40	,007	,936	40	,025

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Gruppe = Testgruppe

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 3: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests der Testgruppe.

Tests auf Normalverteilung[a]

	Kolmogorov-Smirnov[b]			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Erreichte Punktzahl im Vortest	,192	35	,002	,954	35	,149
Erreichte Punktzahl im Nachtest	,150	35	,045	,930	35	,028

a. Gruppe = Kontrollgruppe

b. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 4: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests der Kontrollgruppe.

Hypothese 1: Beide Gruppen zeigen einen Leistungszuwachs durch die Rezeption eines Erklärvideos.

Die Annahme der Hypothese, dass beide Gruppen durch die Erklärvideos einen Leistungzuwachs erreichen, ist Voraussetzung dafür, die Effektivität beider untersuchen zu können. Um die Ergebnisse beider Gruppen miteinander vergleichen zu können, soll zunächst geprüft werden, ob Test- und Kontrollgruppe die Untersuchung mit vergleichbaren Leistungen beginnen. Hierzu werden die Ergebnisse der Vortests miteinander verglichen. Da diese für die Kontrollgruppe nicht normalverteilt sind, wird der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test verwendet, der prüft, ob die Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Gruppen zufällig oder systematisch sind (vgl. Rasch u. a. 2014b: 94). Aus der Tabelle 5 geht hervor, dass der Mittelwert (MW) der Testgruppe im Vortest bei 8.48 mit einer Standardabweichung (SD) von 3.162 liegt, während die Kontrollgruppe einen MW von 9,11 mit einer SD von 2.888 aufweist. Für den Mann-Whitney-U-Test wird die Nullhypothese angenommen, dass kein signifikanter Unterschied in den Ergebnissen beider Gruppen vorliegt. Wie in 6 zu sehen ist, liegt der Signifikanzwert bei $p = .333$. Da das Signifikanzniveau per Konvention bei $p < .05$ liegt, kann die Nullhypothese hier nicht verworfen werden. Es liegt somit kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor.

Deskriptive Statistik

Gruppe		N Statistik	Minimum Statistik	Maximum Statistik	Mittelwert Statistik	Mittelwert Std.-Fehler	Std.-Abweichung Statistik
Testgruppe	Erreichte Punktzahl im Vortest	40	3	15	8,48	,500	3,162
	Erreichte Punktzahl im Nachtest	40	6	16	12,75	,347	2,193
	Gültige Werte (Listenweise)	40					
Kontrollgruppe	Erreichte Punktzahl im Vortest	35	2	16	9,11	,488	2,888
	Erreichte Punktzahl im Nachtest	35	5	16	12,03	,514	3,044
	Gültige Werte (Listenweise)	35					

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Ergebnisse aus Vor- und Nachtests

Zur Überprüfung werden die Ergebnisse der Testgruppe im Vortest mit denen im Nachtest erreichten verglichen. Gleiches gilt für die Kontrollgruppe. Aufgrund fehlender Normalverteilung wird der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben durchgeführt (vgl Rasch u. a. 2014b: 105). Die Nullhypothese ist dabei in beiden Fällen:
H_0: Es liegt kein Unterschied in der Leistung zwischen Vor- und Nachtest vor.
Wie Tabelle 5 zu entnehmen ist, liegt der MW der Testgruppe im Vortest bei 8.48 mit der SD 3.162. Für den Nachtest liegt der MW bei 12.75 mit der SD 2.193. Der Wilcoxon-Test ergibt hier einen Signifikanzwert von $p = .000$, wodurch die Nullhypothese verworfen werden kann und ein höchst signifikanter Unterschied in der Leistung zwischen dem Vor- und Nachtest vorliegt (s. 7).

Zusammenfassung des Mann-Whitney-U-Tests bei unabhängigen Stichproben	
Gesamtzahl	75
Mann-Whitney-U	790,500
Wilcoxon-W	1420,500
Teststatistik	790,500
Standardfehler	93,526
Standardisierte Teststatistik	,968
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,333

Tabelle 6: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zum Abgleich der Ergebnisse der Vortests von Test- und Kontrollgruppe

Für die Kontrollgruppe liegt der MD im Vortest bei 9.11 mit einer SD von 2.888. Für den Nachtest liegt der MD bei 12.03 und die SD ist 3.044. Wie Tabelle 8 zeigt, liegt hier ebenfalls ein Signifikanzwert von $p = .000$ vor, wodurch auch hier ein höchst signifikanter Unterschied besteht.
Mittels MD und SD werden außerdem für beide Gruppen die Effektstärken durch den *Cohen's d* ermittelt[6] verwendet. Während sich für die Testgruppe eine Effektstärke von $d = 1.59$ ergibt, liegt sie in der Kontrollgruppe bei $d = 1$, was nach Rasch u. a. (2014a: 49) als große Effektstärke zu interpretieren ist.
Die Abbildungen 17 und 18 im Anhang zeigen jedoch auch, dass in beiden Gruppen nicht alle Lernenden eine positive Leistungsveränderung haben. Während einige in ihrer Leistung gleich bleibend sind und somit keine Differez ermittelt wird, werden auch negative Differenzen aufgezeigt, wonach darauf geschlossen werden kann, dass diese Probanden im Vortest eine höhere Punktzahl erreichten als im Nachtest.

Zusammenfassung des Wilcoxon-Tests bei verbundenen Stichproben	
Gesamtzahl	40
Teststatistik	767,500
Standardfehler	71,519
Standardisierte Teststatistik	5,278
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,000

Tabelle 7: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur Bestimmung von Leistungszuwachs in der Testgruppe

[6]Da diese nicht in SPSS bestimmt werden können, wird hier die Internetseite `http://www.soerenwallrodt.de/`

Zusammenfassung des Wilcoxon-Tests bei verbundenen Stichproben

Gesamtzahl	35
Teststatistik	513,500
Standardfehler	53,263
Standardisierte Teststatistik	4,684
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,000

Tabelle 8: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur Bestimmung von Leistungszuwachs in der Kontrollgruppe

Hypothese 2: Betrachter eines minimalistisch gestalteten Erklärvideos erzielen in einem auf den Erklärvideos aufgebauten Leistungstest bessere Ergebnisse.

In der Überprüfung von Hypothese 1 wurde bereits nachgewiesen, dass in beiden Gruppen ein Leistungszuwachs zu verzeichnen ist. Dabei stellt sich die Frage, ob die Testgruppe durch die Rezeption des minimalistischen Erklärvideos besser im Nachtest abschneidet, als die Kontrollgruppe. Um dies zu überprüfen wurde die Nullhypothese aufgestellt:
H_0: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Leistungen von Test- und Kontrollgruppe im Nachtest.
Da es sich hier wieder und zwei unabhängige Gruppen handelt, wird der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.
Wie Tabelle 9 zu entnehmen ist, ergibt sich dabei ein Signifikanzwert von $p = .371$. Da dies das Signifikanzniveau deutlich übersteigt, kann die Nullhypothese nicht verworfen werden und es muss angenommen werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Leistungen im Nachtest besteht.

Zusammenfassung des Mann-Whitney-U-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	75
Mann-Whitney-U	616,500
Wilcoxon-W	1246,500
Teststatistik	616,500
Standardfehler	93,326
Standardisierte Teststatistik	-,895
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,371

Tabelle 9: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich der Leistungen in Vor- und Nachtest

Hypothese 3: Betrachter eines Videos, dass sie als ansprechend empfinden, weisen einen höheren Lernzuwachs auf, als Betrachter, die ihr Video als nicht ansprechend empfinden.

Um die dritte Hypothese zu überprüfen wird zunächst die Normalverteilung für die Rückmeldung der Probanden bezüglich des Videos durch den Kolmogorov-Smirnov-Test untersuchen. Wie Tabelle 10 zu entnehmen ist, liegt die Signifikanz bei beiden Gruppen bei $p = .000$, weshalb die Nullhypothese verworfen wird und keine Normalverteilung vorliegt.
In einem weiteren Schritt soll untersucht werden, ob das Video aus Test- oder Kontrollgruppe bessere Rückmeldungen erhält. Hierzu wird die Nullhypothese formuliert:
H_0: Es gibt keinen Unterschied in der Bewertung der Videos zwischen der Test- und der Kontrollgruppe. Da es sich hier um nicht zusammenhängende Stichproben handelt und keine Normalver-

Tests auf Normalverteilung

Gruppe		Kolmogorov-Smirnov[a] Statistik	df	Signifikanz	Shapiro-Wilk Statistik	df	Signifikanz
Testgruppe	Rückmeldung	,278	40	,000	,794	40	,000
Kontrollgruppe	Rückmeldung	,210	35	,000	,877	35	,001

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 10: Ergebnisse der Untersuchung der Normalverteilung der Rückmeldungen zu den Erklärvideos

teilung vorliegt, wird dies durch den Mann-Whitney-U-Test überprüft. Dabei ergibt sich, wie in Tabelle 11 aufgeführt, eine Signifikanz von $p = .001$, wodurch die Nullhypothese verworfen werden kann und ein signifikanter Unterschied in der Rückmeldung beider Gruppen besteht. Durch den die Werte $MD = 1.83$ und $SD = .712$ für die Rückmeldung der Testgruppe und die Werte $MD = 2.60$ und $SD = 1.006$ für die Kontrollgruppe wird durch den Cohen's d von $d = .91$ ein großer Effekt nachgewiesen (s. Tabelle 15.)

Zusammenfassung des Mann-Whitney-U-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	75
Mann-Whitney-U	1006,500
Wilcoxon-W	1636,500
Teststatistik	1006,500
Standardfehler	88,580
Standardisierte Teststatistik	3,460
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,001

Abbildung 11: Übersicht über die Hypothesenprüfung zur Verteilung von Rückmeldungen bezüglich der Erklärvideos.

Zuletzt soll die Korrelation zwischen der Rückmeldung und der Leistung untersucht werden. Da es sich bei der Rückmeldung um eine Ordinalskala handelt, wird hier der Test Spearmans Rho durchgeführt (vgl. Döring u. a. 2016: 566). Um eine hohe Korrelation nachzuweisen sollte der Korrelationskoeffizient ρ bei ± 1 liegen. Wie Tabelle 12 zu entnehmen ist, liegt der Korrelationskoeffizient für die Testgruppe bei $\rho = .071$ mit einem Signifikanzwert von $p = .661$ und für die Kontrollgruppe gelten $\rho = -.035$ und $p = .841$, wodurch keine Korrelation nachgewiesen werden kann, da zum einen die Korrelation nach dem Koeffizienten sehr gering ist und die Signifikanzwerte einen Verwurf der Nullhypothese, dass keine Korrelation besteht, nicht zulassen.

Gruppe = Testgruppe

Korrelationen[a]

			Rückmeldung	Erreichte Punktzahl im Nachtest
Spearman-Rho	Rückmeldung	Korrelationskoeffizient	1,000	,071
		Sig. (2-seitig)	.	,661
		N	40	40
	Erreichte Punktzahl im Nachtest	Korrelationskoeffizient	,071	1,000
		Sig. (2-seitig)	,661	.
		N	40	40

a. Gruppe = Testgruppe

Gruppe = Kontrollgruppe

Korrelationen[a]

			Rückmeldung	Erreichte Punktzahl im Nachtest
Spearman-Rho	Rückmeldung	Korrelationskoeffizient	1,000	-,035
		Sig. (2-seitig)	.	,841
		N	35	35
	Erreichte Punktzahl im Nachtest	Korrelationskoeffizient	-,035	1,000
		Sig. (2-seitig)	,841	.
		N	35	35

a. Gruppe = Kontrollgruppe

Abbildung 12: Ergebnisse der Untersuchung der Korrelation zwischen der Rückmeldung zum Erklärvideo und der Leistung im Nachtest.

7 Diskussion

Fast alle Probanden dieser Untersuchung konnten bereits Erfahrungen mit Erklärvideos aufweisen. Dies deckt sich mit den in 2.2 dargestellten Befunden von Studien, nach welchen viele Jugendliche auch in ihrer Freizeit Erklärvideos sehen, diese aber auch immer mehr im Unterricht zum Einsatz kommen. Zu Bedenken ist hier, dass der Begriff des Erklärvideos vor der Untersuchung für die Lernenden nicht definiert wurde. So ist es auf der einen Seite möglich, dass Lernende diese Frage mit Videos verbunden haben, die nicht den Kriterien eines Erklärvideos entsprechen. Auf der anderen Seite können auch Lernende, die hier angaben, noch keine Erklärvideos gesehen zu haben, zwar welche rezipiert, aber nicht als solche erkannt haben. Diese Annahme wird auch dadurch begründet, dass das Sehen von Erklärvideos im Unterricht einer der häufiger genannten Gründe für deren Sichtung ist. Da die Probanden im Klassenverbund an dieser Studie teilgenommen haben, ist zu vermuten, dass die Erfahrung, dass Lehrkräfte Erklärvideos im Unterricht zeigen, für alle gleich ist. Die Häufigkeit der Sichtung von Erklärvideos scheint hier, unter der Annahme, die sich aus den vorangegangenen Betrachtungen ergibt, dass Jugendliche viel Zeit auf Onlineplattformen wie *YouTube* verbringen, sehr gering. Neben einer fehlenden Definition der Begrifflichkeit kann diese Verteilung auch dadurch verzerrt sein, dass sich in der Durchführung zeigte, dass viele Jugendliche die hier verwendeten Zeichen „<“ und „>“ nicht zuordnen konnten.
Hinsichtlich der Gütekriterien zeigte die Auswertung der Tests einen Mangel an Reliabilität. Nach Fischer und Krabbe (2015: 737) wäre hier zu erwarten gewesen, dass der Cronbachs Alpha im Vortest einen kleineren Wert als im Nachtest annimmt, da fehlendes Wissen dazu führt, dass das Konstrukt des Tests nicht getroffen wird. Eine höhere Einhaltung der Gütekriterien hätte unter Umständen durch eine vorherige Aufgabenanalyse und einen Pretest der Studie erreicht werden können. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass eine solche Aufgabenanalyse keine veränderten Ergebnisse hervorgebracht hätte, da es sich außerdem um einen nicht standardisiertn Test handelt, der eine vorherige Analyse nicht zwingend notwendig macht (vgl. Lienert und Raatz 1998: 101). In den Tabellen 11 und 12 ist dargestellt, welchen Einfluss das Streichen einzelner Items auf die Reliabilität hätte.
In einem Vergleich der erreichten Punktzahlen im Vortest konnte gezeigt werden, dass sich diese in ihrem Vorwissen hinsichtlich des elektrischen Stromkreises nicht signifikant voneinander unterscheiden. Es kann somit weiter davon ausgegangen werden, dass die fehlende Randomisierung der Gruppen keinen Einfluss auf das Ergebnis hat. Des Weiteren konnte durch den Wilcoxon-Test für beide Gruppen ein Lernzuwachs festgestellt wird, wobei für beide Gruppen höchst signifikante Unterschiede zwischen dem Vor- und Nachtest gefunden wurden. Zwischen den Mittelwerten von Vor- und Nachtest besteht im Fall der Testgruppe eine Differenz von 4.27 Punkten, bei der Kontrollgruppe liegt die Differenz bei 2.93 Punkten. Hinsichtlich der Mittelwerte scheint die Testgruppe somit einen größeren Lernzuwachs erreicht zu haben. Zwar muss dabei berücksichtigt werden, dass die Kontrollgruppe im Vortest dem Mittelwert zufolge eine höhere Punktzahl erreichte, wodurch das Erreichen eines hohen Leistungszuwachses erschwert wird. Wie bereits gezeigt, kann das Vorwissen, welches im Vortest geprüft wurde, aber als vergleichbar in beiden Gruppen gesehen werden. Auch die Ermittlung der Effektstärke durch den Cohen's d zeigt zwar für beide Fälle eine große

Effektstärke an, sie ist jedoch für die Testgruppe deutlich höher als für die Kontrollgruppe. Aus diesem Grund wird angenommen, dass das Erklärvideo der Testgruppe, welches nach den Gestaltungsaspekten minimalistischer Erklärungen entwickelt wurde, einen größeren positiven Einfluss auf den Leistungszuwachs hat. Somit kann die Hypothese, dass beide Gruppen ein Leistungszuwachs nachgewiesen werden kann, als bestätigt angesehen werden. Das Video der Testgruppe scheint dabei einen größeren Effekt zu haben, als das der Kontrollgruppe.
Hypothese 2 gründete auf der Annahme, dass Betrachter eines minimalistischen Erklärvideos, also die Probanden der Testgruppe, im Nachtest bessere Ergebnisse erzielen, als die Probanden der Kontrollgruppe. Dies konnte durch den Mann-Withney-U-Test jedoch nicht nachgewiesen werden, da eine Verwerfung der Nullhypothese nicht möglich war. Es scheint somit keinen signifikanten Unterschied zwischen den Leistungen von Test- und Kontrollgruppe im Nachtest zu geben. Somit konnte diese Hypothese nicht bestätigt werden. Dies scheint zunächst im Widerspruch mit den Befunden zur Untersuchung von Hypothese 1 zu stehen. Der Unterschied beider Ergebnisse ist jedoch, dass hier lediglich das Endergebnis beider Gruppen in Beziehung gestellt wird. Diese Endergebnis ist jedoch nicht nur von der Intervention durch das Video abhängig, sondern auch vom fachlichen und alltäglichen Vorwissen. Bei der Betrachtung des Lernzuwachses ist das in die Untersuchung gebrachte Vorwissen zwar insofern von Relevanz, als dass dieses zum Aufbau kognitiver Strukturen beitragen und den Lernprozess unterstützen kann, ein vorhandenes ausbaufähiges Vorwissen ist aber keine Bedingung für den Vollzug von Lernprozessen und einhergehendem Lernzuwachs. Um ein gutes Ergebnis in einem Test zu erzielen, ist es hingegen von Vorteil, wenn bereits eine Wissensbasis besteht, die ausgebaut werden kann, auch wenn die Unterschiede der Ergebnisse des Vortests als nicht signifikant gelten.
Um Hypothese 3 zu beantworten, wird zunächst eine unterschiedliche Rückmeldung zum Video durch Test- und Kontrollgruppe untersucht. Anhand der Mittelwerte ist zunächst ersichtlich, dass der Testgruppe das minimalistisch gestaltete Erklärvideo besser gefallen hat, als der Kontrollgruppe das nicht-minimalistische Video. Des Weiteren wurde der Unterschied dieser Beurteilung als hochsignifikant eingestuft und auch durch Cohen's d=.91 ein großer Effekt nachgewiesen, den das minimalistische Erklärvideo auf Bewertung durch die Probanden hat. Hier ist zunächst aber darauf hinzuweisen, dass diese Einschätzung aufgrund der persönlichen Empfindung der Probanden vorgenommen wurde und ihr keine Bewertungskriterien zugrunde liegen. Zudem wird die Einschätzung des Videos durch eine Smiley-Skala eingeholt, bei welcher die Probanden in der Interpretation der Smileys frei sind. So kann ein Smiley von einem Probanden mit sehr positiven Emotionen verknüpft sein, während andere diesen als eher neutral empfinden. Die Einschätzung der Lernenden ist somit nicht geeignet, um eine Aussage über die Qualität des Videos zu treffen. Des Weiteren wurde durch die Korrelation untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen einer positiven Bewertung und der Leistung im Nachtest besteht. Dies baut darauf auf, dass ein Interesse und eine positive Emotion gegenüber den Erklärvideos, nach der Cognitive Theory of Multimedia Learning zu einer größeren Motivation und Auseinandersetzung mit den Lernmaterialien führt und so kognitive Prozesse anregt. Dies konnte durch die hier vorgenommene Auswertung jedoch nicht belegt werden. Die Ermittlung von Spearmans Rho konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Bewertung und der erreichten Punktzahl herstellen. Hier stellt sich nochmals die Frage, un-

ter welchem Aspekt die Lernenden die Videos bewertet haben. In diesem Fall hatten sie keine Auswahlmöglichkeiten, um ein Video gemäß ihren Interessen auszuwählen. Dementsprechend ist es möglich, dass sie das Video auch als positiv bewertet haben, da es sie zwar nicht persönlich angesprochen hat, jedoch als angenehmer empfunden wurde als beispielsweise das Lesen eines Textes mit gleichen Informationen. Interessant wäre dementsprechend gewesen, weitere Fragen mit einzubeziehen, um herauszufinden, aus welchen Gründen die Lernenden sich für diese Bewertung entschieden haben.
In Bezug auf die Forschungsfrage, welchen Einfluss eine minimalistische Erklärung in einem Erklärvideo auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern hat, kann geschlussfolgert werden, dass ein minimalistisch gestaltetes Video, wie auch durch die Einfürung in die Theorie zum Erklärvideo bereits herausgestellt wurde, nicht automatisch zu einer besseren Leistung und Performanz im Test führt. Es ist aber in der Lage, den Lernprozess und damit den Lernzuwachs zu fördern. Dies ist auch bei Erklärvideos der Fall, die nicht nach minimalistischen Gestaltungspunkten erstellt wurden. Beide Videos zeigten dahingehend einen hohen Effekt, der jedoch beim minimalistischen Video größer war. Zwar weist das minimalistische Video zudem mehr Zustimmung durch die Probanden, in Form einer besseren Bewertung, auf, es kann jedoch nicht bestätigt werden, dass auch diese positiven Bewertung einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg durch das minimalistische Video hat.

8 Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Erklärvideo nach dem Gestaltungsaspekten minimalistischer Erklärungen erstellt. Diese Aspekte beziehen sich dabei sowohl auf die verbale, als auch auf die visuelle Komponente der Erklärung. Um die Wirksamkeit des Erklärvideos zu untersuchen wurde ein weiteres Video erstellt, welches die Merkmale des Minimalismus nicht berücksichtigt, jedoch den selben Anforderungen hinsichtlich fachlicher Korrektheit und Visualisierung durch die Einbindung von Animationen und Beispielen genügt. In der Anwendung der Videos in Test- und Kontrollgruppe konnte gezeigt werden, dass die Erklärvideos im Allgemeinen einen positiven Einfluss auf den Wissenszuwachs haben, welcher durch das Video mit minimalistischer Gestaltung verstärkt wurde. Zeitgleich führt das Video minimalistischer Erklärung jedoch zu keinen besseren Ergebnissen der Testgruppe im Nachtest, verglichen mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe. Zwar erfährt das Video minimalistische Video eine positive Rückmeldung durch die Probanden, nicht gewiss ist jedoch, inwiefern sich die Merkmale des Minimalismus mit den Interessen der Adressaten decken. Dies könnte durch weitere Studien auch dahingehend untersucht werden, ob eine Verringerung der kognitiven Belastung durch minimalistische Gestaltung oder eine Verfolgung der Interessen und Präferenzen, die nach der Cognitive Theory of Multimedia Learning ebenfalls zu kognitiver Entlastung führen soll, effektiver ist.
Des Weiteren sei angemerkt, dass die Anwendung minimalistischer Erklärvideos in dieser Studie zwar zu einem nachweislichen Wissenszuwachs führt, um Erklärvideos jedoch im Unterricht zu nutzen, bedarf es auch unter Berücksichtigung des Minimalismus weiterhin der Anwendung und Übertragung von Wissen, da nur auf diese Weise prozedurales Wissen und Kompetenzen entwickelt werden können.

9 Literaturverzeichnis

[Anderson u. a. 1995] Anderson, John R. ; Corbett, Albert T. ; Koedinger, Kenneth R. ; Pelletier, Ray: Cognitive Tutors: Lessons Learned. In: *The Journal of the Learning Sciences* 4 (1995), Nr. 2, S. 167–207. – URL `https://www.jstor.org/stable/1466690`

[Averintseva-Klisch 2013] Averintseva-Klisch, Maria ; Meibauer, Jörg (Hrsg.) ; Steinbach, Markus (Hrsg.): *Textkohärenz*. Heidelberg : Universitätsverlag Winter, 2013

[Bartelborth 2012] Bartelborth, Thomas: *Erklären*. Berlin [u.a.] : De Gruyter, 2012 (Grundthemen Philosophie). – URL `https://doi.org/10.1515/9783110916867`

[Betrancourt 2005] Betrancourt, Mireille: *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Kap. The Animation and Interactivity Principles in Multimedia Learning, S. 287–296. New York : Cambridge University Press, 2005

[Brame 2016] Brame, Cynthia J.: Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. In: *CBE Life Sciences Education* (2016), S. 1–6. – URL `https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.16-03-0125`. – Letzter Zugriff: 03.06.2019

[Bredthauer u. a. 2011] Bredthauer, Wilhelm ; Bruns, Klaus G. ; Donat, Martin ; Dorn, Hans-Jerg ; Feldmann, Christian ; Freytag, Berthold ; Grote, Manfred ; Gutjahr, Ursula ; Hacker, German ; Hannibal, Ludger ; Höfer, Tilo ; Janzen, Ulrich ; Jordan, Walter ; Karsten, Florian ; Kirschbaum, Tobias ; Kohl, Reiner ; Köhncke, Harald ; Kuhaupt, Helmut ; Maier, Jens ; Mittag, Alexander ; Renner, Michael ; Schell, Norbert ; Schmidt, Martin ; Welker, Horst ; Wiedemann, Anton ; Wöbern, Nicola ; Wojke, Peter ; Wolf, Christian ; Wolf, Michael ; Zimmerschied., Frank: *Impulse Physik. Mittelstufe.* Stuttgart : Ernst Klett Verlag, 2011

[Brell und Theyssen 2007] Brell, Claus ; Theyssen, Heike: Die Smiley-Skala. : Ein effizientes Messinstrument für die Interessantheit des Unterrichts. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60 (2007), Nr. 8, S. 476–479

[Burde und Wilhelm 2016a] Burde, Jan-Philip ; Wilhelm, Thomas: Die Elektrizitätslehre mit dem Elektronengasmodell. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 65 (2016), Nr. 8, S. 18–24

[Burde und Wilhelm 2015] Burde, Jan-Philipp ; Wilhelm, Thomas: Akzeptanzbefragung zum Elektronengasmodell. In: *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* 2015 (2015), S. 1–5. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=1123423`. – Letztet Zugriff: 10.02.2019

[Burde und Wilhelm 2016b] Burde, Jan-Philipp ; Wilhelm, Thomas: Moment mal... (22): Hilft die Wasserkreislaufanalogie? In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 65 (2016), Nr. 1, S. 46–49

[Burde und Wilhelm 2017] Burde, Jan-Philipp ; Wilhelm, Thomas: Modelle in der Elektrizitätslehre Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 28 (2017), Nr. 157, S. 8–13

[Burde 2018] Burde, Jan-Phillip: *Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial.* Online. 2018. – URL `https://www.einfache-elehre.de/downloads/E-Lehre_mit_Potenzial.pdf`. – Letzter Zugriff: 14.02.2019

[Choi und Johnson 2005] Choi, Jun ; Johnson, Scott: The Effect of Context-Based Video Instruction on Learning and Motivation in Online Courses. In: *The American Journal of Distance Education* 19 (2005), Nr. 4, S. 215–227. – URL `https://doi.org/10.1207/s15389286ajde1904_3`. – Letzter Zugriff: 03.06.2019

[Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010] Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.): *Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Bildungsplan für die Oberschule.* Bremen, 2010. – URL `https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sekundarbereich_i-15226`. – Letzter Zugriff: 14.06.2019

[Döring u. a. 2016] Döring, Nicola ; Bortz, Jürgen ; Pöschl-Günther, Sandra: *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften.* 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin : Springer-Verlag, 2016

[Drollinger-Vetter 2009] Drollinger-Vetter, Barbara: "Verstehenselementeïm Mathematikunterricht. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2009, 43. Jahrestagung der Gesellschaft fDidaktik der Mathematik.* Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, 2009. – URL `http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-1335`. – Letzter Zugriff: 28.05.2019

[Duit 2005a] Duit, Reinders: Analogien im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 16 (2005), Nr. 89, S. 17

[Duit 2005b] Duit, Reinders: Der einfache elektrische Stromkreis. : Fachliche Sicht und Schülervorstellungen. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 16 (2005), Nr. 89, S. 9–11

[Duit 2011] Duit, Reinders: *Schülervorstellungen in der Physik.* Kap. Alltagsvorstellungen berücksichtigen!, S. 3–7. Köln : Aulis Verlag, 2011

[Duit 2017] Duit, Reinders: Elektrizitätslehre aus Schülersicht. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Elektrizitätslehre. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 28 (2017), Nr. 157, S. 2–7

[Fischer und Krabbe 2015] Fischer, Hans E. ; Krabbe, Heiko: *Physikdidaktik Theorie und Praxis*. Kap. Empirische Forschung in der Physikdidaktik, S. 728–757. Berlin : Springer-Verlag, 2015

[Geelan 2012] Geelan, David: *Teacher Explanations*. S. 987–999. In: Fraser, Barry J. (Hrsg.) ; Tobin, Kenneth (Hrsg.) ; McRobbie, Campbell J. (Hrsg.): *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht : Springer Netherlands, 2012

[Girwidz 2016] Girwidz, Raimund: Sagt ein Bild mehr als 1000 Worte? Erklären mithilfe von Bildern im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 27 (2016), Nr. 152, S. 30–34. – Letzter Zugriff: 07.07.2019

[Guo u. a. 2014] Guo, Philip J. ; Kim, Juho ; Rubin, Rob: How video production affects student engagement: An empirical study of mooc videos. In: *In Proceedings of the first ACM Learning@ scale conference, ACM*, URL `https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2556325.2566239`, 2014, S. 41–50. – Letzter Zugriff: 03.06.2019

[Handke 2015] Handke, Jürgen: *Handbuch Hochschullehre Digital. Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre.* Maburg : Tectum Verlag, 2015

[Hasselhorn und Gold 2017] Hasselhorn, Marcus ; Gold, Andreas: *Pädagogische Psychologie : erfolgreiches Lernen und Lehren*. 4., vollstaändig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart : Verlag W. Kohlhammer, 2017

[Hempel und Oppenheim 1948] Hempel, Carl G. ; Oppenheim, Paul: Studies in the Logic of Explanation. In: *Philosophy of Science* 15 (1948), Nr. 2, S. 135–175. – URL `http://www.jstor.org/stable/185169`

[de Jong 2010] Jong, Ton de: Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. In: *Instructional Science* 38 (2010), Mar, Nr. 2, S. 105–134. – URL `https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0`. – Letzter Zugriff: 24.04.2019

[Kamalski u. a. 2008] Kamalski, Judith ; Sanders, Ted ; Lentz, Leo: Coherence marking, prior knowledge, and comprehension of informative and persuasive texts: Sorting things out. In: *Discourse Processes* 45 (2008), Nr. 4-5, S. 323–345

[Kiel u. a. 2015] Kiel, Ewald ; Meyer, Michael ; Müller-Hill, Eva: Erklären. Was? Wie? Warum? In: *PM : Praxis der Mathematik in der Schule* 57 (2015), Nr. 64, S. 2–9

[Kircher 2015] Kircher, Ernst: *Physikdidaktik Theorie und Praxis*. Kap. Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion, S. 107–139. Berlin : Springer-Verlag, 2015

[Kircher u. a. 2015] Kircher, Ernst ; Girwidz, Raimund ; Häussler, Peter: *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. 3. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer Spektrum, 2015

[Koller u. a. 2008] Koller, D. ; Waltner, Ch. ; Wiesner, H.: Zur Einführung von Stromstärke und Spannung. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 57 (2008), Nr. 6, S. 6–18

[Krapp und Ryan 2002] Krapp, Andreas ; Ryan, Richard: Selbstwirksamkeit und Lernmotivation : eine kritische Betrachtung der Theorie von Bandura aus der Sicht der Selbstbestimmungstheorie und der pädagogisch-psychologischen Interessentheorie. In: Jerusalem, Matthias (Hrsg.) ; Hopf, Diether (Hrsg.): *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen.* 2002, S. 54–82

[Kühn 2010] Kühn, Markus: Die richtige Vorstellung vom elektrischen Strom. In: *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* 2010 (2010), S. 1–8. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=971599`. – Letzter Zugriff: 11.02.2019

[Kulgemeyer 2013] Kulgemeyer, Christoph: Gelingensbedingungen physikalischer Erklärungen. Zu einer kognitivistischen Auffassung des Erklärens. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* (2013). – URL `http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/460`. – Letzter Zugriff: 28.05.2019

[Kulgemeyer 2016] Kulgemeyer, Christoph: Lehrkräfte erklären Physik. Rolle und Wirksamkeit von Lehrererklärungen im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 27 (2016), Nr. 152, S. 2–9

[Kulgemeyer 2018a] Kulgemeyer, Christoph: A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: *Research in Science Education* (2018), November

[Kulgemeyer 2018b] Kulgemeyer, Christoph: Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. In: *Studies in Science Education* 54 (2018), Nr. 2, S. 109–139. – URL `https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054`. – Letzter Zugriff: 03.07.201

[Kulgemeyer 2018c] Kulgemeyer, Christoph: Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. In: *Computer+ Unterricht* 109 (2018), S. 8–11

[Kulgemeyer und Schecker 2009a] Kulgemeyer, Christoph ; Schecker, Horst: Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15 (2009), S. 131–153. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=892306#vollanzeige`. – Letzter Zugriff: 02.07.2019

[Kulgemeyer und Schecker 2009b] Kulgemeyer, Christoph ; Schecker, Horst: Physikalische Darstellungsformen. : Ein Beitrag zur Klärung von "Kommunikationskompetenz". In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 62 (2009), Nr. 6, S. 328–331

[Kulgemeyer und Schecker 2018] Kulgemeyer, Christoph ; Schecker, Horst: *Wirksamer Fachunterricht*. Bd. 8: *Wirksamer Physikunterricht*. Kap. Kogntive Aktivierung durch direkte Instruktion, S. 106–116. Baltmannsweiler : Schneider Verlag Hohengehren GmbH, 2018

[Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015] Kulgemeyer, Christoph ; Tomczyszyn, Elisabeth: Physik erklären - Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21 (2015), Nr. 1, S. 111–126. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=1095262`. – Letzter Zugriff: 24.04.2019

[Langer u. a. 2011] Langer, Inghard ; Thun, Friedemann S. von ; Tausch, Reinhard: *Sich verständlich ausdrücken*. 9., neu gest. Aufl. München [u.a.] : Reinhardt, 2011

[Lehner 2009] Lehner, Martin: *Allgemeine Didaktik*. 1. Aufl. Bern [u.a.] : Haupt, 2009 (UTB ; 3245, Paädagogik)

[Lehner 2018] Lehner, Martin: *Erklären und Verstehen : eine kleine Didaktik der Vermittlung*. 1. Auflage. Bern : Haupt Verlag, 2018 (UTB Band 4892). – URL `http://www.utb-studi-e-book.de/9783838548920`. – Letzter Zugriff: 07.07.2019

[Leisen 2007] Leisen, Josef: Das Erklären im Unterricht. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60 (2007), Nr. 8, S. 459–462

[Leisen 2013] Leisen, Josef: Trägst du noch vor oder erklärst du schon? Der Lehrer als Erzähler oder als Erklärer. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 24 (2013), Nr. 135/136, S. 26–32

[Lienert und Raatz 1998] Lienert, Gustav ; Raatz, Ulrich: *Testaufbau und Testanalyse*. 6. Auflage. Weinheim : Beltz, Psychologie Verlags Union, 1998

[Mayer 2009] Mayer, Richard: *Multimedia learning*. 2nd ed. Cambridge [u.a.] : Cambridge University Press, 2009

[Mayer u. a. 1996] Mayer, Richard E. ; Bove, William ; Bryman, Ra ; Mars, Rebecca ; Tapangco, Lene: When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of textbook lessons. (1996). – URL `http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.454.4263`. – Letzter Zugriff: 02.07.2019

[Mayer und Moreno 2003] Mayer, Richard E. ; Moreno, Roxana: Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. In: *Educational Psychologist* 38 (2003), Nr. 1, S. 43–52. – URL `https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6`. – Letzter Zugriff: 28.05.2019

[McCain 2015] McCain, Kevin: Explanation and the nature of scientific Knowledge. In: *Science & Education* 24 (2015), Nr. 7-8, S. 827–854

[Meller 2017] Meller, Stefan: Erklärvideos als Bildungsressource-Wie YouTube und Co. Lernen verändern. In: *ph publico* 12 (2017), S. 115–124. – URL `https://www.ph-burgenland.at/fileadmin/user_upload/Forschung/Forschungsergebnisse/ph_publico/phpublico_12.pdf#page=115`. – Letztet Zugriff: 27.05.2019

[mpfs 2018] mpfs ; (mpfs), Medienpädagogischer Forschungsverbund S. (Hrsg.): *JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger.* URL `https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM_2018_Gesamt.pdf`, 2018. – Letzter Zugriff: 27.05.2019

[Muckenfuss 1980] Muckenfuss, Heinz: Wie koennen Schueler die Grundbegriffe und Gesetze der Elektrizitaetslehre 'verstehen' ? In: *Der Physikunterricht* 14 (1980), Nr. 4, S. 30–44

[Osborne und Patterson 2011] Osborne, Jonathan F. ; Patterson, Alexis: Scientific argument and explanation: A necessary distinction? In: *Science education* 95 (2011), Nr. 4, S. 627–638. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=991921`. – Letzter Zugriff: 02.07.2019

[Paas u. a. 2003] Paas, Fred ; Renkl, Alexander ; Sweller, John: Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. In: *Educational Psychologist* 38 (2003), Nr. 1, S. 1–4. – URL `https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1`. – Letzter Zugriff: 05.07.2019

[Pöge 2008] Pöge, Andreas: Persönliche Codes 'reloaded'. In: *Methoden, Daten, Analysen* 2 (2008), Nr. 1, S. 59–70. – URL `http://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/12654`. – Letzter Zugriff: 04.03.2019

[Pollock u. a. 2002] Pollock, E. ; Chandler, P. ; Sweller, J.: Assimilating complex information. In: *Learning and Instruction* 12 (2002), Nr. 1, S. 61–86. – URL `http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00016-0`. – Letzter Zugriff: 03.07.2019

[Porst 1998] Porst, Rolf: Im Vorfeld der Befragung : Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting. In: *ZUMA-Arbeitsbericht* (1998), Nr. 02. – URL `http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-200484`. – Letzter Zugriff: 08.06.2019

[Poxleitner 2018] Poxleitner, Eva: *Handbuch Mobile Learning.* Kap. Einsatz von Videos fÃ¼r mobiles Lernen, S. 433–454, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. – URL `http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8_22`

[Rasch u. a. 2014a] Rasch, Björn ; Friese, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald: *Quantitative Methoden 1 : Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler.* 4., überarb. Aufl. Berlin : Springer, 2014 (Springer-Lehrbuch)

[Rasch u. a. 2014b] Rasch, Björn ; Friese, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald: *Quantitative Methoden 2 : Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler.* 4., überarb. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2014 (Springer-Lehrbuch)

[Rat für Kulturelle Bildung 2019] Rat für Kulturelle Bildung ; Billdung, Rat für kulturelle (Hrsg.): Jugend / YouTube / Kulturelle Bildung. Horizont 2019 / Rat für kulturelle Bildung. URL `https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_YouTube_Webversion_final.pdf`, 2019. – Forschungsbericht. Letzter Zugriff: 04.06.2019

[Renkl u. a. 2006] Renkl, Alexander ; Wittwer, Jörg ; Grosse, Cornelia ; Hauser, Sabine ; Hilbert, Tatjana ; Nückles, Matthias ; Schworm, Silke: *Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven.* Kap. Instruktionale Erklärungen beim Erwerb kognitiver Fertigkeiten: sechs Thesen zu einer oft vergeblichen Bemühung., S. 205–223. Münster : Waxmann, 2006

[Rhoeneck 1986] Rhoeneck, Christoph v.: Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, Chemie* 34 (1986), Nr. 13, S. 10–14

[Rhoeneck und Voelker 1984] Rhoeneck, Christoph v. ; Voelker, Bruno: Vorstellungen vom Stromkreis und ihr Einfluss auf den Lernprozess. In: *Der Physikunterricht* 18 (1984), Nr. 2, S. 4–16

[Rost 2004] Rost, Jürgen: *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion.* 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. Bern [u.a.] : Huber, 2004 (Psychologie Lehrbuch)

[Rummler 2017] Rummler, Klaus: *Lernen in individuellen Räumen.* Kap. Lernen mit YouTube-Videos. Dimension einer vielfältigen Lernumgebung., S. 17–189, De De Gruyter, 2017

[Rummler und Wolf 2012] Rummler, Klaus ; Wolf, Karsten D.: Media, Knowledge and Education / Medien - Wissen - Bildung. Cultures and Ethics of Sharing / Kulturen und Ethiken des Teilens. 4 (2012), S. 253–266. – URL `http://dx.doi.org/10.25969/mediarep/2163`. – Letzter Zugriff: 28.05.2019

[Sailer und Figas 2015] Sailer, Maximilian ; Figas, Paula: Audiovisuelle Bildungsmedien in der Hochschullehre. Eine Experimentalstudie zu zwei Lernvideotypen in der Statistiklehre. In: *Bildungsforschung* 12 (2015), Nr. 1, S. 77–99. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=1104747`. – Letzter Zugriff: 29.05.2019

[Schmid und Kraus 2017] Schmid, Lena ; Kraus, Martin E.: Vier konkurrierende Stromkreismodelle. Ein Gruppenpuzzle. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 28 (2017), Nr. 157, S. 14–19

[Schroeder und Traxler 2017] Schroeder, Noah L. ; Traxler, Adrienne L.: Humanizing instructional videos in physics: when less is more. In: *Journal of Science Education and Technology* 26 (2017), Nr. 3, S. 269–278

[Seidel u. a. 2013] Seidel, Tina ; Blomberg, Geraldine ; Renkl, Alexander: Instructional strategies for using video in teacher education. In: *Teaching and Teacher Education* 34C

(2013), S. 56–65. – URL https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004. – Letzter Zugriff: 27.05.2019

[Sweller 2005] Sweller, John: *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Kap. Imimplications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning, S. 19–30. New York : Cambridge University Press, 2005

[Sweller 2010] Sweller, John: Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. (2010). – URL http://handle.unsw.edu.au/1959.4/50774. – Letzter Zugriff: 06.07.2019

[Tipler u. a. 2009] Tipler, Paul A. ; Basler, Michael ; Mosca, Gene: *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*. 6., dt. Aufl. Heidelberg : Spektrum Akad. Verl., 2009

[Tomczyszyn und Kulgemeyer 2016] Tomczyszyn, Elisabeth ; Kulgemeyer, Christoph: Wie kann man eine verständliche Lehrererklärung vorbereiten? Ein Blick auf das adressatengemäße Erklären. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 27 (2016), Nr. 152, S. 10–14

[Urban-Woldron und Hopf 2012] Urban-Woldron, Hildegard ; Hopf, Martin: Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18 (2012), S. 201–227. – URL http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Urbahn.pdf. – Letztet Zugriff: 12.02.2019

[Vandueren 2009] Vandueren, Filip: *Bike chain animation*. Online. mar 2009. – URL https://reels.creativecow.net/film.php?short=bike-chain-animation. – Letzter Zugriff: 17.04.2019

[Wagner und Wörn 2011] Wagner, Anke ; Wörn, Claudia: *Erklären lernen - Mathematik verstehen*. Seelze : Klet, 2011

[Wiesner u. a. 2011] Wiesner, Hartmut ; Schecker, Horst ; Hopf, Martin: *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos : Aulis Verlag, 2011

[Wilhelm und Hopf 2018] Wilhelm, Thomas ; Hopf, Martin: *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis.* Kap. Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis., S. 115–138. Berlin : Springer-Verlag, 2018

[Wittwer und Renkl 2008] Wittwer, Jög ; Renkl, Alexander: Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. In: *Educational Psychologist* 43 (2008), Nr. 1, S. 49–64. – URL https://doi.org/10.1080/00461520701756420. – Letzter Zugriff: 03.07.2019

[Wodzinski 2011] Wodzinski, Rita: *Schülervorstellungen in der Physik*. Kap. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, S. 23–36, Aulis Verlag, 2011

[Wolf 2015a] Wolf, Karsten D.: Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audio-Visuelle Enzyklopädie, adressatengeechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Ecducation? In: *merz* 59 (2015), Nr. 1, S. 30–36

[Wolf 2015b] Wolf, Karsten D.: Produzieren Jugendliche und junge Erwachsene ihr eigenes Bildungsfernsehen? : Erklärvideos auf Youtube. In: *Televizion* 28 (2015), Nr. 1, S. 35–39. – URL `https://www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html?FId=1092588`. – Letzter Zugriff: 28.05.2019

[Wolf 2018] Wolf, Karsten D.: Video statt Lehrkraft? Erklärvideos als didaktisches element im Unterricht [Video replacing teachers? Explanation videos as part of instruction]. In: *Computer+ Unterricht* 109 (2018), S. 4–7

[Wolf und Breiter 2014] Wolf, Karsten D. ; Breiter, Andreas: *Berichte zur beruflichen Bildung: Integration informeller und formaler Bildungsprozesse zur beruflichen Orientierung von Jugendlichen am Beispiel draufhaber.tv.* Kap. Integration informeller und formaler Bildungsprozesse zur beruflichen Orientierung von Jugendlichen am Beispiel draufhaber.tv, S. 85–101. Bielefeld : Bertelsmann, 2014

[Wolf und Kulgemeyer 2016] Wolf, Karsten D. ; Kulgemeyer, Christoph: Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 27 (2016), Nr. 152, S. 36–41

[Woolfolk 2014] Woolfolk, Anita: *Pädagogische Psychologie.* 12., aktualisierte Auflage. Hallbergmoos : Pearson, 2014 (Always learning)

10 Anhang

10.1 Vortest

Untersuchung

Gute Erklärungen in Lernvideos

Liebe Schülerinnen und Schüler,

danke, dass ihr mich bei meiner Abschlussarbeit unterstützt!

Ich möchte untersuchen, wie viel ihr durch Lernvideos, die ihr zum Beispiel im Unterricht oder auf YouTube anseht, lernt.

Hierzu werdet ihr gleich zwei Tests ausfüllen. Mit dem ersten Test wird untersucht, was ihr bereits zum Thema Strom wisst. Danach seht ihr ein Video, in dem euch einiges zum Strom gezeigt wird. Danach schreibt ihr einen zweiten Test, an dem gemessen wird, wie viel ihr durch das Video lernen konntet.

Dein persönlicher Code

Damit ich weiß, dass deine Tests zusammen gehören, erstellt jeder einen persönlichen Code. Bitte beantworte die folgenden Fragen und trage die Antwort in das Kästchen daneben ein.

1. Der **erste** Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. Anna, Beate…)	
2. Der **erste** Buchstabe deines Vornamens (z.B. Laura, Tom…)	
3. Der **Tag** deines Geburtsdatums (z.B. Geburtstag am 04. März = 04, am 12. März = 12)	
4. Der **zweite** Buchstabe des **Monats** in dem du Geburtstag hast (z.B. August, November...)	

Auf der nächsten Seite werden deine bisherigen Erfahrungen im Unterricht abgefragt.

Bitte blättere erst auf mein Zeichen um.

Bisherige Erfahrungen im Unterricht

Frage 1

Kreuze an *Ich bin...*	
☐ weiblich	☐ männlich

Frage 2

Welche Note hattest du im letzten Zeugnis im Fach Naturwissenschaften (NW)?
Note: _____

Frage 3

Hast du schon einmal ein Lern-/ Erklärvideo (z.B. bei YouTube) angesehen?	
☐ Ja	☐ Nein

Frage 4

Wenn ja, warum hast du das Video gesehen? (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen)	
Die Lehrerin / der Lehrer hat uns das Video gezeigt.	☐
Mich hat das Thema interessiert.	☐
Um meine Hausaufgaben zu machen.	☐
Um für einen Test oder eine Klassenarbeit zu lernen.	☐
Ein weiterer Grund war…	

Frage 5

Wenn ja, wie häufig siehst du Lernvideos?			
☐ < 1x pro Monat	☐ 1x pro Monat	☐ 1x pro Woche	☐ > 1x pro Woche

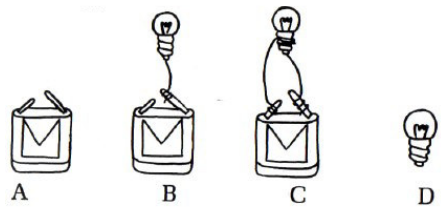
Der elektrische Strom

Test 1

Bearbeitungszeit: 15 Minuten

Aufgabe 1

Schau dir die Abbildungen A, B, C und D an.
Lies die folgenden Sätze und entscheide, auf welche der Abbildungen er zutrifft. Kreuze an.



	A	B	C	D	Weiß nicht
Die Lampe leuchtet in:	☐	☐	☐	☐	☐
Elektrischer Strom ist vorhanden in:	☐	☐	☐	☐	☐
Elektrische Stromstärke kann gemessen werden in:	☐	☐	☐	☐	☐

Aufgabe 2

Kreuze an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind.
Begründe deine Entscheidung.

	Richtig	Falsch	Begründung
Der elektrische Strom überträgt Energie.			
In der Batterie ist elektrischer Strom gespeichert.			
Elektrische Geräte verbrauchen elektrischen Strom. Er fließt zu ihnen hin und wird dort vernichtet.			
Damit elektrischer Strom fließen kann, muss der Stromkreis geschlossen sein.			
Elektronen starten bei der Batterie. Bevor man ein Kabel an eine Batterie anschließt, sind keine Elektronen im Kabel.			
Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen.			

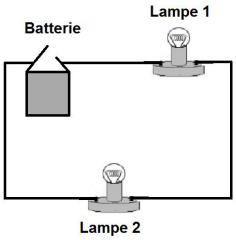
Aufgabe 3

Du siehst hier eine Lampe, die an eine Batterie angeschlossen ist.
Lies die folgenden Aussagen und kreuze an, ob sie richtig oder falsch sind.

	richtig	falsch	Weiß nicht
Die Lampe verbraucht den Strom vollständig.	☐	☐	☐
Die Lampe verbraucht etwas Strom.	☐	☐	☐
Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	☐	☐	☐
Die Lampe treibt den elektrischen Strom an.	☐	☐	☐
Die Batterie treibt Elektronen an.	☐	☐	☐

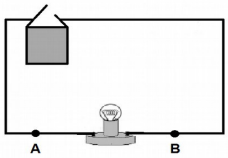
Aufgabe 4

Betrachte den Stromkreis auf der rechten Seite.

a) Wie hell werden die Lampen L1 und L2 leuchten?		
Beide Lampen leuchten. L1 leuchtet heller als L2.	☐	
Beide Lampen leuchten. L2 leuchtet heller als L1.	☐	
Beide Glühlampen leuchten gleich hell.	☐	
L1 leuchtet. L2 leuchtet nicht.	☐	
L2 leuchtet. L1 leuchtet nicht.	☐	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
L1 verbraucht den gesamten Strom. Für Lampe 2 ist kein Strom mehr übrig.	☐	
L1 verbraucht einen Teil des Stroms. Es ist daher weniger Strom für L2 übrig.	☐	
Der elektrische Strom ist überall im Stromkreis gleich.	☐	
Der Strom wird gleichmäßig auf beide Lampen aufgeteilt.	☐	
L2 ist näher an der Batterie. Daher bekommt sie mehr Strom.	☐	

Aufgabe 5

Die Lampe auf der rechten Seite leuchtet.

a) Was kannst du über die Stromstärke in den Punkten A und B aussagen?		
Die Stromstärke ist bei A größer als bei B.	☐	
Die Stromstärke ist bei B größer als bei A.	☐	
Die Stromstärke ist bei A und B gleich groß.	☐	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
Es fließt im gesamten Stromkreis der gleiche Strom.	☐	
Ein Teil des Stroms wird von der Lampe verbraucht.	☐	
Der gesamte Strom wird von der Lampe verbraucht.	☐	

10.2 Nachtest

Untersuchung

Gute Erklärungen in Lernvideos

Dein persönlicher Code

Damit ich weiß, dass deine beiden Tests zusammen gehören, erstellt jeder einen persönlichen Code. Bitte beantworte die folgenden Fragen und trage die Antwort in das Kästchen daneben ein.

1. Der **erste** Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. Anna, Beate…)
2. Der **erste** Buchstabe deines Vornamens (z.B. Laura, Tom…)
3. Der **Tag** deines Geburtsdatums (z.B. Geburtstag am 04. März = 04, am 12. März = 12)
4. Der **zweite** Buchstabe des **Monats** in dem du Geburtstag hast (z.B. August, November...)

Rückmeldung zum Video

Frage 1

Wie hat dir das Video gefallen? Kreuze an.			
☐	☐	☐	☐

Auf der nächsten Seite beginnt der Test.

Bitte blättere erst auf mein Zeichen um.

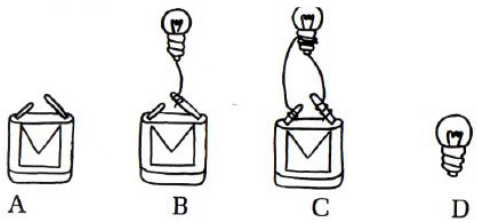
Der elektrische Strom

Test 2

Bearbeitungszeit: 15 Minuten

Aufgabe 1

Schau dir die Abbildungen A, B, C und D an.
Lies die folgenden Sätze und entscheide, auf welche der Abbildungen er zutrifft. Kreuze an.



	A	B	C	D	Weiß nicht
Die Lampe leuchtet in:	☐	☐	☐	☐	☐
Elektrischer Strom ist vorhanden in:	☐	☐	☐	☐	☐
Elektrische Stromstärke kann gemessen werden in:	☐	☐	☐	☐	☐

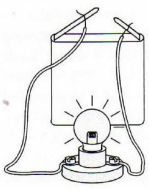
Aufgabe 2

Kreuze an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind.
Begründe deine Entscheidung.

	Richtig	Falsch	Begründung
Der elektrische Strom überträgt Energie.			
In der Batterie ist elektrischer Strom gespeichert.			
Elektrische Geräte verbrauchen elektrischen Strom. Er fließt zu ihnen hin und wird dort vernichtet.			
Damit elektrischer Strom fließen kann, muss der Stromkreis geschlossen sein.			
Elektronen starten bei der Batterie. Bevor man ein Kabel an eine Batterie anschließt, sind keine Elektronen im Kabel.			
Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen.			

Aufgabe 3

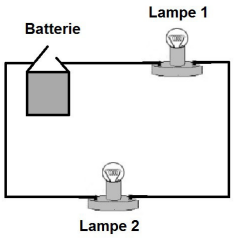
Du siehst hier eine Lampe, die an eine Batterie angeschlossen ist.
Lies die folgenden Aussagen und kreuze an, ob sie richtig oder falsch sind.



	richtig	falsch	Weiß nicht
Die Lampe verbraucht den Strom vollständig.	☐	☐	☐
Die Lampe verbraucht etwas Strom.	☐	☐	☐
Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	☐	☐	☐
Die Lampe treibt den elektrischen Strom an.	☐	☐	☐
Die Batterie treibt Elektronen an.	☐	☐	☐

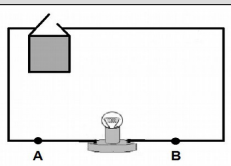
Aufgabe 4

Betrachte den Stromkreis auf der rechten Seite.

a) Wie hell werden die Lampen L1 und L2 leuchten?		
Beide Lampen leuchten. L1 leuchtet heller als L2.	☐	
Beide Lampen leuchten. L2 leuchtet heller als L1.	☐	
Beide Glühlampen leuchten gleich hell.	☐	
L1 leuchtet. L2 leuchtet nicht.	☐	
L2 leuchtet. L1 leuchtet nicht.	☐	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
L1 verbraucht den gesamten Strom. Für Lampe 2 ist kein Strom mehr übrig.	☐	
L1 verbraucht einen Teil des Stroms. Es ist daher weniger Strom für L2 übrig.	☐	
Der elektrische Strom ist überall im Stromkreis gleich.	☐	
Der Strom wird gleichmäßig auf beide Lampen aufgeteilt.	☐	
L2 ist näher bei der Batterie. Daher bekommt sie mehr Strom.	☐	

Aufgabe 5

Die Lampe auf der rechten Seite leuchtet.

a) Was kannst du über die Stromstärke in den Punkten A und B aussagen?		
Die Stromstärke ist bei A größer als bei B.	☐	
Die Stromstärke ist bei B größer als bei A.	☐	
Die Stromstärke ist bei A und B gleich groß.	☐	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
Es fließt im gesamten Stromkreis der gleiche Strom.	☐	
Ein Teil des Stroms wird von der Lampe verbraucht.	☐	
Der gesamte Strom wird von der Lampe verbraucht.	☐	

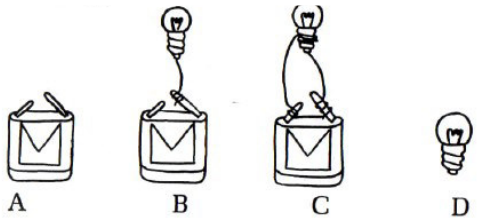
10.3 Musterlösung

Der elektrische Strom

Musterlösung

Aufgabe 1

Schau dir die Abbildungen A, B, C und D an.
Lies die folgenden Sätze und entscheide, auf welche der Abbildungen er zutrifft. Kreuze an.



	A	B	C	D	Weiß nicht
Die Lampe leuchtet in:	☐	☐	☒	☐	☐
Elektrischer Strom ist vorhanden in:	☐	☐	☒	☐	☐
Elektrische Stromstärke kann gemessen werden in:	☐	☐	☒	☐	☐

Aufgabe 2

Kreuze an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind.
Begründe deine Entscheidung.

	Richtig	Falsch	Begründung
Der elektrische Strom überträgt Energie.	X		Energie wird von der Batterie zur Lampe übertragen und dort umgeandelt.
In der Batterie ist elektrischer Strom gespeichert.		X	Nein, elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen.
Elektrische Geräte verbrauchen elektrischen Strom. Er fließt zu ihnen hin und wird dort vernichtet.		X	Strom kann nicht verbraucht werden.
Damit elektrischer Strom fließen kann, muss der Stromkreis geschlossen sein.	X		Richtig, sonst können die Elektronen nicht durch den Stromkreis strömen.
Elektronen starten bei der Batterie. Bevor man ein Kabel an eine Batterie anschließt, sind keine Elektronen im Kabel.		X	Elektronen befinden sich in Metall und sind somit in allen Bauteilen vorhanden.
Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen.	X		Richtig.

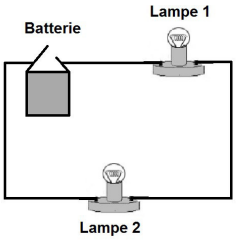
Aufgabe 3

Du siehst hier eine Lampe, die an eine Batterie angeschlossen ist.
Lies die folgenden Aussagen und kreuze an, ob sie richtig oder falsch sind.

	richtig	falsch	Weiß nicht
Die Lampe verbraucht den Strom vollständig.	☐	☒	☐
Die Lampe verbraucht etwas Strom.	☐	☒	☐
Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht von der Lampe zur Batterie zurück.	☒	☐	☐
Die Lampe treibt den elektrischen Strom an.	☐	☒	☐
Die Batterie treibt Elektronen an.	☒	☐	☐

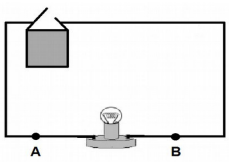
Aufgabe 4

Betrachte den Stromkreis auf der rechten Seite.

a) Wie hell werden die Lampen L1 und L2 leuchten?		
Beide Lampen leuchten. L1 leuchtet heller als L2.	☐	
Beide Lampen leuchten. L2 leuchtet heller als L1.	☐	
Beide Glühlampen leuchten gleich hell.	☒	
L1 leuchtet. L2 leuchtet nicht.	☐	
L2 leuchtet. L1 leuchtet nicht.	☐	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
L1 verbraucht den gesamten Strom. Für Lampe 2 ist kein Strom mehr übrig.	☐	
L1 verbraucht einen Teil des Stroms. Es ist daher weniger Strom für L2 übrig.	☐	
Der elektrische Strom ist überall im Stromkreis gleich.	☒	
Der Strom wird gleichmäßig auf beide Lampen aufgeteilt.	☐	
L2 ist näher bei der Batterie. Daher bekommt sie mehr Strom.	☐	

Aufgabe 5

Die Lampe auf der rechten Seite leuchtet.

a) Was kannst du über die Stromstärke in den Punkten A und B aussagen?		
Die Stromstärke ist bei A größer als bei B.	☐	
Die Stromstärke ist bei B größer als bei A.	☐	
Die Stromstärke ist bei A und B gleich groß.	☒	
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?		
Es fließt im gesamten Stromkreis der gleiche Strom.	☒	
Ein Teil des Stroms wird von der Lampe verbraucht.	☐	
Der gesamte Strom wird von der Lampe verbraucht.	☐	

10.4 Drehbuch

Umsetzung des Videos

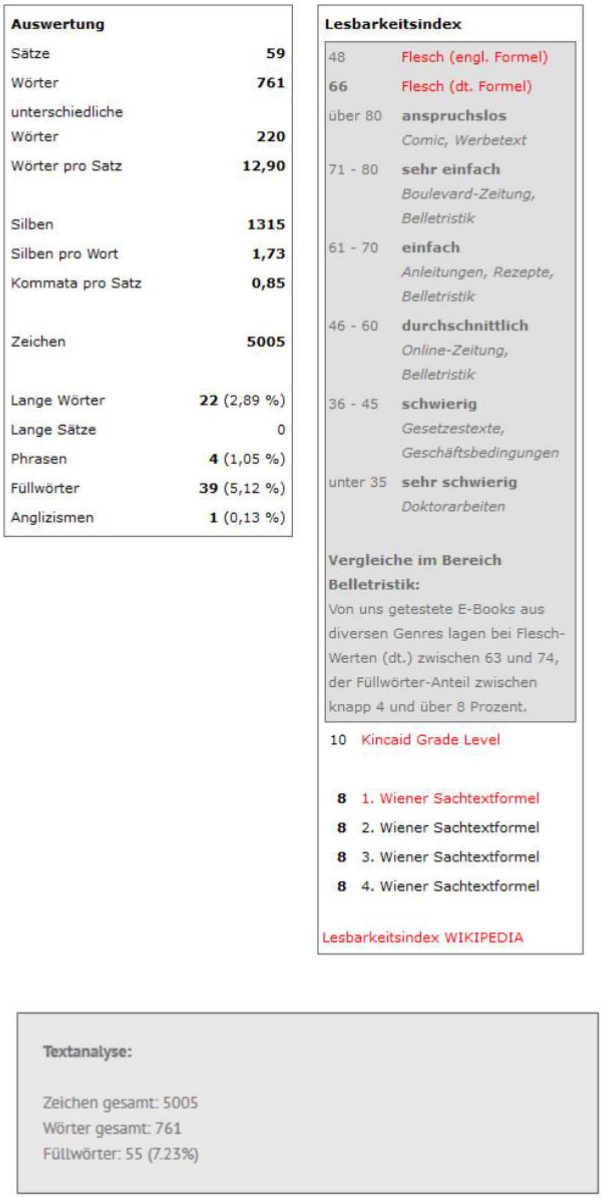
Animation/Was ist zu sehen?	Text Sprecher	Bemerkung
Erklärvideo Strom	Titel?	
Bilder einblenden 3-4 Geräte. Wasserkocher, Lampe, Kühlschrank	Diese Geräte benutzen wir alle sehr häufig in unserem Alltag. Und sie alle benötigen Strom, um zu funktionieren.	
Einblenden den Frage	Aber was ist Strom überhaupt?	
Definition einblenden. „Bewegung von Elektronen, bei der Energie übertragen wird.“	Unter Strom verstehen wir in der Physik die Bewegung von Elektronen in einem Stromkreis. Bei der Bewegung wird Energie transportiert. Durch diese Energie kann zum Beispiel diese Lampe leuchten.	
Fragezeichen einblenden, dann sprechen	Aber: was heißt das? Um das zu verstehen, machen wir ein paar Schritte zurück und sehen uns erst einmal einen Stromkreis an.	
Einblenden Lampe. Dann links oben „ Der geschlossene Stromkreis“	Um ein elektrisches Gerät, wie diese Lampe, benutzen zu können, brauchen wir einen geschlossenen Stromkreis.	DidLab [Foto]
	Hier ist ein einfaches Beispiel:	
Einblenden der Batterie	Wir brauchen eine Energiequelle wie zum Beispiel diese Batterie	DidLab [Foto]
Einblenden der Lampe	und ein elektrisches Gerät wie diese Lampe.	DidLab [Foto]
Pfeile auf Polen und Kontakten der Batterie.	Der Plus- und Minuspol der Batterie müssen mit den Kontakten der Lampe verbunden sein.	DidLab [Foto]
Zeigen, wie die Kabel Batterie und Lampe verbinden	Wir benutzen zwei Kabel, um die Batterie und die Lampe zu verbinden.	DidLab [Foto]
	Durch diese Verbindung ist der Stromkreis geschlossen. Und die Lampe leuchtet.	
	Aber warum muss der Stromkreis geschlossen sein?	
Einblenden Metall. Einblenden Kabelausschnitt	In den Kabeln, der Energiequelle und der Lampe befindet sich Metall.	
Einblenden der Elektronen, die sich bewegen	In diesem Metall sind Elektronen, die sich frei bewegen können.	

Einblenden elektrische Leiter	Materialien mit beweglichen Elektronen nennen wir elektrische Leiter.	
	Metalle sind also elektrische Leiter, denn sie leiten Elektronen.	
Wieder einblenden des Versuchs, dann vllt Pfeile, die die Elektronen darstellen.	Ist der Stromkreis geschlossen, wie in unserem Beispiel, können sich die Elektronen durch die elektrischen Leiter im gesamten Stromkreis bewegen.	
Einblenden Fahrradkette	Du kannst dir die Bewegung der Elektronen so ähnlich vorstellen wie bei einer Fahrradkette.	
Kettenglieder fangen an sich zu bewegen	Wenn du in die Pedale trittst, dann fangen alle Kettenglieder gleichzeitig an sich zu bewegen.	
Pfeil für die Energie einblenden (darauf sollte auch Energie stehen	Dabei übertragen die Kettenglieder Energie von deinen Beinen auf das Hinterrad und du fährst mit dem Fahrrad los.	
Einblenden eines kleineren Pfeils(?)	Sind die Kettenglieder am Hinterrad vorbeigelaufen, bewegen sie sich wieder zu den Pedalen.	
	Hier bist also du die Energiequelle, weil du die Pedale trittst.	
Fahrradkette wird kleiner, daneben den Stromkreis. Batterie und Lampe werden durch Fotos dargestellt	So ähnlich ist es auch bei unserem Stromkreis.	
Nacheinander die Bauteile einblenden	Hier ist die Energiequelle eine Batterie, das Hinterrad ist die Lampe und die Kettenglieder sind die Elektronen.	
Alle Elektronen beginnen gleichzeitig sich zu bewegen.	Ist der Kreis geschlossen, wie eine Fahrradkette, schiebt die Batterie die Elektronen an.	
	Wie die Kettenglieder, beginnen alle Elektronen gleichzeitig sich gemeinsam im Kreis zu bewegen.	
Einblenden Pfeil Energie	Dabei strömen die Elektronen durch den Stromkreis und übertragen Energie von der Batterie auf die Lampe.	
	Durch diese Energie beginnt die Lampe zu leuchten.	
Einblenden zweiter Pfeil	Wie bei der Fahrradkette auch, bewegen sich die Elektronen natürlich auch weiter im Kreis, wenn sie durch die Lampe geströmt sind.	
	Sie strömen also wieder zur Batterie zurück.	

Einblenden des Begriffs Strom (evtl. mit der Definition)	Diese Bewegung der Elektronen ist das, was wir als „Strom“ bezeichnen, denn sie strömen durch den Stromkreis.	
	Daher kommt der Begriff Strom.	
	Am Vergleich mit der Fahrradkette siehst du auch, dass wir den Strom nicht verbrauchen.	
	Wie die Kettenglieder an der Fahrradkette, die das Hinterrad umlaufen und wieder zu den Pedalen zurückkehren, strömen auch die Elektronen nach der Lampe wieder zur Batterie	
Einblenden: Strom wird nicht verbraucht.	Die Elektronen werden also nicht verbraucht und auch der Strom, die Bewegung der Elektronen, wird nicht verbraucht.	
Person mit Sprechblase, Sprechblase durchstreichen,	Aus physikalischer Sicht ist es also falsch, wenn wir sagen, dass wir das Licht ausmachen um weniger Strom zu verbrauchen.	
	Wir können den Strom nicht verbrauchen.	
Zweite Sprechblase: Wir können Energie sparen	Wir können aber verhindern, dass Energie übertragen wird. Wir sparen also Energie, wenn wir das Licht ausmachen.	
Einblenden: Zusammenfassung	**Fassen wir das kurz zusammen:**	
Einblenden Kasten „Elektrisches Gerät“	Damit wir ein elektrisches Gerät, wie eine Lampe, nutzen können,	
Einblenden Kasten „Energiequelle“	brauchen wir eine Energiequelle, wie eine Batterie,	
Verbindung beider Kästen	und einen geschlossenen Stromkreis.	
Punkte als Elektronen einblenden	Die Energiequelle sorgt dafür, dass die Elektronen, die sich im gesamten Stromkreis befinden, im Kreis strömen.	
Pfeil für Energie	Dabei übertragen sie Energie von der Energiequelle auf die Lampe, die dann leuchtet.	
Einblenden Satz: Strom wird nicht verbraucht.	Dabei wird kein Strom verbraucht.	
Danach: Ausblenden von allem	Die Elektronen bewegen sich weiter im Stromkreis.	
Einblenden: Stromstärke	Wie schnell sich die Elektronen im Stromkreis bewegen, sagt uns, wie groß die Stromstärke in einem Stromkreis ist.	

	Die Stromstärke hat nichts mit der Kraft der Elektronen zu tun, sondern mit ihrer Bewegung.	
Einblenden der Definition	Sie gibt an, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters bewegen.	
Einblenden Fragezeichen	Aber was heißt das genau?	
Einblenden Parkwächter und Eingangstor, Gedankenblase	Stell dir vor, ein Parkwächter steht vor einem Eingangstor und zählt, wie viele Gäste an einem Tag durch das Tor gehen.	
Einblenden eines Gastes	Die Zahl der Gäste ist die Stromstärke.	
Viele Gäste vor dem Tor	Gehen viele Gäste durch das Tor, ist die Stromstärke hoch.	
Wenig Gäste vor dem Tor	Gehen wenig Gäste durch das Tor, ist die Stromstärke niedrig.	
Kleiner machen des Bildes. Einblenden des Leiterausschnittes auf der rechten Seite. Messgerät als Überschrift?	In einem Stromkreis übernimmt ein Messgerät die Aufgabe des Parkwächters.	
Einblenden der Elektronen. Und des Querschnitts	Die Gäste sind hier Elektronen, die sich nicht durch das Tor, sondern durch den Querschnitt des Leiters bewegen.	
Einblenden einer Uhr: 1 Sekunde	Da sich die Elektronen viel schneller als Menschen bewegen, zählt das Gerät nicht, wie viele Elektronen sich an einem Tag durch den Querschnitt bewegen.	
	Es zählt, wie viele Elektronen sich in einer Sekunde durch den Querschnitt bewegen.	
Viele Elektronen im Leiterausschnitt	Strömen viele Elektronen in einer Sekunde durch den Querschnitt, ist die Stromstärke hoch. Strömen wenige Elektronen in einer Sekunde durch den Querschnitt, ist die Stromstärke niedrig.	
Einblenden: Messen der Stromstärke	Natürlich können wir die Stromstärke messen.	
Einheit: Ampere	Die Einheit für die Stromstärke ist Ampere.	
	Sehen wir uns das in unserem schon bekannten Versuch an:	
Einblenden einer Batterie, Lampe und Messgerät	Wir haben nun wieder eine Batterie, eine Lampe und diesmal auch ein Messgerät.	DidLab [Foto]

	Das Messgerät bauen wir zwischen Batterie und Lampe ein.	DidLab [Foto]
	Die Bauteile werden miteinander durch Kabel verbunden.	DidLab [Foto]
	Dass Messgerät misst, wie viele Elektronen an dieser Stelle im Stromkreis vorbei strömen.	
Ran zoomen bzw. in kleinem Ausschnitt die Anzeige des Messgeräts zeigen.	In unserem Versuch zeigt das Messgerät eine Stromstärke von … Ampere.	
	Die Stromstärke ist dabei überall im Stromkreis gleich.	
Unten klein die Fahrradkette einblenden(?)	Bestimmt kannst du dich erinnern, dass sich Elektronen wie eine Fahrradkette immer gemeinsam bewegen.	
	Dadurch ist ihre Geschwindigkeit überall im Stromkreis gleich.	
Messgerät noch einmal hinter der Lampe einbauen. Wieder Ausschnitt der Anzeige.	Es ist egal ob wir die Stromstärke vor oder hinter der Lampe messen. Es strömen immer gleich viele Elektronen durch.	
Unten: Die Stromstärke ist überall gleich. Danach: Ausblenden	Die Stromstärke ist also überall gleich.	
Einblenden Überschrift: Zusammenfassung	**Fassen wir das noch einmal zusammen:**	
Wieder einblenden des vorherigen Bildes	In einem geschlossenen Stromkreis bewegen sich Elektronen.	
	Sie übertragen Energie von der Energiequelle zum elektrischen Gerät.	
Einblenden des Merksatzes	Dabei wird kein Strom verbraucht.	
Stromstärke gibt an, wie viele Elektronen in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters strömen	Die Stromstärke gibt an, wie viele Elektronen in einer Sekunde durch einen Querschnitt des Leiters strömen.	
Die Stromstärke ist überall im Stromkreis gleich.	Die Stromstärke ist überall im Stromkreis gleich.	



Auswertung	
Sätze	**59**
Wörter	**761**
unterschiedliche Wörter	**220**
Wörter pro Satz	**12,90**
Silben	**1315**
Silben pro Wort	**1,73**
Kommata pro Satz	**0,85**
Zeichen	**5005**
Lange Wörter	**22** (2,89 %)
Lange Sätze	0
Phrasen	**4** (1,05 %)
Füllwörter	**39** (5,12 %)
Anglizismen	**1** (0,13 %)

Lesbarkeitsindex

48	Flesch (engl. Formel)
66	Flesch (dt. Formel)
über 80	**anspruchslos** *Comic, Werbetext*
71 - 80	**sehr einfach** *Boulevard-Zeitung, Belletristik*
61 - 70	**einfach** *Anleitungen, Rezepte, Belletristik*
46 - 60	**durchschnittlich** *Online-Zeitung, Belletristik*
36 - 45	**schwierig** *Gesetzestexte, Geschäftsbedingungen*
unter 35	**sehr schwierig** *Doktorarbeiten*

Vergleiche im Bereich Belletristik:
Von uns getestete E-Books aus diversen Genres lagen bei Flesch-Werten (dt.) zwischen 63 und 74, der Füllwörter-Anteil zwischen knapp 4 und über 8 Prozent.

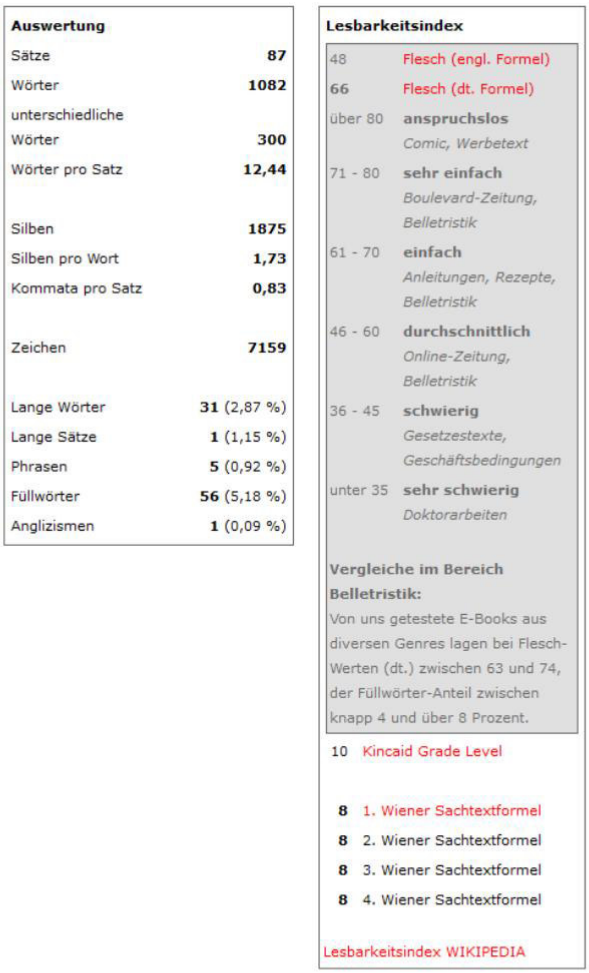
10	Kincaid Grade Level
8	1. Wiener Sachtextformel
8	2. Wiener Sachtextformel
8	3. Wiener Sachtextformel
8	4. Wiener Sachtextformel

Lesbarkeitsindex WIKIPEDIA

Textanalyse:

Zeichen gesamt: 5005
Wörter gesamt: 761
Füllwörter: 55 (7.23%)

Abbildung 13: Ergebnisse der Textanalyse für das Skript des minimalistischen Videos



Auswertung	
Sätze	**87**
Wörter	**1082**
unterschiedliche Wörter	**300**
Wörter pro Satz	**12,44**
Silben	**1875**
Silben pro Wort	**1,73**
Kommata pro Satz	**0,83**
Zeichen	**7159**
Lange Wörter	**31** (2,87 %)
Lange Sätze	**1** (1,15 %)
Phrasen	**5** (0,92 %)
Füllwörter	**56** (5,18 %)
Anglizismen	**1** (0,09 %)

Lesbarkeitsindex

48	Flesch (engl. Formel)
66	Flesch (dt. Formel)
über 80	**anspruchslos** *Comic, Werbetext*
71 - 80	**sehr einfach** *Boulevard-Zeitung, Belletristik*
61 - 70	**einfach** *Anleitungen, Rezepte, Belletristik*
46 - 60	**durchschnittlich** *Online-Zeitung, Belletristik*
36 - 45	**schwierig** *Gesetzestexte, Geschäftsbedingungen*
unter 35	**sehr schwierig** *Doktorarbeiten*

Vergleiche im Bereich Belletristik:
Von uns getestete E-Books aus diversen Genres lagen bei Flesch-Werten (dt.) zwischen 63 und 74, der Füllwörter-Anteil zwischen knapp 4 und über 8 Prozent.

10	Kincaid Grade Level
8	1. Wiener Sachtextformel
8	2. Wiener Sachtextformel
8	3. Wiener Sachtextformel
8	4. Wiener Sachtextformel

Lesbarkeitsindex WIKIPEDIA

Textanalyse:

Zeichen gesamt: 7158
Wörter gesamt: 1082
Füllwörter: 79 (7.3%)

Abbildung 14: Ergebnisse der Textanalyse für das Skript des Kontrollvideos

10.5 Ergebnisse der Textanalyse

10.6 Kodierungsplan

Kodierungsplan

Merkmal/Aufgabe	Merkmalstyp	Ausprägung	Kodierung
Gruppe	Nominal, diskret, dichotom	Testgruppe Kontrollgruppe	1 2
Test	Nominal, diskret, dichotom	Vortest Nachtest	1 2
Geschlecht	Nominal, diskret, dichotom	Weiblich männlich	1 2
Vornote	Ordinal, diskret	1 2 3 4 5 6 Keine Angabe	1 2 3 4 5 6 -999
Erfahrung Erklärvideo	Nominal, diskret, dichotom	Ja Nein	1 2
Grund Erklärvideo	Nominal, diskret		
Lehrkraft		Nicht ausgewählt ausgewählt	0 1
Interesse		Nicht ausgewählt ausgewählt	0 1
Hausaufgaben		Nicht ausgewählt ausgewählt	0 1
Test/Klassenarbeit		Nicht ausgewählt ausgewählt	0 1
Weiterer Grund		Nicht ausgewählt ausgewählt	0 1
Angabe des Grundes		Neugier „nicht verstanden“ Anleitung	2 3 4
Häufigkeit	Ordinal, diskret	< 1x pro Monat 1x pro Monat 1x pro Woche > 1x pro Woche	1 2 3 4
Rückmeldung Video	Ordinal, diskret		1-4

Aufgabe 1			
Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Lampe leuchtet in	Skala, diskret	A B C D Weiß nicht	0 0 1 0 -99
Elektrischer Strom ist vorhanden in	Skala, diskret	A B C D Weiß nicht	0 0 1 0 -99
Elektrische Stromstärke	Skala, diskret	A B C D Weiß nicht	0 0 1 0 -99

Aufgabe 2			
Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Der elektrische Strom überträgt Energie [A2.1]	Skala, diskret	Richtig Falsch	1 0
In der Batterie ist elektrischer Strom [A2.2]	Skala, diskret	Richtig Falsch	0 1
Elektrische Geräte verbrauchen elektrischen Strom [A2.3]	Skala, diskret	Richtig Falsch	0 1
Damit elektrischer Strom fließen kann, muss der Stromkreis geschlossen sein [A2.4]	Skala, diskret	Richtig Falsch	1 0
Elektronen starten bei der Batterie [A2.5]	Skala, diskret	Richtig Falsch	0 1
Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen [A2.6]	Skala, diskret	Richtig Falsch	1 0

Aufgabe 3			
Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Die Lampe verbraucht den Strom vollständig [A3.1]	Skala, diskret	Richtig Falsch Weiß nicht	0 1 99
Die Lampe verbraucht etwas Strom [A3.2]	Skala, diskret	Richtig Falsch Weiß nicht	0 1 99
Der elektrische Strom von der Batterie zur Lampe kommt völlig unverbraucht zurück [A3.3]	Skala, diskret	Richtig Falsch Weiß nicht	1 0 99
Die Lampe treibt den elektrischen Strom an [A3.4]	Skala, diskret	Richtig Falsch Weiß nicht	0 1 99
Die Batterie treibt Elektronen an [A3.5]	Skala, diskret	Richtig Falsch Weiß nicht	1 0 99

Aufgabe 4			
Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Wie hell werden die Lampen leuchten? [A4.1]	Skala, diskret	Beide leuchten, L1 heller Beide leuchten, L2 heller Beide gleich hell L1 leuchtet L2 leuchtet	0 0 1 0 0
Wie erklärst du deine Entscheidung? [A4.2]	Skala, diskret	L1 verbraucht Strom L1 verbraucht Teil Strom überall gleich Strom gleich aufgeteilt L2 bekommt mehr Strom	0 0 1 0 0

Aufgabe 5			
Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Was kannst du über die Stromstärke in den Punkten A und B aussagen? [A4.1]	Skala, diskret	I bei A größer I bei B größer I ist bei A und B gleich	0 0 1
Wie erklärst du deine Entscheidung? [A4.2]	Skala, diskret	Gleiche Strom überall Teil des Stroms verbraucht Gesamte Strom verbraucht	1 0 0

Fehlende Antwort: -999

Begründungen der Antworten

Aufgabe 2.1

Merkmal	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Der elektrische Strom überträgt Energie	nominal	„weil ohne Strom gibt es auch keine Energie“	2
		„weil er Strom produziert	3
		„Elektrischer Strom ist Energie“	4
		„Weil da ein Stromkreislauf ist“	5
		„Elektronen übertragen Energie“	6
		„Weil er auf Metall flitzt und dann auf die Lampe“	7
		„Was sollte der Strom sonst tun, außer Energie zu übertragen“	8
		„Strom leitet durch Kabel und durch andere Dinge“	9
		„Weil wenn sich die Elektronen bewegen, dann ist da ja schon Energie“	10
		„Ja, weil wenn es auf ein Gerät trifft es anleitet“	11
		„Weil es Elektronen überträgt“	12

Aufgabe 2.2

Merkmal	Merkmalstyp	Ausprägung	Kodierung
In der Batterie ist elektrischer Strom	nominal	„Weiß ich nicht“	-99
		„ja, weil es andere Geräte aufladen soll“	2
		„weil der Strom sonst nicht weitergeleitet werden kann“	3
		„Weil die Lampe leuchtet, wenn sie mit ihr in Berührung kommt“	4
		„In der Batterie ist Energie was vom Strom erzeugt wird“	5
		„Weil eine Batterie das so an sich hat / was soll sie sonst tun?“	6
		„Strom wird verbraucht“	7
		„Sonst kann sie nicht leuchten“	8
		„Weil sie leer wird“	9
		„JA“	10
		„Es wird Elektronik gespeichert“	11
		„Und Elektronen“	12
		„Weil es erst anfängt Strom zu machen, wenn es angeschlossen ist“	13
		„Nein“	14

Aufgabe 2.3

Merkmal	Merkmalstyp	Ausprägung	Kodierung
3Elektrische Geräte verbrauchen elektrischen Strom	nominal	„Weiß ich nicht“	-99
		„Es ist physikalisch falsch (vernichten)“	2
		„Nein, weil es wird aufgeladen und verbraucht Strom“	3
		„Strom fließt immer weiter“	4
		„Man kann elektrischen Strom nicht verbrauchen, nur umwandeln“	5
		„Er wird verbraucht wie in einem Kreislauf“	6
		„Strom (Elektronen) wird in einem Kreislauf laufen!	7
		„Da es in den Akku vom Handy rein geht und später wieder rausgeht/Weil die Geräte ihn aufnehmen“	8
		„Srom wird zu Energie umgewandelt“	9
		„In diesem Przess werden auch Batterien leer verbraucht/Der Strom wird verbraucht, da elektrische Geräte ihn verwenden“	10
		„Er fließt ja nicht dahin und funktioniert dann nicht mehr“	11
	XXX	„Weil es andere Geräte auflädt und wir die Energie verbrauchen“	12
		„Es wird schwächer“	13
		„Strom wird als	14

		Energie verwendet“	
		„Elektronik verbraucht Energie“	15
		„Es wird nur Energie verbraucht“	16
		„Weil das nicht richtig ist“	17
		„Aber nur bei Steckdosenstrom“	18

Aufgabe 2.4

Merkmal	Merkmalstyp	Ausprägung	Kodierung
Damit elektrischer Strom fließen kann, muss der Stromkreis geschlossen sein	nominal	„Weiß ich nicht“	-99
		„Ja weil sonst kein Strom fließen kann und die Elektronen nicht da sind“	2
		„Er muss auch wieder zurück fließen“	3
		„Weil kein Strom rausfließen kann wenn er geschlossen ist“	4
		„Sonst kann keine Energie gebraucht werden“	5
		„Weil sonst kein Strom geleitet werden kann“	6
		„sonst wird er abgeleitet“	7
		„Weil Strom auch durch Wasse roder Metalle fließen kann“	8
		„ Er muss geschlossen sein“	9
		„Sonst bekommt nur eine Seite Strom“	10
		„Ja“	11
		„Sonst können die Elektronen keine Energie übertragen“	12

Aufgabe 2.5

Elektronen starten bei der Batterie	nominal	„Weil man muss das Kabel ja anschließen damit man Strom hat„	2
		Doch, drt sind Elektronen drin“	3
		„Da sind immernoch ein bisschen Elektronen drin“	4
		„Elektronen bekommen Energie durch die Steckdose und können dadurch laufen“	5
		„Es sind Elektronen im Kabel“	6
		„Die Batterie wird ja aufgeladen, deshalb sind da Elektronen da“	7
		„Es sind immer Elektronen im Kabel, nur sind die nicht so stark“	8
		„Elektronen sind immer da“	9
		„Es sind immer Elektronen im Kabel, nur wenn sie angeschlossen sind, dann fließen sie“	10
		„Weil kein Strom am Kabel ist“	11
		„Weil die Elektronen von der Batterie kommen“	12
		„Elektronen sind in jedem elektrischen Leiter“	13
	XXXIII	„Sie sind da gespeichert“	14
		„Wenn Strom fließt sind da auch Elektronen“	15

		„Weil das Kabel leitet und speichert keinen Strom“	16
		„Ich verstehe die Frage nicht“	17
		„Weil das sonst keinen Sinn macht“	18
		„Weil es erstmal Elektronen erzeugen muss“	19
		„Elektronen sind überall“	20

Aufgabe 2.6

Merkmal	Merkmalstyp	Ausprägung	Kodierung
Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen	nominal	„weiß ich nicht“	-99
		„elektrischer Strom die Elektronen antreibt“	2
		„es leitet die Elektronen (transportiert)“	3
		„die Elektronen kommen ins Kabel, dann geht der Strom los“	4
		„ja, weil die Elektronen Strom leiten“	5
		„JA weil das Elektron Strom ist“	6
		„Nur durch Strom können Elektronen leben“	7
		„Elektronen wandern durch den Kreislauf“	8
		„Weil ohne Strom kann das ja nicht gehen“	9
		„Was sollte Strom sonst tun“	10
		„Das Stimmt“	11
		Sonst gäbe es keinen Strom	12

10.7 Ergebnisse der Testauswertung

Häufigkeiten von $Rezeptionsgründe

		Antworten		Prozent der Fälle
		N	Prozent	
Gründe für das Ansehen von Erkläsrvideo[a]	Lehrkraft	42	34,7%	58,3%
	Interesse	11	9,1%	15,3%
	Hausaufgaben	22	18,2%	30,6%
	Testvorbereitung	40	33,1%	55,6%
	Weiteres	6	5,0%	8,3%
Gesamt		121	100,0%	168,1%

a. Dichotomie-Gruppe tabellarisch dargestellt bei Wert 1.

Abbildung 15: Häufigkeiten der genannten Gründe, aus denen die Probanden Erklärvideos sehen.

Häufigkeit

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	2	2,7	3,0	3,0
	<1x pro Monat	33	44,0	50,0	53,0
	1x pro Monat	25	33,3	37,9	90,9
	1x pro Woche	3	4,0	4,5	95,5
	>1x pro Woche	3	4,0	4,5	100,0
	Gesamt	66	88,0	100,0	
Fehlend	-999	8	10,7		
	-99	1	1,3		
	Gesamt	9	12,0		
Gesamt		75	100,0		

Abbildung 16: Häufigkeit der Rezeption von Erklärvideos.

10.7.1 Überprüfung von Reliabilität und Normalverteilung

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	75	100,0
	Ausgeschlossen[a]	0	,0
	Gesamt	75	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,640	18

Item-Skala-Statistiken

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
A1.1V	7,95	8,403	,297	,620
A1.2V	8,47	8,604	,142	,639
A1.3V	8,52	8,794	,085	,646
A2.1V	7,87	9,063	,032	,646
A2.2V	8,65	8,851	,127	,638
A2.3V	8,16	8,406	,196	,632
A2.4V	8,08	7,939	,401	,604
A2.5V	8,33	8,604	,120	,644
A2.6V	8,11	8,394	,213	,630
A3.1V	8,32	8,545	,139	,641
A3.2V	8,52	9,037	-,009	,657
A3.3V	8,69	8,837	,180	,634
A3.4V	8,15	7,667	,482	,591
A3.5V	8,09	8,167	,304	,617
A4.1V	8,24	7,969	,347	,610
A4.2V	8,41	8,030	,344	,611
A5.1V	8,31	7,729	,438	,596
A5.2V	8,28	7,880	,379	,606

Tabelle 11: Überprüfung der Reliabilität des Vortests

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

		N	%
Fälle	Gültig	75	100,0
	Ausgeschlossen[a]	0	,0
	Gesamt	75	100,0

a. Listenweise Löschung auf der Grundlage aller Variablen in der Prozedur.

Reliabilitätsstatistiken

Cronbachs Alpha	Anzahl der Items
,544	18

Item-Skala-Statistiken

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
A1.1N	11,47	6,387	,219	,525
A1.2N	11,91	6,707	-,015	,570
A1.3N	11,85	6,316	,142	,538
A2.1N	11,49	6,902	-,038	,556
A2.2N	12,23	7,556	-,366	,611
A2.3N	11,63	6,345	,195	,527
A2.4N	11,49	6,659	,133	,537
A2.5N	11,95	6,835	-,063	,579
A2.6N	11,57	6,599	,098	,543
A3.1N	11,69	6,107	,273	,513
A3.2N	11,84	5,974	,287	,508
A3.3N	11,76	6,158	,225	,521
A3.4N	11,79	6,521	,065	,553
A3.5vN	11,56	6,358	,243	,521
A4.1N	11,64	5,828	,450	,481
A4.2N	11,75	5,705	,437	,478
A5.1N	11,69	5,540	,553	,456
A5.2N	11,72	5,610	,499	,466

Tabelle 12: Überprüfung der Reliabilität des Nachtests

Deskriptive Statistik[a]

			Statistik	Standard Fehler
Erreichte Punktzahl im Vortest	Mittelwert		8,48	,500
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	7,46	
		Obergrenze	9,49	
	5% getrimmtes Mittel		8,44	
	Median		9,00	
	Varianz		9,999	
	Standard Abweichung		3,162	
	Minimum		3	
	Maximum		15	
	Spannweite		12	
	Interquartilbereich		5	
	Schiefe		-,052	,374
	Kurtosis		-,744	,733
Erreichte Punktzahl im Nachtest	Mittelwert		12,75	,347
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	12,05	
		Obergrenze	13,45	
	5% getrimmtes Mittel		12,86	
	Median		13,00	
	Varianz		4,808	
	Standard Abweichung		2,193	
	Minimum		6	
	Maximum		16	
	Spannweite		10	
	Interquartilbereich		2	
	Schiefe		-,678	,374
	Kurtosis		1,070	,733

a. Gruppe = Testgruppe

Tabelle 13: Deskriptive Statistik für die Testergebnisse der Testgruppe

Deskriptive Statistik[a]

			Statistik	Standard Fehler
Erreichte Punktzahl im Vortest	Mittelwert		9,11	,488
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	8,12	
		Obergrenze	10,11	
	5% getrimmtes Mittel		9,15	
	Median		10,00	
	Varianz		8,339	
	Standard Abweichung		2,888	
	Minimum		2	
	Maximum		16	
	Spannweite		14	
	Interquartilbereich		4	
	Schiefe		-,338	,398
	Kurtosis		,263	,778
Erreichte Punktzahl im Nachtest	Mittelwert		12,03	,514
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	10,98	
		Obergrenze	13,07	
	5% getrimmtes Mittel		12,17	
	Median		12,00	
	Varianz		9,264	
	Standard Abweichung		3,044	
	Minimum		5	
	Maximum		16	
	Spannweite		11	
	Interquartilbereich		5	
	Schiefe		-,560	,398
	Kurtosis		-,571	,778

a. Gruppe = Kontrollgruppe

Tabelle 14: Deskriptive Statistik für die Testergebnisse der Kontrollgruppe

10.7.2 Untersuchung von Hypothese 1

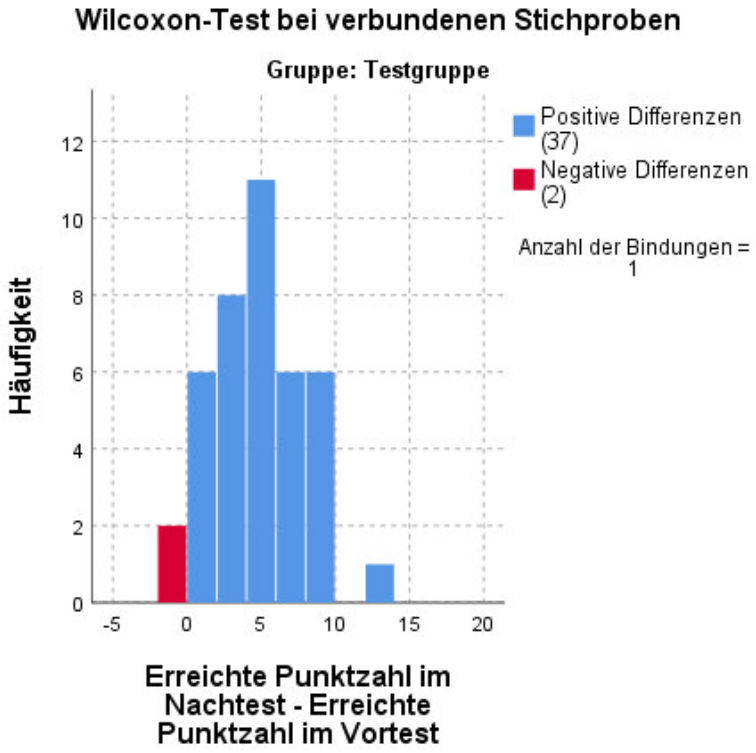


Abbildung 17: Darstellung der Differenz zwischen der erreichten Punktzahl in Vor- und Nachtest für die Testgruppe.

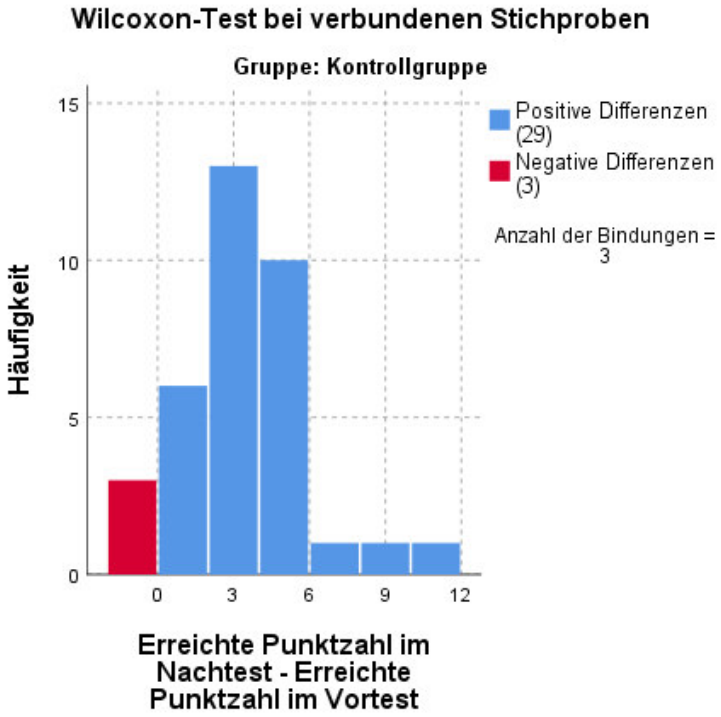


Abbildung 18: Darstellung der Differenz zwischen der erreichten Punktzahl in Vor- und Nachtest für die Testgruppe.

10.7.3 Untersuchung von Hypothese 3

Deskriptive Statistik

Gruppe				Statistik	Standard Fehler
Testgruppe	Rückmeldung	Mittelwert		1,83	,113
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,60	
			Obergrenze	2,05	
		5% getrimmtes Mittel		1,78	
		Median		2,00	
		Varianz		,507	
		Standard Abweichung		,712	
		Minimum		1	
		Maximum		4	
		Spannweite		3	
		Interquartilbereich		1	
		Schiefe		,717	,374
		Kurtosis		,948	,733
Kontrollgruppe	Rückmeldung	Mittelwert		2,60	,170
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2,25	
			Obergrenze	2,95	
		5% getrimmtes Mittel		2,61	
		Median		3,00	
		Varianz		1,012	
		Standard Abweichung		1,006	
		Minimum		1	
		Maximum		4	
		Spannweite		3	
		Interquartilbereich		1	
		Schiefe		-,015	,398
		Kurtosis		-1,045	,778

Tabelle 15: Deskriptive Statistik der Rückmeldungen zu den Erklärvideos beider Gruppen.

Universität Bremen

Urheberrechtliche Erklärung

für schriftliche Arbeiten

Bei Abschlussarbeiten ist diese Erklärung verpflichtend in jedes Exemplar der Arbeit einzubinden.

Nachname: Rösler

Vorname/n: Alyssa Rebecca

Matrikelnummer: 2894980

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Alle Stellen, die ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken entnommen habe, habe ich unter Angabe der Quellen als solche kenntlich gemacht.

Datum: 24.07.2019

Unterschrift: A. Rösler

Einverständniserklärung

zur elektronischen Überprüfung der eingereichten Arbeit auf Plagiate

Eingereichte Arbeiten können mit der Software Plagscan auf einen hauseigenen Server auf Übereinstimmung mit externen Quellen und der institutionseigenen Datenbank untersucht werden.

Zum Zweck des Abgleichs mit zukünftig zu überprüfenden Studien- und Prüfungsarbeiten kann die Arbeit dauerhaft in der institutionseigenen Datenbank der Universität Bremen gespeichert werden.

Mit meiner Unterschrift erkläre ich mich einverstanden,

☒ dass die von mir vorgelegte und verfasste Arbeit zum Zweck der Überprüfung auf Plagiate auf den Plagscan-Server der Universität Bremen hochgeladen wird.

☒ dass die von mir vorgelegte und verfasste Arbeit zum o.g. Zweck dauerhaft auf dem Plagscan-Server der Universität Bremen gespeichert wird.

Datum: 24.07.2019

Unterschrift: A. Rösler

Hinweis

Im Jahr 2019 wird die Software zunächst in einigen Fachbereichen eingesetzt. Dieser Abschnitt ist daher nur für Studierende der Fachbereiche 04, 07, 08, 10 und 11 zu berücksichtigen.

Das Einverständnis mit der Überprüfung durch die Plagiatsoftware und der dauerhaften Speicherung des Textes ist freiwillig. Die Einwilligung kann jederzeit durch Erklärung gegenüber der Universität Bremen mit Wirkung für die Zukunft widerrufen werden.

Weitere Informationen zur Überprüfung von schriftlichen Arbeiten durch die Plagiatsoftware sind im Nutzungs- und Datenschutzkonzept enthalten.

.....

Erklärung zur Veröffentlichung von Abschlussarbeiten

Abschlussarbeiten werden zwei Jahre nach Studienabschluss dem Archiv der Universität Bremen zur dauerhaften Archivierung angeboten.

Archiviert werden:
1) Masterarbeiten mit lokalem oder regionalem Bezug sowie pro Studienfach und Studienjahr 10 % aller Abschlussarbeiten
2) Bachelorarbeiten des jeweils ersten und letzten Bachelorabschlusses pro Studienfach und Jahr.

Bitte kreuzen Sie Zutreffendes an:

⊗ Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.

○ Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit nach frühestens 30 Jahren (gem. §7 Abs. 2 BremArchivG) im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.

○ Ich bin nicht damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit im Universitätsarchiv für wissenschaftliche Zwecke von Dritten eingesehen werden darf.

Datum: 24.07.2019

Unterschrift: A. Röster