UNIVERSITÄT PADERBORN
FAKULTÄT FÜR NATURWISSENSCHAFTEN
INSTITUT FÜR DIDAKTIK DER PHYSIK
PROF. DR. CHRISTOPH KULGEMEYER

Untersuchung von Erklärvideos im Physikunterricht - Wirksamkeit von Kohärenz

Masterarbeit

Zum Erlangen des Master of Education
Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen Master
Fächer: Physik und Deutsch

Vorgelegt von:
Madeleine Hörnlein

Erstgutachter: Prof. Dr. Christoph Kulgemeyer
Zweitgutachterin: Dr. Yvonne Webersen

Paderborn, den 21.07.2021

Zusammenfassung

Erklärvideos gewinnen auch im Kontext des Physikunterrichts verstärkt an Relevanz. Um zu evaluieren, welche Gestaltungsaspekte ein wirkungsvolles Erklärvideo ausmachen, ist es das Ziel der vorliegenden Masterarbeit herauszufinden, welchen Einfluss die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos hat. Dazu wird die Forschungsfrage gestellt: „Welchen Einfluss hat die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos auf den dadurch hervorgerufenen Lernzuwachs im Vergleich zu einem in der Hinsicht nicht optimierten Video?“ Um die Forschungsfrage zu beantworten, ist eine quantitative Studie im Prä- und Posttestdesign mit Schüler:innen der Jahrgangsstufe Q1 durchgeführt worden. Außerdem wurde in verschiedenen Kategorien nach einer Bewertung der Videos gefragt. Die Auswertung zeigt, dass durch das optimierte Video mit einem kleinen Effekt bessere Ergebnisse erzielt wurden, diese aber nicht signifikant und auch nicht für alle Aufgaben besser sind. Die Schüler:innen bewerteten das nicht optimierte Video in allen Kategorien besser als das optimierte Video. Auch dieses Ergebnis ist nicht signifikant.

Abstract

Explanatory videos are also becoming increasingly relevant in the context of physics education in school. In order to evaluate which design aspects cause an effective explanatory video, the aim of this master's thesis is to find out what influence the coherent design of an explanatory video has. In order to this, the following research question is asked: "What influence does the coherent design of an explanatory video have on the learning gains it evokes compared to a video that is not optimized in this regard?" In order to answer the research question, a quantitative study in a pretest and posttest design has been conducted with students in grade Q1. In addition, students were asked to rate the videos in various categories. The evaluation shows that the optimized video achieved better results with a small effect, but that these results were not significant and not better for all of the tasks. The students rated the non-optimized video better than the optimized video in all categories. This result is also not significant.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
2 Theoretischer Hintergrund 3
2.1 Erklären 3
2.1.1 Begriffsklärung Erklären 3
2.1.1 Forschungsstand Erklären 5
2.2 Erklärvideos 6
2.2.1 Begriffsklärung Erklärvideos 6
2.2.2 Relevanz von Erklärvideos 7
2.2.3 Qualitätskriterien an Erklärvideos 9
2.2.4 Forschungsstand Erklärvideos 12
2.3 Lernen mit Multimedia 13
2.3.1 Medien im Unterricht 13
2.3.2 Theorien zum Lernen mit Multimedia 13
2.3.3 Cognitive Load Theory 17
2.4 Kriterien für Textverständlichkeit 18
2.5 Kohärenz 21
2.5.1 Begriffsklärung 21
2.5.2 Erzeugung von Kohärenz 22
2.5.3 Forschungsstand zum Einfluss von Kohärenz 24
2.6 Bemerkungen zum Inhalt der Erklärvideos 25
2.6.1 Fachlicher Inhalt und Kontexteinbettung 26
2.6.2 Sachstruktur des Themenbereichs 29
2.6.3 Curricularer Bezug 30
2.6.4 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zum Thema 32
2.6.5 Evaluiertes Unterrichtskonzept zur elektromagnetischen Induktion 33
3 Forschungsfragen 35
4 Design der Videos 36
4.1 Didaktische Bemerkungen 36
4.1.1 Zielgruppe und Lernvoraussetzungen 36
4.1.2 Elementarisierung 36
4.2 Skripte der Videos 37
4.2.1 Skript des Versuchsvideos 38
4.2.2 Skript des Kontrollvideos 40
4.3 Erstellung der Videos 42
4.4 Vergleichende Betrachtung der Videos 43
5 Methodik und Studiendesign 47

5.1 Ziel und Begründung des Vorgehens 47
5.2 Erhebungsinstrument 48
5.2.1 Testaufgaben 48
5.2.2 Prä- und Posttest 50
5.2.3 Gütekriterien 51
5.3 Stichprobe 52
5.4 Ablauf und Rahmenbedingungen 54
5.4.1 Geplanter Ablauf 54
5.4.2 Reflexion der Durchführung 55
5.5 Auswertungsmethodik 56
6 Ergebnisse 59
7 Diskussion 68
8 Fazit und Ausblick 73
9 Literaturverzeichnis 75
10 Plagiatserklärung 80
A Anhang I
A.1 Visualisierungen in den Videos I
A.2 Analyse der Skripte nach Kulgemeyer und Starauschek (2014) III
A.3 Erhebungsinstrument IV
Aufbau der Befragung IV
Musterlösungen XI
A.4 Auswertung XII
Kodierungsplan XII
Bewertungsmanual zur Freitextfrage XIV
A.5 Ergebnisse XV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Prozess des Erklärens zur Vermittlung physikalischer Inhalte (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, S. 116). 4
Abbildung 2: Darstellung der kognitiven Theorie multimedialen Lernens (Mayer 2001, S. 44) entnommen aus: (Schmidt-Borcherding 2020, S. 66) 15
Abbildung 3: Die unterschiedlichen Darstellungsebenen beim Wechsel der Darstellungsformen (Leisen 2010, S. 35). 19
Abbildung 4: Richtung des Magnetfeldes B durch die von einer Leiterschleife umschlossene Fläche A im Winkel θ (Tipler und Mosca 2015, S. 914). 26
Abbildung 5: Änderung des magnetischen Flusses durch eine Leiterschleife (Tipler und Mosca 2015, S. 916). 28

Abbildung 6: Sachstruktur des Themenbereichs „Elektroynamik“ nach Impulse Physik für die Qualifikationsphase Grundkurs (Blüggel et al. 2019). 29

Abbildung 7: Histogramme der Häufigkeit der vergebenen Punkte über alle Teilnehmer im Prätest (links) und Posttest (rechts). 60

Abbildung 8: Lernzuwachs pro Aufgabe dargestellt für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange) mit Standardfehler vom Mittelwert. 62

Abbildung 9: Hake Faktor g für die einzelnen Aufgaben für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange). 63

Abbildung 10: Histogramme für die Häufigkeit der vergebenen Punkte in der Freitextfrage für die Versuchsgruppe (links) und Kontrollgruppe (rechts). 63

Abbildung 11: Mittlere Einschätzung der Videos dargestellt für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange) mit Standardfehler vom Mittelwert..... 66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien für gute Erklärvideos (Kulgemeyer 2020b, S. 423). 11

Tabelle 2: Verteilung der inhaltlichen Schwerpunkte auf die Testaufgaben..... 48

Tabelle 3: Verteilung von Geschlecht und Kursniveau auf die Versionen des Videos.. 53

Tabelle 4: Abstufung zur Interpretation der Effektstärke d (Rasch et al. 2010, S. 68). . 57

Tabelle 5: Abstufung zur Interpretation des Hake-Faktors g (Hake 1998, S. 65). 58

Tabelle 6: Konvention zur Interpretation des Korrelationskoeffizienten r (Rasch et al. 2010, S. 133)..... 58

Tabelle 7:Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse des Vortests. XV

Tabelle 8: Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse der subjektiven Einschätzung. XV

Tabelle 9: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Überprüfung der Normalverteilung bei den verschiedenen Skalen/Items. XV

Tabelle 10: Interkorrelationskoeffizient für die stichprobenartige Doppelcodierung der Freitextfrage..... XVI

Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Items des Leistungstests in der Versuchsgruppe. XVI

Tabelle 12: Deskriptive Statistik des Leistungstests in der Kontrollgruppe. XVII

Tabelle 13: Deskriptive Statistik der Antwortsicherheiten im Prätest, Posttest und gesamt für die Versuchsgruppe.....XVIII

Tabelle 14: Deskriptive Statistik zur Beurteilung des Videos und Selbsteinschätzung der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben im Posttest für die Versuchsgruppe. XVIII

Tabelle 15: Deskriptive Statistik der Antwortsicherheiten im Prätest, Posttest und gesamt für die Kontrollgruppe. XIX

Tabelle 16: Deskriptive Statistik zur Beurteilung des Videos und Selbsteinschätzung der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben im Posttest für die Versuchsgruppe. XIX

Tabelle 17: Korrelationsanalyse nach Spearman für verschiedene Variablen der Versuchsgruppe. XX

Tabelle 18: Korrelationsanalyse nach Spearman für verschiedene Variablen der Kontrollgruppe. XX

1 Einleitung

Das ohnehin schon aktuelle Thema Digitalisierung im Handlungsfeld Schule hat durch die Schulschließungen während der Covid-19 Pandemie gegenwärtig an Brisanz gewonnen. Nach einer aktuellen Schüler:innenbefragung mit 169 Teilnehmenden aller Schularten schildern Wacker et al. (2020), dass Lernende sich während des Fernunterrichts u.a. mehr Erklärvideos wünschen (vgl. Wacker et al. 2020, S. 91). Als Vorteile des Fernunterrichts gegenüber dem Präsenzunterricht oder als gewinnbringende Ergänzung sehen Lernende ebenso „die Möglichkeit, das Internet als Recherchequelle heranziehen zu können [sowie] die Nutzung von Videos zur Unterstützung von Verstehensprozessen" (Wacker et al. 2020, S. 90). Im Strategiepapier zur Bildung in der digitalen Welt der KMK ist ohnehin festgehalten, dass die Einbindung der digitalen Welt in jedem Fach erforderlich sei (vgl. KMK 2017, 12 f.). Ausgehend davon erscheint eine Auseinandersetzung mit Erklärvideos im Physikunterricht als sinnvoll und notwendig. Wolf stellt zudem fest: „Videoportale haben sich neben der reinen Unterhaltungsfunktion als eine Art visuelle Enzyklopädie sowohl des alltäglichen als auch des hochspezialisierten Wissens etabliert." (Wolf 2015, S. 121) Aus diesen Gegebenheiten ergibt sich die Relevanz der Beschäftigung mit Erklärvideos im Physikunterricht. Zum einen im Hinblick auf Videos, die Lernende rezipieren, zum anderen auf Projekte, in denen Lernende selbst solche Videos erstellen, erscheint es als notwendig, Qualitätskriterien für wirkungsvolle Erklärvideos zu physikalischen Themen zu untersuchen (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016).

Das Ziel ist es, am Ende der vorliegenden Arbeit neue Erkenntnisse über den Einfluss einer kohärenten Gestaltung von Erklärvideos zu gewinnen. In Erklärvideos präzise und kohärent zu erklären ist eine der Kernideen für wirkungsvolle Erklärvideos (vgl. Kulgemeyer 2020a).

Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine Interventionsstudie durchgeführt. Dazu werden zwei etwa fünfminütige Videos zum nach Qualitätskriterien für gute Erklärvideos erstellt. Wie für Interventionsstudien üblich wird mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe gearbeitet. Es wird ein überwiegend quantitatives Forschungsvorhaben gewählt. Die Versuchsgruppe erhält ein Video, das hinsichtlich der Kohärenz zwischen Sprache und Dar-

stellung sowie der Kohärenz des Gesagten optimiert ist. Ansonsten sind die Videos ähnlich gestaltet und verfolgen beide das Ziel, die physikalische Theorie der elektromagnetischen Induktion am Beispiel der Funktionsweise von Schütteltaschenlampen zu erläutern. Die Erklärung erfolgt in Anlehnung an eine Unterrichtskonzeption von Erfmann (2017), in der die elektromagnetische Induktion ausgehend vom magnetischen Fluss thematisiert wird. Die Datenerhebung erfolgt über einen Leistungstest im Prä- und Posttest verfahren sowie geschlossene Fragen zur Einschätzung der Qualität, insbesondere der Verständlichkeit, der Videos.

Um eine sinnvolle Struktur zu liefern, ist die Masterarbeit folgendermaßen aufgebaut. Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen der vorliegenden Arbeit dargestellt, indem auf bisherige Forschungen und Erkenntnisse zum Erklären und Erklärvideos eingegangen wird. Weiter werden Theorien zum Lernen mit Multimedia und zur Textverständlichkeit präsentiert. Daran anknüpfend werden Definitionen und Merkmale von Kohärenz dargestellt. Die theoretischen Grundlagen werden durch Überlegungen zum fachlichen Inhalt der Erklärvideos abgeschlossen. Aus alldem erfolgt die Herleitung der Forschungsfragen. Im nächsten Teil der Arbeit wird das Design der Erklärvideos als zentraler Untersuchungsgegenstand dargeboten. Nach Darstellung der Erhebungs- und Auswertungsmethodik, erfolgt die Dokumentation der Auswertung, sowie die Diskussion und Beantwortung der Forschungsfragen, bevor ein Fazit gezogen und ein Ausblick gegeben wird.

2 Theoretischer Hintergrund

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung von Qualitätsmerkmalen von Erklärvideos. Um Kriterien für gute Erklärvideos zu finden, könne man sich nach Kulgemeyer zum einen an der Forschung zum Lernen mit Multimedialität und zum anderen an Kriterien für gute Erklärungen orientieren, da diese das Ziel solcher Videos sind (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 71). Diese Überlegungen fließen in den Aufbau des theoretischen Hintergrunds in Kapitel 2.1 und 2.3 ein. Außerdem wird in Kapitel 2.6 ein Überblick über den fachlichen Inhalt der zu untersuchenden Erklärvideos gegeben.

2.1 Erklären

Dem folgend soll nun zunächst auf das Erklären Bezug genommen werden. Die sprachliche Verhandlung von Wissen, wozu auch das Erklären von Sachverhalten zu zählen sei, ist eine der Standardsituationen des Physikunterrichts (Leisen 2013).

2.1.1 Begriffsklärung Erklären

Erklärungen seien allgegenwärtig, tauchen in verschiedenen Formen auf und scheinen ein im Allgemeinen schon gut verstandenes Phänomen zu sein (vgl. Wittwer und Renkl 2008, S. 49). Der Definition der Kultusministerkonferenz folgend, bedeutet *Erklären*: „Einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen.“ (KMK 2004, S. 15) Neben den Erklärungen, die im Unterricht vorkommen und die in diesem Zitat gemeint sind, gibt es auch wissenschaftliche Erklärungen, die von den im Unterricht stattfindenden Erklärungen abzugrenzen sind (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, S. 113).

Hempel und Oppenheim (1948) definieren, dass eine Erklärung aus zwei Teilen bestehe, dem Explanandum und dem Explanans. Dabei sei das Explanandum der Satz, mit dem das Phänomen, das erklärt werden soll, beschrieben wird. Das Explanans seien dann die Aussagen, die zur Erklärung dieses Phänomens herangezogen werden. Das Explanans ließe sich in zwei Unterklassen einteilen. Zum einen bestehe es aus Sätzen, die Vorbedin-

gungen angeben und zum anderen aus Sätzen, die allgemeine Gesetzmäßigkeiten darstellen (Hempel und Oppenheim 1948, S. 136 f.). Das Explanandum, also das zu erklärende Phänomen wird dann deduktiv aus dem Explanans, dem allgemeinen zugrundeliegenden Gesetz hergeleitet. Dies sei häufig die einzige Form der Erklärung, die als wissenschaftliche Erklärung anerkannt würde (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, 112 f.). Zudem könnten auch (induktiv-)statische Erklärungen, bei denen das Phänomen nicht mehr logisch eindeutig hergeleitet werden kann, und funktionale Erklärungen ebenso wie narrative Erklärungen, wie sie bei Historikern benutzt werden, als wissenschaftlich angesehen werden (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, S. 113).

Gegenüber den wissenschaftlichen Erklärungen hätten Unterrichtserklärungen eine Vermittlungsabsicht. Daraus ergibt sich, dass Erklärungen im Unterricht einen kommunikativen Kern hätten, da Inhalte so aufbereitet werden müssten, dass sie vom Adressaten der Erklärung verstanden werden. Somit müss Erklären im Unterricht nicht nur logisch begründen, sondern auch veranschaulichen (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, S. 113). Solche Erklärungen können als instruktionale Erklärungen bezeichnet werden, worunter man die verbalen Bemühungen einer Lehrkraft verstehen könne, einen Sachverhalt verständlich zu machen. Neben gesprochener Sprache könne dies durch Medien, Darstellungsformen und Veranschaulichungsmittel unterstützt werden (vgl. Kulgemeyer 2020b, S. 405).

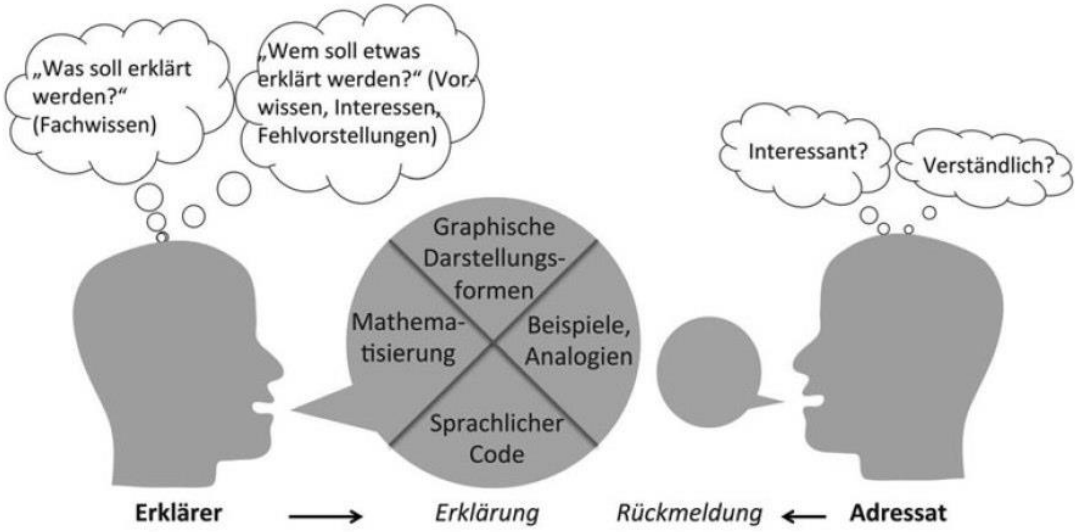


Abbildung 1: Der Prozess des Erklärens zur Vermittlung physikalischer Inhalte (Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, S. 116).

Der Prozess des Erklärens, wie er bspw. im Physikunterricht ablaufen könnte, ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Erklärer, also in den meisten Fällen, der Lehrer bietet eine Erklärung an, die bereits an das Vorwissen der Schüler:innen angepasst ist. Durch aktive Rückmeldungen, wie bspw. Fragen oder passive Rückmeldungen, wie bspw. Gesten, bekommt der Erklärer einen Eindruck, ob die Erklärung verständlich war, oder ob Unklarheiten geblieben sind. Ist das der Fall, kann der Erklärende die angebotene Erklärung modifizieren (vgl. Kulgemeyer und Tomczyszyn 2015, 115f.).

2.1.1 Forschungsstand Erklären

Wittwer und Renkl (2008) haben ebenso wie Kulgemeyer (2020b) ein Framework für effektive instruktionale Erklärungen entwickelt, wie sie im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig von der Lehrkraft ausgehend vorkommen (Kulgemeyer 2020b; Wittwer und Renkl 2008). Die sieben Kernideen, die beim Erklären berücksichtigt werden sollten und sich aus empirischen Untersuchungen ergeben, lauten (Kulgemeyer 2020b, S. 409–417):

1. Adressaten berücksichtigen: Adaption an Wissensstand und Interessen
2. Veranschaulichungswerkzeuge nutzen
3. Relevanz verdeutlichen und Prompts nutzen
4. Struktur geben
5. Präzise und kohärent erklären
6. Konzepte und Prinzipien erklären
7. In einen Unterrichtsgang einbetten

Die erste Kernidee bestätigen Wittwer und Renkl (2008), die festhalten, dass instruktionale Erklärungen an das Wissen der Lerner adaptiert werden sollte. Das Vorwissen der Lerner müsse mit einbezogen werden, um das neue Wissen in eine kohärente mentale Repräsentation einbetten zu können (vgl. Wittwer und Renkl 2008, 51 f.). Für die zweite Kernidee können Werkzeuge wie die Anpassung der Sprachebene, die Nutzung von Analogien und Beispielen sowie die Anpassung des Mathematisierungsgrads und die Wahl verschiedener Darstellungsformen und Experimente genutzt werden, die aber alle individuelle für jeden Adressaten angepasst werden müssten (vgl. Kulgemeyer 2020b, S. 413). Ein Kern der dritten Kernidee

ist es, wichtige Inhalte durch Prompts hervorzuheben. Der explizite Hinweis, durch den ein Teil der Erklärung als wichtig betont wird, führe dazu, dass Lernende aktiv mitdenken (vgl. Kulgemeyer 2020b, S. 413). Hinter der fünften Kernidee steht der Gedanke, dass der Lernende eine kohärente mentale Repräsentation konstruieren solle. Dies könne unterstützt werden, indem die Verbindungen zwischen Elementen verdeutlicht werden, dazu sollen bspw. die selben Wörter in Sätzen auftauchen und diese nicht durch Synonyme oder Pronomina ersetzt werden (vgl. Kulgemeyer 2020b, 414 f.). Die sechste Kernidee ist auch bei Wittwer und Renkl (2008) zu finden. Diese halten fest, dass dich instruktionale Erklärungen auf Konzepte und Prinzipien fokussieren sollten (vgl. Wittwer und Renkl 2008, 53 f.). Damit soll nicht nur fundamentales Wissen im jeweiligen Themenbereich erworben werden, sondern auch zur Lösung gegenwärtiger und zukünftiger Probleme verwendet werden können. Darüber hinaus formulieren Wittwer und Renkl (2008), dass instruktionale Erklärungen in die kognitiven Aktivitäten der Lernenden integriert werden sollten. Des Weiteren sollten sie die Aktivitäten der Lernenden zur Wissenskonstruktion nicht ersetzen (Wittwer und Renkl 2008, 55 f.).

2.2 Erklärvideos

Instruktionale Erklärungen können auch in sog. Erklärvideos dargeboten werden. Durch das veränderte Medium und die fehlende Kopräsenz von Erklärendem und Rezipienten ergeben sich Besonderheiten, die im Folgenden dargestellt werden.

2.2.1 Begriffsklärung Erklärvideos

Um Klarheit über den hier genutzten Begriff des Erklärvideos zu schaffen, soll der Begriff definiert und von anderen Bezeichnungen in diesem Zusammenhang abgegrenzt werden. Zunächst kann zwischen Filmen und Videos unterschieden werden. Ein Beispiel für Filme, die im Bildungskontext eingesetzt werden, seien Lehrfilme. Diese Lehrfilme seien dabei so gestaltet, dass dadurch Lern-Prozesse initiieret und unterstützt werden. Dabei könne es sich um das bloße Abfilmen eines didaktisch ausgearbeiteten Lehrvortrags bis

hin zu medial aufwändig gestalteten Produktionen handeln (vgl. Wolf 2015, S. 122). Des Weiteren sind im Bereich Film Dokumentarfilme, Kulturfilme und Propagandafilme zu nennen. Der Übergang zwischen diesen Klassifizierungen sei fließend. Letztere seien eher politisch motiviert manipulativ. Als Kulturfilme können staatlich produzierte Erklär- oder Aufklärungsfilme bezeichnet werden. Typisch für Dokumentarfilme sei die eigene Erzählstruktur und das Zeigen eines tatsächlichen oder erfundenen Geschehens. Gemein hätten alle Ausprägungen des Begriffs Film, dass es sich bei einem Film um ein professionell produziertes Medium handle (vgl. Wolf 2015, 122 f.).

Zur Definition des Begriffs *Erklärvideo* hält Wolf (2015) fest: „Erklärvideos sind eigenproduzierte Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden.“ (Wolf 2015, S. 123) In Abgrenzung zum Film beschreibe der Begriff Video also nicht professionell produzierte und kostenlos bereitgestellte Videos. Diese Unterscheidung zwischen diesen beiden Begrifflichkeiten soll auch im Weiteren so genutzt werden.

Auch der Begriff des (eigenproduzierten) Videos existiere in mehreren Facetten. Hier können neben Erklärvideos, Video-Tutorials und Performanzvideos genannt werden. In Unterscheidung zum Erklärvideo bekomme der Zuschauer in Video-Tutorials eine Handlung gezeigt, die nachgemacht werden kann, da sie eine beobachtbare Fertigkeit darstellen. Der Unterschied zwischen Performanz- und Erklärvideos liege im Ausmaß der Didaktisierung (vgl. Wolf 2015, S. 123 f.).

Der Begriff *Erklärvideo* wird hier also für eigenproduzierte Filme genutzt, die deklaratives Wissen vermitteln und möglichst didaktisch aufbereitet sind.

2.2.2 Relevanz von Erklärvideos

Folgt man Girwidz (2020), der sich mit dem multimedialen Lernen im Physikunterricht auseinandergesetzt hat, bieten Videos den Vorteil einer höheren Anschaulichkeit, da sie auditive und visuelle Mittel kombinieren. Dies käme vor allem dann zum Tragen, wenn verbale Beschreibungen visueller Reize umständlich und missverständlich sind oder zeitaufwändige oder nicht mehr zugelassene Versuche im Vorhinein aufgenommen werden. (Girwidz 2020, S. 328)

„Seit der Etablierung von partizipativen Videoportalen wie insbesondere YouTube Mitte der 2000er Jahre hat die Rezeption sowie die Eigenproduktion von Video-Tutorials und Erklärvideos durch Benutzerinnen und Benutzer stark zugenommen.“ (Wolf 2015, S. 121) Dieses Zitat zeigt die einfachere Zugänglichkeit und Produktion von Videos, die in allen Bereichen des Alltags und somit auch im Bildungskontext genutzt werden können. Studien belegen, dass Erklärvideos sowohl für informelle Lernprozesse, aber auch für schulisches und akademisches Lernen immer wichtiger würden. Man könne davon ausgehen, dass bereits jetzt für viele Themenbereiche Erklärvideos häufiger genutzt würden, als schriftliche Lernressourcen und sich der Trend zur Nutzung von Erklärvideos weiter verstärken würde (vgl. Tan 2013; Rummler und Wolf 2012, S. 258–263). Erklärvideos zu allen zentralen Themen der Physik ließen sich bspw. auf YouTube finden. Diese Videos werden von Schüler:innen mutmaßlich als „kostenlose Nachhilfe“ oder „alternative Lehrmeinung“ benutzt, was auch durch Kommentarverläufe unter den Videos deutlich würde (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016, S. 36).

Neben diesen informellen Lerngelegenheiten ließen sich nach Wolf und Kulgemeyer (2016) auch Einsatzmöglichkeiten für Erklärvideos im Unterricht finden, die abhängig davon sind, welche Rolle Schüer:innen und Lehrkräfte dabei einnehmen. Dies wird hier kurz dargestellt. Wird von Lehrkräften ein von Lehrkräften erstelltes Video rezipiert, können sie sich von anderen „Erklär-Profis“ abschauen, wie man etwas erklären kann und können so didaktisch durch Kolleg:innen weitergebildet werden. Zur pädagogischen Diagnose können Lehrkräfte Videos nutzen, die von ihren Schüler:innen erstellt wurden. Produzieren Lehrkräfte Videos für ihre Schüler:innen werden Erklärungen dadurch beliebig oft wiederholbar gemacht. Sind Schüler:innen sowohl Produzenten, als auch Rezipienten, können sie Fachwissen und Kommunikationskompetenz erlernen. Da der Erklärende das zu Erklärende zunächst selbst verstanden haben muss, könne diese Konstellation nicht nur das Fachwissen beim Rezipienten, sondern auch beim Produzenten fördern. Durch die Auseinandersetzung der produzierenden Schüler:innen mit Grundfragen des Erklärens, werde über das Fachwissen hinausgehend die Kommunikationskompetenz geschult. Dabei sei das Produzieren von Erklärvideos auch zur Differenzierung geeignet.

Selbst für leistungsstarke Schüler:innen kann die vertiefte Beschäftigung eine Herausforderung darstellen. Leistungsschwächere Schüler:innen können durch eine leistungsangepasste Verteilung der Erklärthemen grundlegende Prinzipien festigen (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016, S. 36 ff.). Erklärvideos können demnach in vielerlei Hinsicht für den (Physik-)Unterricht relevant sein.

2.2.3 Qualitätskriterien an Erklärvideos

Nun stellt sich die Frage, wie gute Erklärvideos ausgewählt werden können. Portale wie YouTube selbst bieten vermeintlich die Möglichkeit die Qualität von Erklärvideos zu erkennen. Der Daumen nach oben, bzw. Daumen nach unten als Zeichen für „like“ oder „dislike“ kann als quantitative Rückmeldung angesehen werden, die direkt unter den Videos angezeigt wird. Dabei gelte es zu beachten, dass diese vielleicht eher die Beliebtheit als die Qualität der Videos herausstellen (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016, S. 39). Differenziertere qualitative Rückmeldungen bieten die Kommentarspalten. Wolf und Kulgemeyer (2016) weisen auf die Masterarbeit von Peters (2015) hin. In dieser wird herausgestellt, dass die Qualität der Erklärung einen Einfluss auf die Kommentare dazu habe. Häufige Kommentare, die sich mit dem Inhalt des Videos befassen und positivlobende Kommentare können als Indiz für eine hohe Erklärqualität der Videos angesehen werden (vgl. Peters 2015). Die Likes, Aufrufzahlen oder die Betrachtungsdauer seien hingegen kein guter Indikator für die Abschätzung der Qualität von Erklärvideos, da sie beeinflussbar sind (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016, S. 39).

Auch wenn Lernende keine formalen Kriterien zur Beurteilung der Qualität von Erklärvideos hätten, bewerten sie die Videos intuitiv hinsichtlich der inhaltlichen, didaktischen und gestalterischen Qualität (vgl. Tan 2013; Wolf 2015, S. 126). Wolf und Kulgemeyer (2016) zitieren eine Studie von Wolf. Demzufolge legen Schüler:innen bei Erklärvideos Wert auf eine verständliche Sprache (88%), richtige Inhalte (85%) und eine gute Strukturierung (75%). Des Weiteren stellen Schüler:innen als positiv heraus, wenn das Video witzig und spannend ist (68%), die Erklärung ausführlich ist (68%), viele Beispiele enthalten sind (68%) und die erklärende Person sympathisch ist (68%) (vgl. Wolf und Kulgemeyer 2016, S. 36).

Um auf Basis der Forschung Qualitätskriterien für gute Erklärvideos zu finden, verweist Kulgemeyer auf zwei Forschungsfelder. Dies sei zum einen die Forschung zum Lernen mit Multimedia (siehe dazu auch Kapitel 2.3). Das andere seien Überlegungen zu (instruktionalen) Erklärungen (siehe dazu auch Kapitel 2.1) (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 71). Für Kulgemeyer (2020a, 2020b) ergeben sich für die Qualität von Erklärvideos Kriterien, die sich in die folgenden sieben Kriterien einordnen ließen: Adaption, Veranschaulichungswerkzeuge nutzen, Relevanz verdeutlichen, Struktur geben, Präzise und kohärent erklären, Konzepte und Prinzipien erklären sowie in den Unterricht einbetten (vgl. Kulgemeyer 2020b, 2020a). Diese sind das Resultat einer Reviewstudie (Kulgemeyer 2018) zu gutem Erklären im Unterricht und in Tabelle 1 dargestellt.

Als erste Kernidee sollten die Erklärungen an Vorwissen und Interesse der Adressatengruppe adaptiert werden. Dies sei ein Problem bei Erklärvideos, da es keine direkte Interaktion zwischen dem Erklärenden und den Rezipienten geben kann. Das Video kann nicht mehr angepasst werden, während es angeschaut wird. Bei mündlichen Erklärungen, wie sie im Unterricht stattfinden, können die Erklärungen hingegen, während des Erklärprozesses verändert werden (vgl. Kulgemeyer 2020a, 71 f.). Bei der Erstellung von Erklärvideos müsse die Zielgruppe im Voraus festgelegt werden und eine genaue Zielgruppenbeschreibung erfolgen, um Schlussfolgerungen für die Voraussetzungen der Rezipienten zu ziehen (vgl. Kulgemeyer 2020b, S. 422).

Als zweite Kernidee sollten Veranschaulichungswerkzeuge genutzt werden. Dabei könnte es sich um Beispiele, Analogien und Modelle oder Darstellungsformen und Experimente handeln. Zusätzlich sollte die Sprachebene und der Mathematisierungsgrad an die Adressatengruppe angepasst werden (vgl. Kulgemeyer und Schecker 2009, 32 ff.; Kulgemeyer 2020a, S. 72).

Des Weiteren müsste die Relevanz des Erklärten betont werden. Dies kann durch Prompts gelingen, die relevante Inhalte als solche hervorheben oder indem typische Missverständnisse zum erklärten Inhalt angesprochen werden. Auch eine direkte Ansprache der Adressaten kann sich hier als hilfreich erweisen (vgl. Kulgemeyer 2020a, 72 f.).

Kernidee	Kriterium	Beschreibung
Adaption	Adaption an Vorwissen, Fehlvorstellungen und Interesse	Das Video bezieht sich auf gut beschriebene Eigenschaften einer Adressatengruppe (wahrscheinliches Vorwissen, Interessen, Schülervorstellungen)
Veranschaulichungswerkzeuge nutzen	Beispiele	Das Video nutzt Beispiele, um das Erklärte zu veranschaulichen
	Analogien und Modelle	Das Video nutzt Analogien und Modelle, um die neue Information mit bekannten Wissensbereichen zu verbinden
	Darstellungsformen und Experimente	Das Video nutzt Darstellungsformen und Experimente zur Veranschaulichung
	Sprachebene	Das Video wählt eine Sprachebene passend zur beschriebenen Adressatengruppe
	Mathematisierungsgrad	Das Video wählt einen Mathematisierungsgrad passend zur beschriebenen Adressatengruppe
Relevanz verdeutlichen	Prompts zu relevanten Inhalten geben	Das Video betont, a) warum das Erklärte wichtig für die Adressatengruppe ist und b) gibt Prompts zu besonders wichtigen Teilen
	Direkte Ansprache des Adressaten	Das Video involviert die Adressaten durch Handlungsaufforderungen und direkte Ansprache (statt unpersönlichem Passiv)
Struktur geben	Regel-Beispiel oder Beispiel-Regel	Wenn Fachwissen das Lernziel ist, wird eine Regel-Beispiel-Struktur bevorzugt, bei Routinen eine Beispiel-Regel-Struktur
	Zusammenfassungen geben	Das Video fasst die wesentlichen Aspekte zusammen
Präzise und kohärent erklären	Exkurse vermeiden	Das Video fokussiert auf die Kernidee, vermeidet Exkurse und hält den *cognitive load* gering. Insbesondere verzichtet es auf zu viele Beispiele, Analogien, Modelle oder Zusammenfassungen
	Hohe Kohärenz des Gesagten	Das Video verbindet Sätze durch Konnektoren, insbesondere „weil"
Konzepte und Prinzipien erklären	Neues und komplexes Prinzip als Thema	Das Video bezieht sich auf ein neues Prinzip, das zu komplex zur Selbsterklärung ist
In Unterrichtsgang einbetten	Anschließende Lernaufgaben	Das Video beschreibt eine Lernaufgabe, mit der das Erklärte selbst vertieft werden kann

Tabelle 1: Kriterien für gute Erklärvideos (Kulgemeyer 2020b, S. 423).

Eine weitere Stellschraube für ein gutes Erklärvideo ergibt sich aus der vierten Kernidee, der Erklärung bzw. dem Video eine Struktur zu geben. Die zu erlernende Regel sollte immer genannt werden. Bei der Strukturierung bezieht sich Kulgemeyer (2020a)

auf Seidel et al. (2013). Für fachliches Lernen sei eine Regel-Beispiel-Struktur wirkungsvoller. Man sollte mit der zu lernenden Regel beginnen und diese dann an Beispielen erläutern. Um das Interesse zu wecken, könne zusätzlich ein Einstiegsbeispiel gebracht werden. Die zu erlernende Regel sollte aber nicht anhand dessen eingeführt werden. Eine Beispiel-Regel-Struktur hingegen würde man nutzen, wenn eine Routine wie bspw. eine Aufgabenlösung erlernt werden soll (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 72; Seidel et al. 2013, 62 f.).

Die fünfte Kernidee ist die Forderung nach einer hohen Kohärenz des Videos. Dahinter steckt die Idee, dass die kognitiven Kapazitäten die Wesentlichen Informationen verarbeiten können, ohne sich mit zusätzlichen Randaspekten zu beschäftigen. Dies könne erreicht werden, indem sich Sprache und Darstellungsformen aufeinander beziehen, aber auch das Gesagte selbst sollte einen hohen Grad an Kohärenz aufweisen. Damit geht einher, dass Synonyme vermieden und Sachverhalte immer gleich benannt werden. Auch sollen Zusammenhänge durch Konnektoren klar markiert werden (vgl. Kulgemeyer 2020a, 72 f.). Überlegungen zur Kohärenz werden in Kapitel 2.5 weitergeführt.

Die sechste und siebte Kernidee beziehen sich auf die Einbettung des Videos. Besonders sinnvoll seien Erklärvideos, wenn sie ein neues und komplexes Prinzip thematisieren, was auch zu komplex zur Selbstklärung ist. Nach dem Video sollte dann eine ausreichende Möglichkeit gegeben werden, das Erlernte anzuwenden (vgl. Kulgemeyer 2020a, 73 f.).

2.2.4 Forschungsstand Erklärvideos

Einige der Kriterien für gute Erklärvideos sind bereits empirisch erforscht worden. Die in Tabelle 1 dargestellten Kernideen wurden von Kulgemeyer (2018) in einer quasi-experimentellen Studie überprüft. Dazu wurde ein Video nach den o.g. Qualitätskriterien erstellt, während ein anderes Video diesen nicht genügte. Dieses zweite Video war dennoch fachlich korrekt, ebenso lang und von der Textverständlichkeit her vergleichbar. Es zeigten sich Vorteile des nach den Kriterien gestalteten Videos im Vergleich zu dem anderen im Erwerb deklarativen Wissens (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 74).

2.3 Lernen mit Multimedia

Erklärvideos gehören zu den neueren digitalen Medien im Unterricht. Deshalb ist es lohnenswert, sich mit Medien im Unterricht auseinanderzusetzen. Zudem ist das Lernen mit Multimedia wie bereits erwähnt eine Möglichkeit für die Qualitative Gestaltung von Erklärvideos (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 71).

2.3.1 Medien im Unterricht

Während Erklären, Vermitteln und Anleiten zum einen an die unmittelbare Kommunikation mit einer Kopräsenz der erklärenden Person und den Lernenden verbunden sein kann, ist auch eine technisch mediale Vermittlung möglich. Letzteres geschah bis in das späte 20. Jahrhundert vorwiegend über Bilder und schriftliche Dokumentationen (vgl. Wolf 2015, S. 129). „Im Kontext der aufkommenden Technikentwicklung (*educational technology*) wurden Interaktivität, Multimedialität und später Digitalisierung und Vernetzung die prägenden Eigenschaften von technischen Lehr- und Lernmedien (*instrutional media*).“ (Wolf 2015, S. 129)

Zur Einordnung lassen sich Unterrichtsmedien als nicht personale Informationsträger definieren, die als Hilfsmittel oder Lernmittel eingesetzt werden. Zu beachten sei, dass ein effektiver Medieneinsatz im Unterricht einen kompetenten Umgang damit verlangt, da Medien als Werkzeuge angesehen werden können (vgl. Girwidz 2020, S. 294).

2.3.2 Theorien zum Lernen mit Multimedia

Die Multimedialität ist eines der zentralen Elemente von Erklärvideos. Es werden verschiedene Darstellungsformen miteinander verknüpft. Bei Videos handelt es sich dabei um den Text, also sprachliche Darstellungen und bildliche Darstellungen, wie Abbildungen, Diagramme, Animationen oder Filme. Bildliche Darstellungen werden immer über das Auge, also visuell wahrgenommen, während bei sprachlichen Darstellungsformen die Möglichkeit besteht, die Informationen schriftlich oder auditiv zu präsentieren (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 63).

Eine mögliche Betrachtungsweise ist die Theorie der dualen Kodierung, die besagt, dass Informationen besser verarbeitet werden können, wenn sie gleichzeitig bildhaft und sprachlich präsentiert werden. Des Weiteren können mehr Informationen gleichzeitig verarbeitet werden, wenn sie über mehrere Sinneskanäle dargeboten werden (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 63). Dies kann ausgehend von der „Dual-Coding-Theory“ von Pavio (1990) erklärt werden. Demnach bestehe das Arbeitsgedächtnis aus je einem Verarbeitungs- und Speichersystem für sprachliche oder symbolische und einem für bildliche oder analoge Informationen, die unabhängig voneinander arbeiten. Dementsprechend liegt dann eine duale Kodierung, nämlich eine sprachliche und eine bildliche, vor. Durch diese duale Kodierung könne der Inhalt schneller und leichter erinnert werden (vgl. Pavio 1990, 53f.).

Levie und Lenz (1982) halten fest, dass Texte besser erinnert werden, wenn sie illustriert sind. Sie fanden heraus, dass Lernende komplexe Informationen erst gewinnbringend nutzen könnten, wenn sie dazu im Text aufgefordert werden. Es gebe verschiedene Wechselwirkungen zwischen Text und Bild. Eine Illustration, die Beziehungen darstellt, zeige sich hilfreich, wenn die Beziehungen zwischen Elementen einer Textpassage schwer nachvollziehbar sind. Sind die Informationen im Text leicht verständlich, aber schwer zu merken, könne ein markantes Bild als Gedächtnisstütze dienen (vgl. Levie und Lenz 1982, 226 f.). Es gibt demnach verschiedene Arten von Illustrationen in Texten, die auf vielfältige Weise unterstützend wirken können. Die Komplexität oder Abstraktion solcher Illustrationen kann anhand ihrer Funktionen klassifiziert werden (vgl. Levin et al. 1987; Schmidt-Borcherding 2020, S. 64):

1. Dekorationsfunktion (Bilder, die keine direkte Beziehung zum Text-inhalt aufweisen)
2. Repräsentationsfunktion (Bilder, die substantiell mit dem Text überlappen)
3. Organisationsfunktion (Mind maps, flow charts, Diagramme, etc.)
4. Interpretationsfunktion (Graphiken, Analogiebilder etc.)
5. Transformationsfunktion (memotechnische Bilder)

Die meisten Abbildungen in Lehrtexten seien dabei den Funktionen 2. bis 4. zuzuordnen. Während der positive Effekt der Abbildungen von der Dekorationsfunktion zur Transformationsfunktion hin steige. Wichtig sei dabei, dass die Visualisierungen im Text erläutert werden und nicht den Text ersetzen (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, 64 f.).

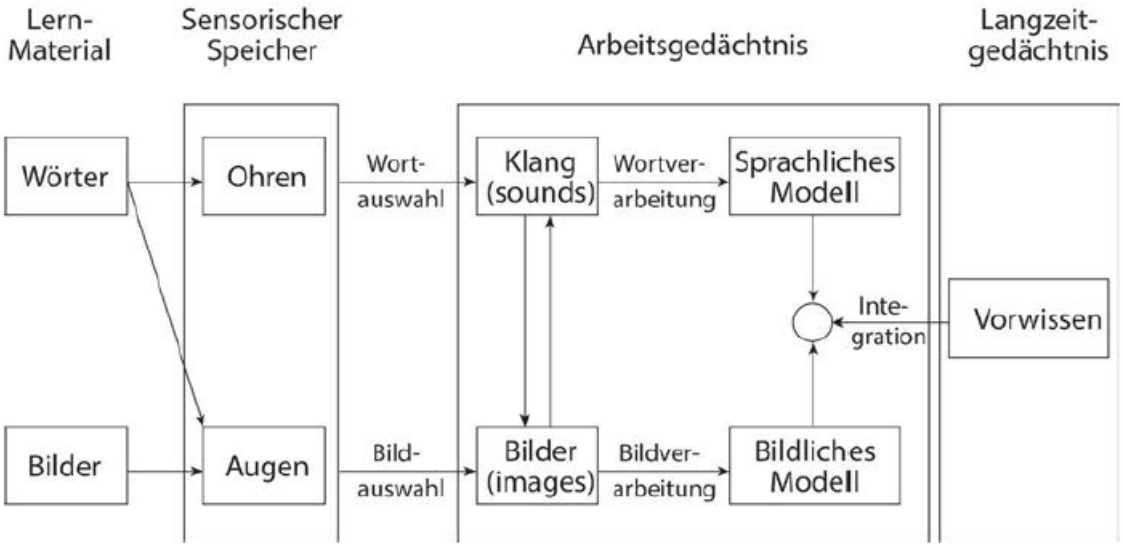


Abbildung 2: Darstellung der kognitiven Theorie multimedialen Lernens (Mayer 2001, S. 44) entnommen aus: (Schmidt-Borcherding 2020, S. 66)

Als weiterführende Theorie kann die kognitive Theorie des Lernens mit Multimedia von Mayer (1997, 2001) herangezogen werden. Die grundlegenden Überlegungen der Theorie sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Diese geht davon aus, dass im Arbeitsgedächtnis separate Kapazitäten für jeden Sinneskanal vorhanden sind. Danach werden sprachliche und bildliche Informationen zunächst getrennt verarbeitet. Bilder schöpfen die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses effektiver aus. Als Erklärung dazu kann gesagt werden, dass Bilder im Arbeitsgedächtnis am „bildlichen Modell“ bearbeitet werden und Klänge unabhängig davon am „sprachlichen Modell“. Demnach können Bilder unabhängig von den sprachlichen Informationen im Arbeitsgedächtnis bearbeitet werden. Dies wird von Mayer (2001) als Multimediaprinzip (*Multimedia Principle*) bezeichnet (vgl. Mayer 2001, S. 63). Wird die Sprache jedoch nicht in gesprochener, sondern in geschriebener Form dargeboten, kommt es zu dem Problem, dass sowohl Text als auch Bild

über die Augen wahrgenommen werden müssten. Daher ist es sinnvoll, die Texte in auditiver Form zu liefern. Somit können Text und Bild gleichzeitig in das Arbeitsgedächtnis gelangen und dort verarbeitet werden. Informationen werden also optimal verarbeitet, wenn sie die gleichzeitige Organisation und Integration von Sprache und Bild unterstützen, aber die sensorische Selektion der Informationen niedrig bleibt (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 66). Damit liefert die kognitive Theorie des multimedialen Lernens Überlegungen dazu, wie die positiven Effekte der dualen Kodierung mit den begrenzten Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses kombiniert werden können (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 65).

Schmidt-Borcherding (2020) folgend, sind für die spezifische Betrachtung der Eigenschaften von Videos im Vergleich zu Texten folgende Aspekte bedeutsam (Schmidt-Borcherding 2020, S. 63):

1. die Möglichkeiten und Grenzen statischer und dynamischer Visualisierungen
2. die Komplexität der Verknüpfungen von sprachlichen und visuellen Informationen
3. die Flüchtigkeit von dynamischen Informationen (beim Anschauen von Videos)
4. die Anwendung von Lernstrategien beim Lesen vs. Zuschauen
5. individuelle Unterschiede der Lernenden

Zu ersterem seien dynamische Visualisierungen, wie sie in Videos möglich sind denen in Texten überlegen, da Bilder in Texten statisch sind, während mit Visualisierungen in Videos auch die Möglichkeit besteht, zeitliche Veränderungen oder dynamische Prozeduren darzustellen (vgl. Lowe und Schnotz 2014). Im Sinne des Kohärenzprinzips führen aber zu viel Dynamik, wie nutzlose Animationen oder die schlichte Sichtbarkeit eines Sprechers zur Ablenkung der Aufmerksamkeit (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, 67 f.). Ein weiterer Unterschied zwischen Text und Videos ist, dass bei Videos die Verknüpfung zwischen Sprache und Visualisierung stärker ist, da der geschriebene Text in den meisten Fällen auch ohne Visualisierungen verstanden wird. Bei Videos können die Sprache und die Visualisierungen nicht für sich stehen (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 68).

Beim Anschauen von Videos gibt es allerdings auch einen Nachteil, nämlich die Flüchtigkeit der Informationen. Ist das Arbeitsgedächtnis bspw. mit anderen Dingen beschäftigt, werden Informationen aus dem Video verpasst und können anders als beim Lesen eines Textes auch nicht nachgeholt werden. Außerdem können Lernstrategien, die bei Texten angewendet werden, nicht so einfach bei Videos eingesetzt werden (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 68). Zuletzt ist festzustellen, dass Effekte, die bei multimedial gestalteten Lernmaterialien auftreten, bei Lernenden mit geringerem Vorwissen größer seien (vgl. Schmidt-Borcherding 2020, S. 68).

Videos haben demnach nicht zwangsläufig Vorteile gegenüber gelesenen Texten. Die Gestaltung der Videos ist also wichtig, um die Vorteile der Multimedialität auszunutzen, ohne das Arbeitsgedächtnis zu überlasten.

2.3.3 Cognitive Load Theory

Die Idee, das Arbeitsgedächtnis nicht zu überlasten stecke auch hinter der Kernidee *präzise und kohärent erklären*. Das Ziel davon sei, dass sich die kognitiven Kapazitäten der Rezipienten mit dem Wesentlichen befassen sollen (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 72). Die „Belastung der begrenzten Kapazität des menschlichen Arbeitsgedächtnisses“ (Seidel und Krapp, S. 546) kann durch die kognitionspsychologische Cognitive Load Theory von Sweller und Chandler (1994) beschrieben werden (Sweller und Chandler 1994). In dieser Theorie wird zu Grunde gelegt, dass sich die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in drei verschiedene Belastungen unterscheiden lässt.

Der „*Germane Cognitive Load“* kann als lernförderliche Anstrengung beschrieben werden. Der Lerner muss sich selbst anstrengen, um zu lernen. Um selbstständig kohärente Erklärungen und Zusammenhänge aufzubauen, müssen verschiedene Dinge aktiv in Beziehungen gesetzt werden (vgl. Sweller et al. 1998, S. 255). Dies kann durch kognitive Belastungen beeinflusst werden, die sich in extrinsische, also sachfremde und intrinsische, inhaltsbedingte kognitive Belastungen unterscheiden lassen. Die extrinsische kognitive Belastung (*extaneous cognitive load*) kann durch die pädagogische Gestaltung beeinflusst werden (vgl. Sweller et al. 1998, S. 259). Die intrinsische kognitive Belastung (*intrinsic cognitive load*) wird erhöht, wenn es eine hohe Elementinteraktivität gibt. Das

bedeutet, dass zu lernende Inhalte hoch miteinander verknüpft sind, sodass viele Inhalte gleichzeitig aktiv im Arbeitsgedächtnis behalten werden müssen. Wenn bspw. lediglich Vokabeln einer Fremdsprache gelernt werden müssen, sei der intrinsic cognitive load gering. Soll allerdings die Syntax gelernt werden, kann diese nicht alleinstehenden betrachtet werde, da sie mit anderen Regeln verknüpft ist, was den intrinsic cognitive load erhöhe (vgl. Sweller und Chandler 1994, S. 188 f.).

Der intrinsic cognitive load kann nicht durch angepasste Lernmaterialen verringert werden, da er eine Eigenschaft des zu behandelnden Materials ist. Der extranous cognitive load stelle hingegen eine unnötige Belastung des Arbeitsgedächtnisses dar. Darauf aufbauend sollten angemessene Lernmaterialien den germane cognitive load erhöhen, indem der extraneous cognitive load vermindert wird (vgl. Sweller et al. 1998, S. 259). Gerade wenn neue Informationen verarbeitet werden sollen, sei es wichtig die Begrenzungen des Arbeitsgedächtnisses zu berücksichtigen. Dies habe auch Konsequenzen für die teilweise getrennten visuellen und auditiven Arbeitsgedächtniskanäle. Insgesamt wären Lernmaterialien, die ohne Bezug auf die menschliche Kognition vorgehen, in ihrer Wirksamkeit wahrscheinlich zufällig (vgl. Sweller 2005, S. 28).

2.4 Kriterien für Textverständlichkeit

In Bezug auf die *Kohärenz des Gesagten* können auch Untersuchungen zur Textverständlichkeit herangezogen werden: Sowohl schriftliche als auch mündliche Erklärungen im Physikunterricht, sei es in Form von Erklärungen im Unterricht oder in Erklärvideos nehmen einen großen Stellenwert ein. Damit spiele Sprache bei der Vermittlung von Wissen auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Rolle (vgl. Gebhard et al. 2017, S. 107). Das Verstehen spiele eben sowohl beim Lesen, als auch beim Zuhören eine Rolle, sodass sich das Modell zum Textverständnis von Kintsch und van Dijk (1978) auf beides beziehe (vgl. Kintsch und van Dijk 1978, S. 364). Dabei geht es im Prinzip immer um die fachdidaktische Frage: „Wie können fachspezifische Informationen – in unserem Falle zur Physik - so präsentiert werden, dass Lernenden ein optimierter Lernprozess ermöglicht wird?“ (Starauschek 2006, S. 131) Da die Überlegungen zur Kohärenz des Gesagten

in enger Verbindung zu Überlegungen zur Textverständlichkeit herrühren, werden einige Überlegungen dazu an dieser Stelle kurz dargestellt.

Sprache in den Naturwissenschaften umfasse verschiedene Darstellungsformen (vgl. Gebhard et al. 2017, S. 113). Nach Leisen kann zwischen der gegenständlichen, bildlichen, sprachlichen, symbolischen und mathematischen Darstellung unterschieden werden. Wie in Abbildung 3 dargestellt, nimmt der Abstraktionsgrad von der gegenständlichen Ebene hin zur mathematischen Ebene zu. Nach Leisen sei der Wechsel zwischen den Darstellungsformen ein Schlüssel, um fachliches Verstehen hervorzurufen (vgl. Leisen 2010, S. 34f.).

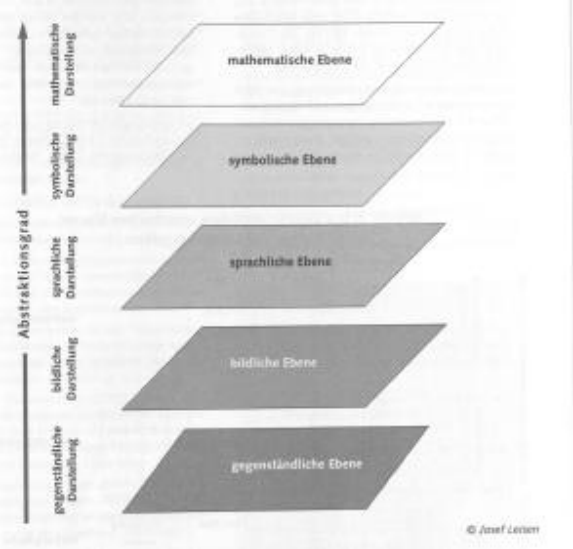


Abbildung 3: Die unterschiedlichen Darstellungsebenen beim Wechsel der Darstellungsformen (Leisen 2010, S. 35).

Zur Begrifflichkeit des Textverständnisses sei folgende Unterscheidung zu treffen: Wird die Verständlichkeit eines Textes lediglich anhand seiner Oberflächenmerkmale untersucht, ist eher von der *Lesbarkeit* eines Textes zu sprechen. Für die Textverständlichkeit müsste zusätzlich die Text-Leser-Relation etabliert werden (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 242; Starauschek 2006, S. 128 f.). Die Lesbarkeitsforschung bildet dennoch den Ursprung der Textverstehensforschung. Die Lesbarkeit werde unabhängig vom Leser anhand objektiver Textmerkmale bestimmt (vgl. Starauschek 2005, S. 1). Als Einflussfaktoren sind hier die Satzlänge oder Silbenzahl zu nennen. Ein zu dem Zweck entwickeltes Instrument stellt die Wiener Sachtextformel von Bamberger und Vanecek (1984) dar. Die Verständlichkeitsforschung nimmt den Leser explizit als Variable mit auf und geht somit einen Schritt weiter, indem sie auch informationstheoretische Ansätze mit einbezieht (vgl. Schnotz 1994, S. 306). Aus diesen Überlegungen heraus beeinflussen „sprachliche Einfachheit, Gliederung und Ordnung – äquivalent hierzu die sogenannte

kognitive Strukturierung –, Kürze und Prägnanz sowie die Einfügung motivationaler Textelemente“ (Starauschek 2006, S. 129) die Textverständlichkeit.

Die kognitionspsychologische Theorie des Textverstehens bilde derzeit den aktuellen Stand der Textverstehensforschung. Sie liefere ausgehend von Gedächtnismodellen ein differenziertes Bild kognitiver Verarbeitungsprozesse (vgl. Starauschek 2006, S. 129). „Demnach fügen sich die Sätze und Nebensätze eines Textes zu einem geordneten Ganzen zusammen und werden zu Prozeduren des Gedächtnisses, die sich als propositionale Repräsentationen und mentale Modelle beschreiben lassen.“ (Starauschek 2006, S. 129)

Das Textverstehen durchlaufe die Prozessebenen Wort-, Satz- und Textebene. Zunächst müssen die Wörter erkannt und deren Bedeutung erfasst werden. Auf der nächsten Ebene werden semantische und syntaktische Relationen hergestellt. Auf der Textebene muss die Textbedeutung in eine kohärente mentale Repräsentation überführt werden, indem die Sätze zu Bedeutungseinheiten zusammengefügt werden (vgl. Leisen und u.a. 2009, S. 89). Auf der Wortebene seien es vor Allem unbekannte Wörter, die das Textverstehen verhindern können. Schüler:innen haben kein Alltagswissen zur Verfügung, wenn Wörter genutzt werden, die im allgemeinen Sprachgebrauch nicht anzutreffen sind (vgl. Rincke und Markic 2018, S. 38). Außerdem stellen Fachbegriffe schwierigkeitserzeugende Elemente in Texten dar (vgl. Schmiemann 2011, 127 ff.). Somit sollten in einem Lehrtext nicht zu viele Fachwörter auftauchen. Zum anderen sollten Texte, die Fachwörter erklären, diese mehrfach verwenden, damit die Lernenden die Möglichkeit hätten, sich die Bedeutung zu erschließen. Auch Wörter mit zwei oder mehr Silben scheinen schwierigkeitserzeugend zu sein, da sie im allgemeinen Sprachgebrauch/Wortschatz der Schüler:innen nicht so häufig vorkämen (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 244).

Auf der Satzebene könne auf Grund der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses argumentiert werden, dass die Sätze nicht zu lang sein sollten (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 243). Auf der Textebene sind die entscheidenden Merkmale Kohäsion und Kohärenz. Auf diese Stellschraube für verständliche Texte wird in Kapitel 2.5 Kohärenz genauer eingegangen. Aus diesen Merkmalen hinaus entwickeln Kulgemeyer und Starauschek (2014) ein Modell zur Verständlichkeitsanalyse von Texten. Eine derartige Analyse der Skripte der Erklärvideos wird in Anhang auf Seite III aufgeführt.

2.5 Kohärenz

Da die Kohärenz in dieser Arbeit das entscheidende Untersuchungsmerkmal ist, soll der Begriff im Folgenden definiert und daraufhin darauf eingegangen werden, wie Kohärenz erzeugt und analysiert werden kann.

2.5.1 Begriffsklärung

Bezieht man sich auf die geforderte *hohe Kohärenz des Gesagten*, wird darunter u.a. verstanden, Zusammenhänge durch Konnektoren wie *weil* zu verbinden und Synonyme zu vermeiden, da diese nur von Expert:innen verstanden würden (vgl. Kulgemeyer 2020a, S. 72, 2020b, S. 423). Sprachwissenschaftlich definiert könne zwischen Kohäsion als strukturell-grammatischen Zusammenhang und Kohärenz als inhaltlich-thematischen Zusammenhang eines Textes unterschieden werden (vgl. Busch und Stenschke 2014, S. 238). Starauschek (2006) definiert: „Textkohäsion bezeichne somit die Oberflächenmerkmale des Textes, die eine Ausbildung intendierter kohärenter mentaler Repräsentationen unterstützen.“ (Starauschek 2006, S. 130) Man könnte zusammenfassend also definieren, dass mit Kohäsion die Textoberflächenmerkmale, durch die eine Verknüpfung hergestellt werden soll, beschrieben werden, während Kohärenz die daraus hervorgerufene mentale Repräsentation beschreibt002Evgz

Ein Diskurs sei dann kohärent, wenn die Sätze und Propositionen jeweils miteinander verbunden sind und die Aussagen auf der globalen Ebene der Makrostruktur eines Textes organisiert sind. Der Leser müsse das Angebot einer linearen Abfolge von Sätzen in einem Text selbst zu einem zusammenhängenden Ganzen verbinden (vgl. Kintsch und van Dijk 1978, S. 365). Dabei geht man davon aus, dass die Wissensstruktur der Autor:innen als kohärent angenommen wird. Diese versuchen sie dann anhand der Textoberfläche widerzuspiegeln (vgl. Starauschek 2006, S. 129). Mit der Kohärenzbildung beim Wissenserwerb setzt sich auch Schnotz (1994) auseinander. Ihm folgend ist die Kohärenz ein Ausdruck der Text-Leser-Interaktion und lässt sich damit in die von der Kognitionspsychologie ausgehenden Gedächtnismodelle einordnen (vgl. Schnotz 1994, S. 18).

2.5.2 Erzeugung von Kohärenz

Die oben bereits thematisierte Bildung einer kohärenten Wissensstruktur bei Leser:innen kann auf zwei verschiedenen Wegen ablaufen. Zum einen können neue mentale Repräsentationen direkt auf der Textbasis entstehen. Zum anderen können dabei auch Kohärenzlücken auftreten. Ist das der Fall, müssen die Leser:innen auf ihr Vorwissen zurückgreifen, um diese Kohärenzlücken zu schließen. Die dafür zu ziehenden Schlussfolgerungen werden als Inferenzen bezeichnet. Je größer dabei das Vorwissen ist, desto mehr Kohärenzlücken können im Text auftauchen. Experten und Novizen unterscheiden sich also in der Anzahl der Inferenzen (vgl. Starauschek 2005, S. 3). Auch Kintsch und van Dijk (1978) bestätigen den Zusammenhang von Vorwissen und Inferenzprozessen (vgl. Kintsch und van Dijk 1978, S. 364).

Die mentale Kohärenzbildung wird idealerweise von Kohäsion auf der Textoberfläche unterstützt. Dabei kann zwischen lokaler und globaler Textkohäsion unterschieden werden. Die lokale Kohäsion verknüpfe zwei direkt aufeinander folgende Textteile bspw. Sätze miteinander. Die globale Textkohäsion verknüpfe Textteile, die semantisch zusammenhängen, aber im Text weiter auseinanderliegen (vgl. Starauschek 2006, S. 130). „Ist die lokale Textkohäsion zu ausgeprägt, kann dies zu einer Senkung der Aufmerksamkeit und zu einer oberflächlichen Textverarbeitung führen“ (Starauschek 2006, S. 131), da die mentale Kohärenzbildung zwischen zwei Sätzen eher automatisch abliefe (vgl. Starauschek 2005, S. 3). Die lokale Kohärenzbildung zwischen zwei Sätzen gelinge besonders gut, wenn dieselben Substantive in ihnen auftauchen (vgl. Schnotz 1994, S. 265; Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 244). Prinzipiell könne die lokale Textkohärenz durch nominale, pronominale, synonyminale oder konjunktivistische Verbindungen hergestellt werden. Globale Textkohärenz kann nominal, synonyminal, pronominal oder durch explizite Verweise im Text ablaufen. Dabei ist zu beachten, dass lediglich die nominalen Verbindungen bei der Textverarbeitung eindeutig sind, während gerade pronominale Verbindungen einen erhöhten kognitiven Aufwand fordern. Lokale und globale Textkohärenz sollte beim Lernen also durch nominale Wiederaufnahme erfolgen, um den extraneous cognitive load gering zu halten (vgl. Schnotz 1994, S. 265; Starauschek 2005, S. 5).

Ein linguistisches Kriterium für die semantische Kohärenz eines Textes sei die referentielle Kohärenz, bei der ein Satz als Argument in einem anderen Satz eingebettet ist, sozusagen eine Argumentüberlappung besteht. Die referentielle Kohärenz sei das wahrscheinlich wichtigste Einzelkriterium für die Kohärenz von Texten, obwohl dies linguistisch weder ein notwendiges noch ein hinreichendes Kriterium sei. Dennoch würden in vielen Texten weitere Merkmale mit der referentiellen Kohärenz korrelieren, sodass sie als einfacherer, schnell und zuverlässig überprüfbarer Indikator für die Kohärenz von Texten gelte. (Kintsch und van Dijk 1978, S. 367)

Weiter wird angenommen, dass nur eine bestimmte Anzahl an Propositionen gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden können, wobei die genaue Anzahl auch von den Eigenschaften der Textoberfläche abhängen könne. Um sich das auf der Gedächtnisebene vorzustellen, wird eine bestimmte Anzahl der Propositionen eines Chunks ausgewählt und im sogenannten Puffer gespeichert. Wird eine Verbindung zwischen neuen Propositionen und den im Puffer gespeicherten gefunden, werden die Teile als kohärent abgespeichert, wenn nicht, wird eine weitergehende Suche in allen zuvor verarbeiteten Propositionen durchgeführt. Wird nichts gefunden, wird ein Inferenzprozess eingeleitet, der dem Text weitere Sätze hinzufügt, um den Text vollständig verarbeiten zu können. Es wird davon ausgegangen, dass sowohl die Suche im Langzeitgedächtnis als auch die Inferenzen hohe Anforderungen an die kognitiven Ressourcen des Lesers stellen (vgl. Kintsch und van Dijk 1978, S. 368).

Bezogen auf die Cognitive Load Theory hat das zur Folge, dass inkohärent gestaltete Texte zu einem erhöhten extraneous load führen, was zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses und unvollständigen Informationsverarbeitung führt.

Text-Bild Kohärenz

Die Kohärenzbildung kann nicht nur auf der reinen Textebene unterstützt werden, sondern sollte auch in piktorialen Repräsentationen Beachtung finden. Es ist festzustellen, dass auch Text-Bild-Kohärenzen zum Aufbau kohärenter mentaler Repräsentationen beitragen können. Hier ist zu berücksichtigen, ob sich Text-Bild-Kombinationen zu direkt oder nur über Schlussfolgerungen zu einer kohärenten Struktur verbinden lassen. Je mehr

Schlussfolgerungen nötig seien, desto mehr kognitive Ressourcen werden dabei beansprucht. Ist die Kongruenz zwischen Text und Bild nicht vorhanden, spreche man in audiovisuellen Verarbeitungen von einer „Text-Bild-Schere“ (vgl. Ballstaedt 2009, S. 51).

Neben der Text-Bild-Kohärenz sollten auch die Bilder untereinander dabei helfen, die mentale Kohärenzbildung zu unterstützen. Eine Idee hierzu ist es, die Darstellungscodes der Bilder einheitlich zu gestalten. Gleiche Gegenstände sollten bspw. die gleiche Form und Farbe aufweisen. Diese immer gleiche Gestaltung ähnelt der globalen Verwendung der Substantive. Somit seien gleich gestaltete Bilder mit globaler Textkohäsion zu vergleichen (vgl. Starauschek 2006, 140f.).

2.5.3 Forschungsstand zum Einfluss von Kohärenz

Eine zu hohe lokale Textkohädion führt dazu, dass bei Experten kein Textverarbeitungsprozess mehr stattfindet. Zu viele Lücken in der lokalen Kohärenz führen hingegen zu einer Erschwerung im Lernprozess (vgl. Starauschek 2005, S. 3). Auf der anderen Seite ließen sich globale Kohärenzbildungshilfen gefahrlos anbieten, da die globale Textkohäsion zu einer Aufmerksamkeitssteuerung führe. Damit würde die Aufmerksamkeit gesteuert, was zu einer Organisation der Informationen im Arbeitsgedächtnis führe (vgl. Starauschek 2006, S. 131). Es lasse sich die Relation herstellen, dass Texte als verständlicher gelten, je weniger Informationen Leser:innen zur Erzeugung eines kohärenten Bildes aus ihrem Langzeitgedächtnis abrufen müssten (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 243).

Aus den von Kulgemeyer und Starauschek (2014) vorgeschlagenen Kriterien für die Analyse verständlicher Texte lassen sich Formeln angeben, mit denen die Kohärenz von Texten erfasst werden kann. Der Grad der lokalen substantivischen Kohäsion lsk lässt sich aus der Zahl der Sätze, die durch substantivische Wiederaufnahme verbunden sind, LSK im Verhältnis zur Gesamtzahl der Sätze S folgendermaßen berechnen (Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 246):

$$lsk = \frac{LSK}{S} \cdot 100\% \tag{2.1}$$

Als optimalen Wert für den Grad der lokalen substantivischen Textkohäsion gibt Starauschek (2006) einen Wert von $lsk = 51\%$ an. Ein verständlicher Text sei im Bereich $41\% < lsk < 65\%$ zu erwarten (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 249; Starauschek 2006, S. 138).

Das Maß für die globale substantivische Textkohäsion gsk lässt sich aus dem Verhältnis der Zahl der Substantive, die zweimal oder häufiger auftreten SUB_2, zur Gesamtzahl aller im Text auftretenden Substantive SUB bestimmen. Verwandte oder zusammengesetzte Substantive, die ähnlich aber nicht gleich sind, werden dabei als zwei verschiedene Substantive gezählt. Das gilt nicht für Flexionsendungen. Der Grad berechnet sich dann über die Formel (Kulgemeyer und Starauschek 2014, 246f.):

$$gsk = \frac{SUB_2}{SUB} \cdot 100\% \tag{2.2}$$

Für den Grad der globalen substantivischen Kohäsion gilt ein Wert von $gsk = 80\%$ als Idealwert. Werte in einem Bereich von $70\% < gsk < 89\%$ sprächen des Weiteren für einen verständlichen Text (vgl. Starauschek 2006, S. 138; Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 249). Die Formel erweise sich gerade bei längeren Texten als zweckmäßig, auch wenn es bei den Graden von lokaler und globaler Kohärenz zu Überlappungen komme (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014, S. 247). Dafür müsse der Text aber mehr als sechs Sätze beinhalten, wobei ansonsten eine verbale Beschreibung vorgenommen werden müsse (vgl. Starauschek 2006, S. 138).

2.6 Bemerkungen zum Inhalt der Erklärvideos

Zur Untersuchung des Einflusses von Kohärenz werden zwei Videos erstellt, die das Thema Induktion ausgehend vom Beispiel der Schütteltaschenlampe erläutern. Im Folgenden soll der Inhaltsbereich des Videos zunächst auf fachlicher Ebene erläutert werden.

Daraufhin soll die Sachstruktur des Themenbereichs dargestellt und ein curricularer Bezug hergestellt werden. Abschließend sollen noch Schülervorstellungen zum Thema erläutert werden.

2.6.1 Fachlicher Inhalt und Kontexteinbettung

Die im Video gezeigte Erklärung der Schütteltaschenlampe ist dem Oberthema Elektrodynamik und genauer der elektromagnetischen Induktion zuzuordnen. Diese kann ausgehend vom magnetischen Fluss beschrieben werden. Der magnetische Fluss Φ_{mag} durch eine Fläche $\vec{A}$ mit dem Normalenvektor $\hat{n}$ in einem Magnetfeld der Stärke $\vec{B}$ lässt sich beschreiben durch die Formel (Tipler und Mosca 2015, S. 914):

$$\Phi_{mag} = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_A B_n \, dA \tag{2.3}$$

Der magnetische Fluss kann auch durch Feldlinien beschrieben werden. Dabei ist die Anzahl der Feldlinien, die ein Flächenelement durchsetzen, proportional zum magnetischen Fluss durch dieses Flächenelement. Dies resultiert aus der Proportionalität der Stärke des Magnetfeldes $\vec{B}$ und der Anzahl der Feldlinien pro Flächeneinheit. Der magnetische Fluss hat die Einheit Weber (Wb), für die gilt (Tipler und Mosca 2015, S. 914):

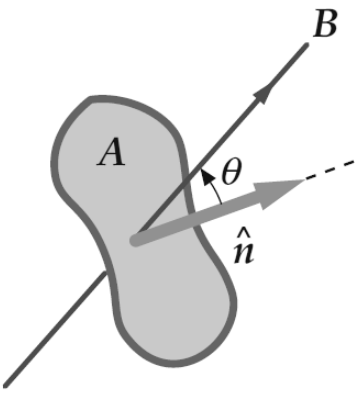


Abbildung 4: Richtung des Magnetfeldes $\vec{B}$ durch die von einer Leiterschleife umschlossene Fläche $\vec{A}$ im Winkel θ (Tipler und Mosca 2015, S. 914).

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 \tag{2.4}$$

In einem homogenen Magnetfeld der Stärke $\vec{B}$ durch eine ebene Fläche des Flächeninhalts A, bei dem wie in Abbildung 4 die Richtung des Magnetfeldes mit dem Normalenvektor $\hat{n}$ den Winkel θ aufspannt, gilt für den magnetischen Fluss (Tipler und Mosca 2015, S. 914):

$$\Phi_{mag} = \vec{B} \cdot \vec{A} = |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| cos\theta = B_n \cdot A \tag{2.5}$$

Dies gilt nur für eine geschlossene Leiterschleife, welche die Fläche wirklich begrenzt. Wird nicht nur eine Leiterschleife, sondern eine Spule mit der Windungszahl n betrachtet, folgt:

$$\Phi_{mag} = n|\vec{B}||\vec{A}| cos\theta \tag{2.6}$$

Auch wenn eine einzelne Windung der Spule keinen geschlossenen Kreis darstellt, kann sie dennoch durch hinreichend enges Beieinanderliegen als geschlossene Fläche angenommen werden (vgl. Tipler und Mosca 2015, S. 914).

Durch jede Änderung des magnetischen Flusses durch eine von einem Leiter umschlossene Fläche wird in dem Leiter eine Spannung induziert. Diese Spannung ist proportional zur Änderung des magnetischen Flusses und über den ganzen Stromkreis verteilt. Ist der Stromkreis geschlossen, fließt Strom. Die induzierte Spannung U_{ind} wird durch die Änderungsrate des magnetischen Flusses durch das Faraday´sche Gesetz beschrieben (Tipler und Mosca 2015, S. 915):

$$U_{ind} = -\frac{d\Phi_{mag}}{dt} \tag{2.7}$$

Das Minuszeichen ist dabei abhängig von der Richtung der Induktionsspannung. Diese Vorzeichenvereinbarung kann durch das allgemeine physikalische Prinzip der Lenz´schen Regel begründet werden: „Die von einer Zustandsänderung verursachte Induktionsspannung ist stets so gerichtet, dass sie ihrer Ursache entgegenzuwirken sucht.“ (Tipler und Mosca 2015, S. 919)

Die Kraft des nichtkonservativen, tangential zur Schleife gerichteten elektrischen Feldes $\vec{E}$ impliziert die Induktionsspannung in der Schleife. (Tipler und Mosca 2015, S. 916) Wird die Fläche A von der Kurve C umschlossen gilt für die induzierte Spannung, wegen des Umlaufintegrals entlang C (Tipler und Mosca 2015, S. 916):

$$U_{ind} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_{mag}}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \tag{2.8}$$

Nach der Formel ist eine Induktionsspannung also immer dann vorhanden, wenn die Änderung des magnetischen Flusses $\frac{d\Phi_{mag}}{dt} \neq 0$ ist. Die Induktionsspannung entsteht demnach nur während der Änderung des magnetischen Flusses.

Eine solche Änderung des magnetischen Flusses durch eine Fläche kann hervorgerufen werden, wenn die Magnetfeldstärke $\vec{B}$, der Winkel θ oder der Flächeninhalt der vom Magnetfeld durchsetzten Fläche verändert werden. Eine Möglichkeit einer solchen Veränderung ist in Abbildung 5 dargestellt. Durch die Bewegung des Permanentmagneten mit der Geschwindigkeit v wird der magnetische Fluss durch die unbewegte Leiterschleife stärker (vgl. Tipler und Mosca 2015, S. 916). Die Bewegung des Magneten durch die Leiterschleife bzw. die Spule ist auch der Grund für die Änderung des magnetischen Flusses in der Schütteltaschenlampe.

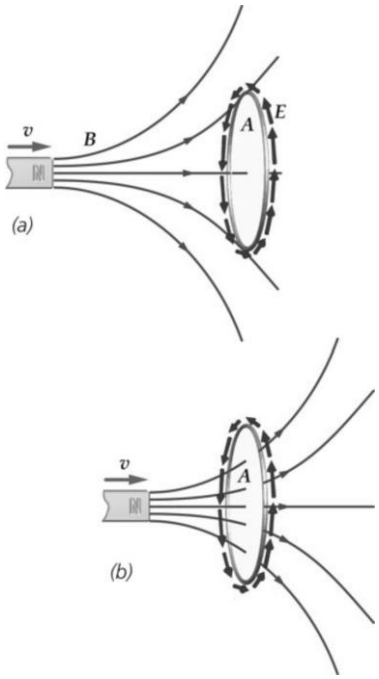


Abbildung 5: Änderung des magnetischen Flusses durch eine Leiterschleife (Tipler und Mosca 2015, S. 916).

Zur Einordnung des Themas elektromagnetische Induktion in den Fachkontext wird sich an der Struktur von Demtröder (2017) orientiert. Vorher müssen demnach die elektrische Stromstärke und elektrische Felder bekannt sein. Daraufhin werden statische Magnetfelder sowie Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld betrachtet. Nach dem Zusammenhang zwischen elektrischem und

magnetischem Feld geht es um zeitlich veränderliche Felder. In dem Kapitel wird zunächst das Faraday´sche Induktionsgesetz und die Lenz´sche Regel, dann Selbstinduktion und gegenseitige Induktion angeführt. Dann folgt der magnetische Fluss und die Maxwell-Gleichungen (vgl. Demtröder 2017). Im Fachkontext müssen also Kenntnisse über elektrische und magnetische Felder vor Behandlung der elektromagnetischen Induktion vorhanden sein.

2.6.2 Sachstruktur des Themenbereichs

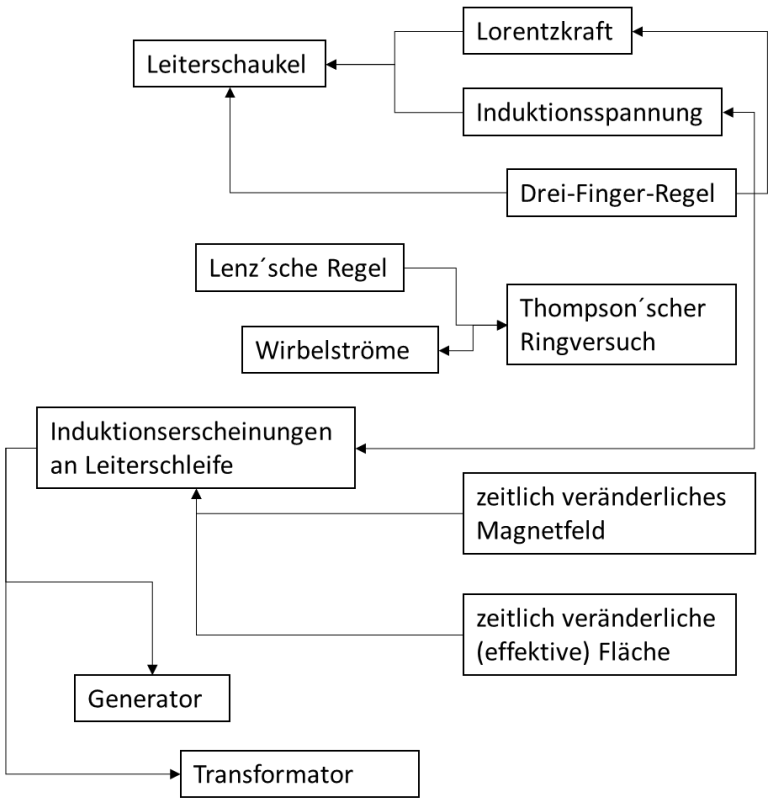


Abbildung 6: Sachstruktur des Themenbereichs „Elektrodynamik“ nach Impulse Physik für die Qualifikationsphase Grundkurs (Blüggel et al. 2019).

Die fachliche Struktur des Themengebiets wurde im vorherigen Kapitel schon kurz umrissen. Um einen Einblick in die Vermittlung des Themengebiets „elektromagnetische Induktion“ im Unterricht, insbesondere der Sekundarstufe II, zu bekommen, wird das Vorgehen von Schulbüchern betrachtet. In Abbildung 6 ist die Sachstruktur aus dem in

Nordrhein-Westfalen zugelassenen Physikbuch für die Qualifikationsphase „Impulse Physik“ dargestellt. Hier werden zuerst Induktionserscheinungen an der Leiterschaukel unterrichtet, bevor die Induktion auf die verschiedenen Ursachen zurückgeführt wird.

Dieses Buch kann exemplarisch für die Erkenntnisse von Erfmann (2017) stehen, die die für die Sekundarstufe II in Niedersachsen zugelassenen Physikbücher untersuchte. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass vier der fünf untersuchten Schulbücher zunächst verschiedene Induktionserscheinungen unterschieden und erst zur Einführung des Induktionsgesetzes die Größe des magnetischen Flusses einführen. Lediglich eines der Schulbücher führt das gesamte Thema über die Größe des magnetischen Flusses ein (vgl. Erfmann 2017, S. 28).

2.6.3 Curricularer Bezug

Dem Kernlehrplan für Gymnasien in Nordrhein-Westfalen (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2019) folgend taucht das Thema elektromagnetische Induktion zum ersten Mal in der Mittelstufe auf. In der Erprobungsstufe, also den Klassen 5 und 6, werden dafür bereits Grundlagen im Inhaltsfeld „Elektrischer Strom und Magnetismus“ gelegt. So können die Schüler:innen laut (KLP 2019) am Ende der Erprobungsstufe bspw. „die Struktur von Magnetfeldern mit geeigneten Hilfsmitteln sichtbar machen und untersuchen“. (KLP 2019, S.24ff.)

In der Mittelstufe bis zum Ende der Sekundarstufe I werden im Rahmen des Inhaltsfeldes „Energieversorgung“ die Inhalte Induktion und Elektromagnetismus eingeführt. Hier liegt der inhaltliche Schwerpunkt auf der Erklärung des Elektromotors, des Generators, der Wechselspannung und des Transformators. Als zweiten inhaltlichen Schwerpunkt geht es in diesem Inhaltsfeld um die Bereitstellung und Nutzung von Energie, z.B. durch Kraftwerke. Beispielhaft sollen die Schüler:innen in dem Zusammenhang folgende Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen bis zum Ende der Sekundarstufe I erwerben (KLP 2019, S. 43f.):

Die Schülerinnen und Schüler können:

- Einflussfaktoren für die Entstehung und Größe einer Induktionsspannung erläutern.,
- den Aufbau und die Funktion von Generator und Transformator beschreiben und die Erzeugung und Wandlung von Wechselspannung mithilfe der elektromagnetischen Induktion erklären, (…)
- an Beispielen aus dem Alltag die technische Anwendung der elektromagnetischen Induktion beschreiben […].

Es wird ein Beitrag zum Basiskonzept Wechselwirkung geleistet, da bei Wirkung von Kräften auf bewegte Ladungsträger in einem Magnetfeld, Bewegungsänderungen oder Induktionsspannungen die Folge sind. (vgl. KLP 2019, S. 45)

In der gymnasialen Oberstufe wird das Themengebiet erneut aufgegriffen. Im Inhaltsfeld „Elektrodynamik“ bilden Spannung und elektrische Energie, Induktion und Spannungswandlung die inhaltlichen Schwerpunkte. Als mögliche Kontexte werden Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren vorgeschlagen. Auch hier wird durch die elektromagnetische Induktion, Induktionsspannung, Transformator und die Lenz´sche Regel ein Beitrag zum Basiskonzept Wechselwirkung geleistet (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2014, S. 32) Bezogen auf die elektromagnetische Induktion lassen sich zum „Umgang mit Fachwissen“ folgende Kompetenzen festhalten (KLP 2014, 32f.):

Die Schülerinnen und Schüler

- […] bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers; Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mit Hilfe einer Drei-Finger-Regel,
- erläutern am Beispiel der Leiterschaukel das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger,
- führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück

„Elektrodynamische Vorgänge haben in weiten Bereichen unseres täglichen Lebens vielfältige und umfangreiche Anwendung gefunden und beeinflussen unser tägliches Leben in deutlichem Maße.“ (KLP 2014, S. 19) Dieses Zitat aus dem Lernlehrplan verdeutlicht die Relevanz des Themas auch für die Lebenswelt der Schüler:innen.

2.6.4 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zum Thema

Um den Inhalt der Erklärvideos auf die Schüler:innen und mögliche Probleme, die sie mit dem Inhalt haben können, anzupassen, sollen hier einige Schülervorstellungen, die zur elektromagnetischen Induktion bekannt sind, aufgeführt werden. In einer Studie von Albe et al. (2001) zeigt sich, dass Lernende Probleme mit der Darstellung von Magnetfeldern durch Feldlinien haben, sodass die meisten Probanden nicht in der Lage seien, die Eigenschaften Orientierung, Richtung und Dichte der Feldlinien, den Eigenschaften Orientierung, Richtung und Stärke des Magnetfeldes zuordnen konnten (vgl. Albe et al. 2001, 202 f.). Auch Hopf und Wilhelm (2018) halten fest, dass Schüler:innen Schwierigkeiten bei der Erstellung und Interpretation von Feldlinienbildern von Magneten haben. Viele hätten beim Magnetfeld Vorstellungen, die ähnlich zum elektrischen Feld sind, sodass sie die Feldlinien nicht so zeichnen, wie sich ein Probemagnet verhalten würde, sondern wie sich eine Probeladung nach ihren Vorstellungen verhalten würde (vgl. Hopf und Wilhelm 2018, S. 193). Da der magnetische Fluss oft nur als mathematischer Zusammenhang eingeführt werde, hätten Lernende des Weiteren Schwierigkeiten damit, diesen Zusammenhang qualitativ zu erläutern, auch da in der Alltagssprache der Begriff „Fluss“ eine andere Verwendung habe und mit einem Transport assoziiert werde (vgl. Albe et al. 2001, S. 201). Eine häufig gegebene Antwort in dem Zusammenhang war: „Der magnetische Fluss ist die Menge an Magnetfeld durch eine Fläche pro Zeiteinheit.“ (Albe et al. 2001, S. 201)

Schwierigkeiten von Lernenden darin, Antworten qualitativ und ohne Formeln widerzugeben, machen auch Bagno und Eylon (1997) fest. Weniger als der Hälfte der Probanden gelang es in der Studie die Aussagen von mathematischen Gleichungen qualitativ wiederzugeben. Damit einhergehend halten sie fest, dass auch Lernende, die Aufgaben quantitativ richtig lösen, oft kein konzeptionelles Verständnis dafür zeigen und umgekehrt (vgl. Bagno und Eylon 1997, 734 f.). Insgesamt schienen Lernende Schwierigkeiten zu haben, wenn es darum ginge neues Wissen mit Konzepten aus früheren Jahrgangsstufen zu vernetzen (vgl. Bagno und Eylon 1997, 734 f.). Explizit auf die elektromagnetische Induktion bezogen verstehen manche Lernende das Vorhandensein eines Magnetfeldes als ausreichend, um Spannung in einem Leiter zu induzieren. Sie ließen dabei außer Acht,

dass Induktion nur stattfindet, dass sich das Magnetfeld auch verändert (vgl. Hopf und Wilhelm 2018, S. 195).

Als Vorschlag für eine Unterrichtskonzeption, die Schülervorstellungen berücksichtigt, nennen Hopf und Wilhelm (2018) den von Erfmann (2017) entwickelten Unterrichtsgang, der sich konsequent auf die Änderung des magnetischen Flusses fokussiere und so ermöglicht das Phänomen der Induktion strukturell einheitlich zu erklären. Dieses Modell basiere unter anderem auf Feldlinienbildern (vgl. Hopf und Wilhelm 2018, S. 204). Auf dieses Unterrichtsmodell zur Vermittlung des Themas Induktion wird im folgenden Kapitel genauer Bezug genommen.

2.6.5 Evaluiertes Unterrichtskonzept zur elektromagnetischen Induktion

Als zentrales Ziel des o.g. Unterrichtskonzepts von Erfmann (2017) wird angestrebt bei Lernenden ein grundlegendes Verständnis für die Induktion aufzubauen. Darin sollen alle Schüler:innen die Möglichkeit bekommen, den Grundgedanken der elektromagnetischen Induktion zu begreifen. Die Erklärung ist qualitativ, um Verständnis für die Induktionsvorgänge aufzubauen, ohne von Berechnungen unterbrochen zu werden. Zu Grunde liege die Idee, alle Erscheinungen strukturell ähnlich zu erklären. Der dazu vom magnetischen Fluss ausgehende Ansatz lautet (Erfmann 2017, S. 39):

> Der geschlossene Leiter schließt eine Fläche ein. Es wird der *magnetische Fluss* durch die vom Leiter aufgespannte Fläche betrachtet. Während der *Änderung* des magnetischen Flusses durch diese Fläche entsteht in dem Leiter ein *elektrisches Feld*. Das elektrische Feld treibt die Elektronen im Leiter an. Im Leiter kommt es daher zu einer *Elektronenverschiebung*.“

Der magnetische Fluss wird dabei zu Beginn der Unterrichtseinheit über ein Simulationsprogramm eingeführt. Darin können die Schüler:innen erfahren, wie sich der magnetische Fluss durch die von einer Leiterschleife umschlossenen Fläche in einem homogenen Magnetfeld ändert. Dazu kann die Fläche vergrößert oder verkleinert, gedreht oder hin- und herbewegt sowie die Stärke des Magnetfeldes verändert werden. Im zweiten Schritt werden die theoretischen Grundlagen der elektromagnetischen Induktion erarbeitet. Daraufhin wird die Induktionsregel in neuen Kontexten angewandt und dabei verschiedene

Aspekte und Anwendungen wie Wechselstromgeneratoren oder Mikrofone thematisiert werden (vgl. Erfmann 2017, S. 39 - 61).

3 Forschungsfragen

Aus den vorherigen Ausführungen ist die Relevanz der Forschung zu Erklärvideos festzustellen. Auch gibt es Qualitätskriterien für gute Erklärvideos, die auf den Kriterien für gute Erklärungen und verständliche Texte beruhen und noch nicht alle im Einzelnen in Bezug auf Erklärvideos empirisch untersucht sind. Es stellt sich also weiterhin die Frage, welche Kriterien inwiefern zu einem guten und wirkungsvollen Video beitragen. Insgesamt zeigt der Blick auf die theoretischen Hintergründe, dass einige Überlegungen hinter der Kernidee präzise und kohärent zu erklären stehen, sodass eine gesonderte Untersuchung dieses Qualitätsmerkmal sinnvoll erscheint.

Die Fragestellung dieser Masterarbeit lautet:

I. Welchen Einfluss hat die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos auf den dadurch hervorgerufenen Lernzuwachs im Vergleich zu einem in der Hinsicht nicht optimierten Video?

Weitere Fragen, die in der Masterarbeit beantwortet werden können, sind:

II. Inwiefern tragen die erstellten Videos zu einem Wissenserwerb bei?

III. Inwieweit wirkt sich eine Optimierung der Videos auch auf die subjektive Bewertung der Videos durch die Schüler:innen aus?

Es wird erwartet, dass durch beide Videos ein Wissenszuwachs erzeugt wird. Dabei sollte den Qualitätskriterien folgend das in Hinblick auf Kohärenz optimierte Video einen größeren Wissenszuwachs zeigen und somit als wirkungsvoller gelten. Die subjektive Bewertung durch die Schüler:innen wird sich möglicherweise am Verständnis des Videos orientieren und somit auch für das optimierte Video positiver ausfallen.

4 Design der Videos

Aufgrund der Relevanz der Erklärvideos für diese Arbeit soll im Folgenden der Gestaltung und der Erstellung der Videos ein explizites Kapitel gewidmet werden.

4.1 Didaktische Bemerkungen

Eines der Qualitätskriterien für gute Erklärvideos ist die Adaption an Vorwissen, Fehlvorstellungen und Interessen. Dazu sollte man sich vorab Gedanken über die Zielgruppe und Lernvoraussetzungen machen und das Video an die Zielgruppe anpassen.

4.1.1 Zielgruppe und Lernvoraussetzungen

Für die intendierte Erklärung der elektromagnetischen Induktion am Beispiel der Schütteltaschenlampe auf Basis des Unterrichtskonzepts von Erfmann (2017) ist es notwendig, dass die Schüler:innen grundlegende Konzepte zum elektrischen und magnetischen Feld haben. Deshalb wird als Zielgruppe die Sekundarstufe II ausgewählt. Auch wenn es im Video nochmals aufgegriffen wird, ist es sinnvoll, dass die Darstellung des Magnetfeldes über Magnetfeldlinien nichts gänzlich Neues für die Rezipienten der Videos darstellt, da die Erklärung ausgehend vom Feldlinienkonzept erfolgt. Dafür wird es als sinnvoll angesehen, wenn die Schüler:innen die Wirkung von Magneten und deren Darstellung nach der Sekundarstufe I nochmals wiederholt haben. Laut Curriculum für Gymnasien in Nordrhein-Westfalen geschieht das erst im Rahmen des Themas Elektrodynamik in der Qualifikationsphase (vgl. KLP 2014, S. 19).

4.1.2 Elementarisierung

Bei den Überlegungen zum Konzept der Unterrichtseinheit bezieht Erfmann (2017)sich unter anderem auch auf die Cognitive Load Theory (Sweller und Chandler 1994). Als Erkenntnis wird daraus gezogen, dass die elektromagnetische Induktion als Thema eine hohe intrinsische kognitive Belastung aufweise, sodass im Lernprozess auf eine geringe extrinsische kognitive Belastung geachtet werden sollte (vgl. Erfmann 2017, S. 31).

Da die Lernenden häufig Schwierigkeiten mit dem Verständnis des Spannungsbegriffs hätten und ihn in ihrem bisherigen Unterricht mutmaßlich nur als Potentialdifferenz kennengelernt hätten, könne es zu Problemen beim Erlernen der Induktion führen. Es wurde deshalb die Entscheidung getroffen, das Induktionsgesetz über die Stärke des induzierten Stroms zu definieren, was bei Gültigkeit des Ohm´schen Gesetzes möglich ist (vgl. Erfmann 2017, S. 31).

Eine weitere Entscheidung, die getroffen wurde, ist die Induktion mit Rückgriff auf ein entlang des Leiters orientierten elektrischen Feldes zu unterrichten. Auch wenn der Unterricht zur Induktion ohne Bezug zu elektrischen Feldern möglich sei, wurde sich hier für die Thematisierung entschieden, da die Lernenden in der Sekundarstufe II elektrische Felder ohnehin im Unterricht behandeln (vgl. Erfmann 2017, S. 32).

Auf das negative Vorzeichen, das im Induktionsgesetz auftaucht, wird bei der Unterrichtseinheit nicht eigegangen und somit die Stromflussrichtung nicht thematisiert. Als Begründung dafür wird angeführt, dass die Stromflussrichtung in den meisten Situationen keine Rolle spiele und somit durch die Reduktion des fachlichen Inhalts auch schwächeren Lernenden ein Zugang zum Thema ermöglicht würde (vgl. Erfmann 2017, S. 33).

Des Weiteren wurde sich für eine qualitative Herangehensweise entschieden, die den Lernenden zunächst ein grundlegendes Verständnis der Induktionsvorgänge näher bringt. Auf eine quantitative Betrachtung werden zunächst verzichtet. Es besteht aber die Möglichkeit quantitativ an diese qualitative Herangehensweise anzuknüpfen (vgl. Erfmann 2017, S. 35).

An den hier aufgeführten Entscheidungen wurde sich bei der Gestaltung der Erklärvideos orientiert.

4.2 Skripte der Videos

Im Folgenden sind die Skripte des hinsichtlich der Kohärenz optimierten Versuchsvideos und des nicht optimierten Kontrollvideos abgedruckt. Darauf wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit Bezug genommen.

4.2.1 Skript des Versuchsvideos

Hier siehst Du eine Schütteltaschenlampe. Vielleicht hast Du so eine Schütteltaschenlampe schon einmal in echt gesehen oder sogar benutzt? Das Besondere an der Schütteltaschenlampe ist, dass sie keine Batterien braucht. Die Schütteltaschenlampe leuchtet, wenn man sie schüttelt. Man könnte sagen, dass durch das Schütteln Strom erzeugt wird. Wie sich das physikalisch erklären lässt, möchte ich Dir in diesem Video zeigen.

Schauen wir uns dazu die Schütteltaschenlampe von innen an. Die wichtigsten Bestandteile der Schütteltaschenlampe sind ein Lämpchen, eine Spule und ein Magnet. Beginnen wir mit dem Magneten.

Um zu verstehen, wie die Schütteltaschenlampe funktioniert, müssen wir uns zuerst ein Magnetfeld anschauen. Vielleicht weißt Du schon, dass man die Wirkung von Magneten auf verschiedene Arten darstellen kann. Das Magnetfeld ist hier mit sogenannten Magnetfeldlinien dargestellt. Die Anzahl der Magnetfeldlinien in einem Bereich symbolisiert die Stärke des Magnetfeldes. Durch die Pfeilspitzen wird die Richtung des Magnetfeldes dargestellt. Natürlich ist auch zwischen den Magnetfeldlinien die Wirkung des Magneten vorhanden.

Die Funktionsweise der Schütteltaschenlampe lässt sich durch die Veränderung des sogenannten magnetischen Flusses beschreiben. Der magnetische Fluss ist eine neue Größe, die wir auch mit den Magnetfeldlinien beschreiben können. Um den magnetischen Fluss zu bestimmen, müssen wir uns die Anzahl der Feldlinien ansehen, die eine Fläche durchstoßen. Das Formelzeichen für den magnetischen Fluss ist der griechische Buchstabe „Phi“. Für den magnetischen Fluss gilt der Zusammenhang: „Je mehr Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.“ Wenn sich die Richtung, mit der die Feldlinien die Fläche durchstoßen ändert, so ändert sich das Vorzeichen des magnetischen Flusses.

Das war bis jetzt sehr abstrakt. Schauen wir doch einmal weiter, was das jetzt für die Schütteltaschenlampe zu bedeuten hat. Für die Erklärung der Schütteltaschenlampe benötigen wir als nächstes eine Leiterschleife, zum Beispiel einen Draht, den man so gebogen hat, dass er eine Schleife bildet. Die Leiterschleife spannt eine Fläche auf – die Fläche nämlich, die der Draht jetzt umläuft. Wir nennen die Fläche A.

Legen wir die Leiterschleife in ein Magnetfeld, können wir den magnetischen Fluss „Phi“ durch die Fläche A betrachten, genau wie vorhin überlegt. Jetzt kommt der wichtigste Gedanke der Erklärung: „Wenn sich der magnetische Fluss durch die Fläche A nämlich VERÄNDERT, entsteht im Leiter ein elektrisches Feld, das am Ende für den fließenden Strom verantwortlich ist.“ Dadurch kann man aus Magnetismus Strom erzeugen! Wenn sich der magnetische Fluss „Phi“ durch eine Fläche A verändert, kennzeichnen wir das mit den Buchstaben „Delta Phi“.

Man kann den magnetischen Fluss verändern, indem weniger Feldlinien durch die Fläche laufen. Wie geht das? Dafür gibt es drei Möglichkeiten. Es laufen erstens weniger Feldlinien durch die Fläche, wenn wir den Flächeninhalt verkleinern. Zweitens laufen auch weniger Feldlinien durch die Fläche, wenn wir die Fläche drehen. Drittes laufen weniger Feldlinien durch die Fläche, wenn das Magnetfeld schwächer wird, weil wir zum Beispiel den Magneten wegbewegen.

Wie wird daraus jetzt Strom? Strom ist das Fließen von Elektronen. Man kann Elektronen durch ein elektrisches Feld antreiben. Das elektrische Feld ist entlang des Leiters orientiert. Durch das elektrische Feld werden die Elektronen, die hier mit e-Minus gekennzeichnet sind, angetrieben. Dadurch fließt ein Strom, der die Lampe im geschlossenen Stromkreis zum Leuchten bringt.

Das heißt, wenn sich der magnetische Fluss, also sie Anzahl der Feldlinien durch eine von einem Leiter aufgespannte Fläche verändert, wird ein Strom in dem Leiter induziert. Genau das nennt man „elektromagnetische Induktion“. Das Prinzip steht hinter jedem Kraftwerk. Ohne elektromagnetische Induktion hätten wir nirgendwo Strom zum Leben.

Dass unsere Schütteltaschenlampe vom Anfang leuchtet, lässt sich auch durch die Induktion erklären. In der Schütteltaschenlampe sehen wir eine Spule. Eine Spule ist ein aufgewickelter Draht, also viele Leiterschleifen hintereinander. Die Enden dieser Spule sind mit dem Lämpchen verbunden. Der Magnet in der Schütteltaschenlampe ist beweglich und bewegt sich, wenn man die Taschenlampe schüttelt, durch die Taschenlampe und damit auch durch die Spule. Dadurch wird wie in der Erklärung von gerade ein Strom induziert und das Lämpchen leuchtet.

Schauen wir und die Schütteltaschenlampe noch einmal in echt an.

Die Schütteltaschenlampe funktioniert also durch elektromagnetische Induktion. Der magnetische Fluss durch eine Leiterschleife verändert sich und dadurch wird in dem Leiter Strom induziert.

4.2.2 Skript des Kontrollvideos

Hier siehst Du eine Schütteltaschenlampe. Vielleicht hast Du so eine Lampe schon einmal in echt gesehen oder sogar benutzt? Das Besondere daran ist, dass sie keine Batterien braucht. Sie leuchtet, wenn man sie schüttelt. Man könnte sagen, dass dadurch Strom erzeugt wird.

Wie sich das physikalisch erklären lässt, möchte ich Dir in diesem Video zeigen.

Schauen wir uns dazu die Lampe von innen an. Die wichtigsten Bestandteile dieser Lampe sind ein Birnchen, eine Spule und ein Magnet. Beginnen wir damit.

Wir müssen uns zuerst ein Magnetfeld anschauen. Vielleicht weißt Du schon, dass man die Wirkung von Magneten auf verschiedene Arten darstellen kann. Hier ist es mit sogenannten Magnetfeldlinien dargestellt. Die Anzahl der Feldlinien in einem Bereich symbolisiert die Stärke des Magnetfeldes. Durch die Pfeilspitzen wird die Richtung des Magnetfeldes dargestellt. Natürlich ist auch dazwischen die Wirkung des Magneten vorhanden.

Die Funktionsweise der Schütteltaschenlampe lässt sich durch die Veränderung des sogenannten magnetischen Flusses beschreiben. Dieser ist eine neue Größe, die wir auch mit den Magnetfeldlinien beschreiben können. Um den magnetischen Fluss zu bestimmen, müssen wir uns die Anzahl der Feldlinien ansehen, die eine Fläche durchstoßen. Das Formelzeichen dafür ist der griechische Buchstabe „Phi“. Es gilt der Zusammenhang: „Je mehr Feldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.“ Wenn sich die Richtung, mit der die Feldlinien die Fläche durchstoßen ändert, so ändert sich das Vorzeichen des magnetischen Flusses.

Das war bis jetzt sehr abstrakt. Schauen wir doch einmal weiter, was das jetzt für die Schütteltaschenlampe zu bedeuten hat. Für die Erklärung benötigen wir als nächstes eine Leiterschleife, zum Beispiel einen Draht, den man so gebogen hat, dass er eine Schleife bildet. Diese spannt eine Fläche auf, die der Draht jetzt umläuft. Wir nenne sie A.

Legen wir die Leiterschleife in ein Magnetfeld, können wir den magnetischen Fluss „Phi“ durch die Fläche A betrachten. Jetzt kommt der wichtigste Gedanke der Erklärung: „Wenn sich der magnetische Fluss durch die Fläche A nämlich VERÄNDERT, entsteht im Leiter ein elektrisches Feld, das am Ende für den fließenden Strom verantwortlich ist.“ Dadurch kann man aus Magnetismus Strom erzeugen! Wenn sich der magnetische Fluss „Phi“ durch eine Fläche A verändert, kennzeichnen wir das mit den Buchstaben „Delta Phi“.

Man kann den magnetischen Fluss verändern, indem weniger Feldlinien durch die Fläche laufen. Wie geht das? Es gibt drei Möglichkeiten. Erstens können wir den Flächeninhalt verkleinern. Zweitens können wir die Fläche drehen. Und drittens können wir den Magneten wegbewegen, sodass das Magnetfeld schwächer wird.

Wie wird daraus jetzt Strom? Strom ist das Fließen von Elektronen. Man kann sie durch ein elektrisches Feld antreiben. Das E-Feld ist entlang des Leiters orientiert. Dadurch werden die Elektronen, die hier mit e-Minus gekennzeichnet sind, angetrieben. Es fließt ein Strom, der die Lampe im geschlossenen Stromkreis zum Leuchten bringt.

Das heißt, wenn sich der magnetische Fluss, also sie Anzahl der Feldlinien durch eine von einem Leiter aufgespannte Fläche verändert, wird ein Strom in ihm induziert. Genau das nennt man „elektromagnetische Induktion“. Das Prinzip steckt hinter jedem Kraftwerk. Ohne elektromagnetische Induktion hätten wir nirgendwo Strom zum Leben.

Dass unsere Schütteltaschenlampe vom Anfang leuchtet, lässt sich auch durch die Induktion erklären. In der Lampe sehen wir eine Spule. Das ist ein aufgewickelter Draht, also viele Leiterschleifen hintereinander. Die Enden dieser Spule sind mit der Birne verbunden. Der Magnet in der Taschenlampe ist beweglich und bewegt sich, wenn man die Taschenlampe schüttelt, durch die Lampe und damit auch durch die Spule. Dadurch wird auch hier ein Strom induziert und das Lämpchen leuchtet.

Schauen wir uns das noch einmal in echt an.

Die Schütteltaschenlampe funktioniert durch elektromagnetische Induktion. Der magnetische Fluss durch eine Leiterschleife verändert sich und dadurch wird in dem Leiter Strom induziert.

4.3 Erstellung der Videos

Die Videos[1] wurden in Eigenproduktion erstellt. Zunächst wurden die obigen Skripte erarbeitet, da diese den Hauptpunkt der Untersuchung darstellen und die Stellschraube der Kohärenz sich am ehesten im Text niederschlägt. Zur Überprüfung der Qualität der beiden Skripte wurde unter anderem die globale und lokale Textkohäsion analysiert (siehe dazu Anhang III) (vgl. Kulgemeyer und Starauschek 2014).

Daraufhin wurden mit Microsoft PowerPoint die Visualisierungen erarbeitet. Genaueres dazu kann dem Anhang entnommen werden (S. I). Auch die Animationen wurden mit PowerPoint erstellt. Schließlich wurden in der Präsentation Einblendungen in Textform für wichtige Stellen des Videos erstellt. Lediglich die reale Schütteltaschenlampe, die jeweils zu Beginn und Ende des Videos zu sehen ist, wurde gefilmt. Um Ablenkung durch Hintergründe zu vermeiden, geschah dies in einer Kulisse aus Holz bestehend aus einer Rückwand, einer Seitenwand und dem Boden. Die Schütteltaschenlampe wurde zweimal in Aktion aufgenommen. Eine Aufnahme davon wurde in Slow Motion gemacht, sodass der sich durch die Taschenlampe bewegende Magnet gut sichtbar war. Zusätzlich wurde ein Foto von derselben Taschenlampe gemacht, um für verschiedene Zwecke im Video immer auf dieselbe Schütteltaschenlampe zurückgreifen zu können.

Die so erstellte Präsentation wurde aus PowerPoint als Video exportiert. Die Audioaufnahmen wurden mit dem Programm Audacity realisiert. Zuletzt wurden mit dem Windows Programm Movie-Maker der gesprochene Text und die Visualisierungen zusammengefügt. Dabei wurde besonders beim Versuchsvideo darauf geachtet, dass Text und Visualisierung auch zeitlich gut zueinander passen.

[1] Die Videos können unter folgenden URL abgerufen werden:
Versuchsvideo: https://youtu.be/XF5RkYAe0XE
Kontrollvideo: https://youtu.be/QHKWtJ5jRBM

4.4 Vergleichende Betrachtung der Videos

Da die Gestaltungsmerkmale und besonders die Unterschiede derer den zentralen zu untersuchenden Punkt darstellen, werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Videos im Folgenden erläutert. Dabei wird sich, sofern dies möglich ist, jeweils am Ablauf der Videos orientiert.

Gemeinsame Gestaltungsmerkmale der Videos

Das Video beginnt mit der Darstellung der Schütteltaschenlampe in Aktion, sodass Schüler:innen, die noch nie zuvor eine Schütteltaschenlampe gesehen haben, sich darunter auch etwas vorstellen können. Dies geht einher mit der Kernidee der Adaption. Anhand eines Fotos derselben Taschenlampe werden dann die drei wichtigen Bestandteile (Lämpchen, Spule und Magnet) benannt und der Reihe nach als schematische Zeichnungen eingeblendet. Damit wird der Übergang von der gegenständlichen zur bildlichen Ebene und durch die Beschriftung und mündliche Benennung zur sprachlichen Ebene vollzogen (vgl. Leisen 2010, S. 35). Nach diesem Einstiegsbeispiel wird weiter zunächst eine fachliche Erklärung geliefert, bevor diese dann wieder auf die Schütteltaschenlampe konkret bezogen wird. Das Video orientiert sich also an der (Beispiel-Regel-Struktur). Diese bietet sich an, da der Erwerb von Fachwissen zur Induktion als Ziel des Videos angesehen werden kann. Daraufhin wird in den Videos die Wirkung von Magneten durch Magnetfeldlinien dargestellt. Dieses erfolgt sowohl am Stabmagneten als auch am Hufeisenmagneten. In der Schütteltaschenlampe befindet sich ein Stabmagnet, während die weiteren Erklärungen über das homogene Magnetfeld des Hufeisenmagneten einfacher sind.

Beginnt in dem Video ein neuer Sinnabschnitt wird dies durch eine graue Folie signalisiert. Bei der Erklärung des magnetischen Flusses wird das Formelzeichen Φ und anschließend der Zusammenhang „Je mehr Feldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer Φ.“ eingeblendet. Damit wird dieser Zusammenhang als wichtig hervorgehoben. Danach wird die Leiterschleife gezeigt, die eine Fläche A umspannt. Auch hier wird ein Übergang von der gegenständlichen Darstellungsebene weg vollzogen. Die Änderung des magnetischen Flusses durch eine Fläche wird als „wichtigster Gedanke der Erklärung“ bezeichnet und durch Einblendung des Zusammenhangs hervorgehoben. Damit wird ein Prompt zum

relevantesten Inhalt der Erklärung gegeben. Die drei Möglichkeiten der Änderung werden am Beispiel der Verkleinerung des magnetischen Flusses dargestellt. Die Änderungen werden animiert und zeitgleich sprachlich erläutert. Oben links wird zusätzlich eingeblendet, was passiert (z.B.: „1. Flächeninhalt verkleinern.“).

Dann werden die Rezipienten durch die Frage „Wie wird daraus jetzt Strom?“ wieder mit einbezogen. Das eigentlich Bekannte, dass es sich bei Strom um das Fließen von Elektronen handelt, wird noch einmal erwähnt, damit sich dies alle Rezipienten wieder in Erinnerung rufen und der Erklärung im Video weiter folgen können. Die Elektronen werden animiert und auch in dem dargestellten geschlossenen Stromkreis leuchtet die Lampe dann, wenn dich die Elektronen bewegen. Hier wird sich die Möglichkeit der dynamischen Darstellung zu Nutze gemacht, um auch zeitliche Abläufe darzustellen.

Die Regel für die elektromagnetische Induktion wird sprachlich vorgetragen und vor dem Hintergrund der beiden vorigen Erklärabschnitte (magnetischer Fluss und E-Feld im geschlossenen Stromkreis) eingeblendet. Dadurch soll die Beziehung zwischen den Erklärabschnitten hergestellt werden. Durch die Einblendung wird die qualitative Formulierung der Induktionsregel hervorgehoben. Durch den Verweis auf die Lebensrelevanz der elektromagnetischen Induktion, soll den Schüler:innen verdeutlicht werden, dass dies ein Phänomen ist, welches über die Schütteltaschenlampe hinaus von alltäglicher Relevanz für sie ist.

Schließlich wird die Erklärung wieder auf das Beispiel bezogen und der genaue Aufbau der Schütteltaschenlampe und die Funktionsweise anhand einer schematischen Animation erläutert. Dann wird auf die gegenständliche Ebene zurückgegangen und in einem Slow-Motion-Video das gerade Animierte noch einmal in real gezeigt. Das Video wird mit folgendem Satz beendet: „Die Schütteltaschenlampe funktioniert durch elektromagnetische Induktion. Der magnetische Fluss durch eine Leiterschleife verändert sich und dadurch wird in dem Leiter Strom induziert.“ Dies ist als strukturgebende Zusammenfassung zu deuten.

In beiden Videos werden die Rezipienten direkt angesprochen und in Erklärungen das Pronomen „wir“ benutzt. (z.B. „Schauen wir einmal weiter.“) Die direkte Ansprache des

Adressaten ist ein weiteres Qualitätsmerkmal, dass hier als erfüllt anzusehen ist. Die Untersuchung der Textverständlichkeit u.a. über die 4. Wiener Sachtextformel mit den Ergebnissen 7,5 und 6,0 für die Klassenstufe lässt den Schluss zu, dass die Sprachebene der Adressatengruppe angepasst ist bzw. nicht unverständlich ist. Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass die beiden Videos nahezu allen Aspekten, die sich für wirkungsvolle Erklärvideos ergeben, entsprechen.

Unterschiede, insbesondere der Kohärenz

Um dem Ziel dieser Arbeit gerecht zu werden und den Einfluss der kohärenten Gestaltung von Erklärvideos zu untersuchen, sind in dem Versuchsvideo einige Veränderungen vorgenommen worden, um diese zu erhöhen. Auf die sich aus den Änderungen ergebenden Unterschiede soll im Folgenden eingegangen werden. Diese finden sich in der textlichen Gestaltung, in der bildlichen Gestaltung und der Text-Bild-Kohärenz.

Die Analyse der lokalen und globalen Textkohäsion nach dem von Kulgemeyer und Starauschek (2014) vorgeschlagenen Modell liefert für die lokale Kohäsion einen optimalen Wert von $lsk = 51\%$ und einen Bereich für gute lokale Kohäsion von $41\% < lsk < 65\%$ an. Das Versuchsvideo trifft mit einem Wert von $lsk = 53\%$ ziemlich genau den optimalen Wert. Das Kontrollvideo hingegen hat einen Wert von $lsk = 16\%$ und liegt damit deutlich unter dem empfohlenen Bereich. Dies wurde erreicht, indem im Kontrollvideo auf direkte Wiederaufnahmen zwischen den Sätzen geachtet wurde. Im Versuchsvideo wurden Aussagen beispielsweise durch Pronomen ersetzt (bspw. Z. 17-19 im Versuchsvideo gegenüber Z. 14-16 im Kontrollvideo). Für die globale Kohäsion wird ein Bereich von $70\% < gsk < 89\%$ mit einem optimalen Wert von $gsk = 80\%$ angegeben. Im Versuchsvideo liegt die globale Kohäsion mit $gsk = 81\%$ sehr nah am optimalen Wert. Im Versuchsvideo liegt die globale Kohäsion mit $gsk = 69\%$ knapp unter dem empfohlenen Bereich. Dies wurde u.a. dadurch erreicht, dass im Versuchsvideo gleiche Dinge konsequent gleich bezeichnet werden, wobei im Kontrollvideo Synonyme verwendet werden. Während bspw. das Lämpchen in der Schütteltaschenlampe im Kontrollvideo immer mit „Lämpchen“ bezeichnet wird, heißt es im Versuchsvideo: „Lämpchen, Birn-

chen, Birne, Lampe“. Insgesamt gibt es einen Unterschied in der durch Textkohäsion hervorgerufene Kohärenz. Das Versuchsvideo liegt nah am optimalen Wert, während das Kontrollvideo unterhalb des Bereichs liegt.

Die Kohärenz der Bilder lässt sich nur deskriptiv einschätzen. Da die Wahl gleicher Darstellungsweisen einen ähnlichen Effekt hat, wie die globale Textkohäsion, wurde im Versuchsvideo darauf geachtet, immer gleiche Darstellungsweisen zu wählen. Ein Beispiel lässt sich in der farblichen Gestaltung ausmachen. Im Versuchsvideo wird die Fläche, anhand der der magnetische Fluss erklärt wird und die Leiterschleife immer kupferfarben dargestellt. Auch die schematische Zeichnung der Spule ist kupferfarben. Diese Farbe ist in der realen Spule der Schütteltaschenlampe wiederzufinden, sodass dadurch Zusammenhänge hergestellt werden können. Im Kontrollvideo hingegen ist die Fläche magentafarben und eckig, die Leiterschleife blau und der Stromkreis violett. Dort wird die mentale Kohärenzbildung nicht durch einheitliche Darstellungsweisen unterstützt.

Bezüglich der Text-Bild- Kohärenz wurde im Versuchsvideo besonders darauf geachtet, Text und Bild bzw. Animationen zu synchronisieren. Im Kontrollvideo gibt es diesbezüglich zum Teil kleine Verzögerungen. Einen weiteren Unterschied gibt es in den Texteinblendungen. Diese sind im Versuchsvideo wortgleich zu den mündlichen Erklärungen. Im Kontrollvideo gibt zum Teil kleine Unterschiede in den genauen Formulierungen.

Demnach gibt es Unterschiede in der kohärenten Gestaltung der beiden Erklärvideos, deren Effekte im Weiteren untersucht werden sollen.

5 Methodik und Studiendesign

5.1 Ziel und Begründung des Vorgehens

Um die in Kapitel 3 gestellten Fragen zu beantworten und die aufgestellten Hypothesen zu prüfen, wurde eine Interventionsstudie durchgeführt. Da das erhebliche Erkenntnisinteresse der Arbeit in der Frage der Wirksamkeit liegt, wurde auch aufgrund der Möglichkeit größerer Probandenzahlen ein quantitatives Forschungsvorhaben genutzt. Wie in einer Interventionsstudie üblich, wurde mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe gearbeitet (vgl. Schecker et al. 2014). Dazu wurden zwei etwa fünfminütige Videos nach den genannten Qualitätskriterien erstellt. Eines der Videos ist jedoch hinsichtlich der Kohärenz zwischen Sprache und Darstellung sowie der Kohärenz des Gesagten optimiert. Das ist das Video der Versuchsgruppe.

In der Studie ist das Erklärvideo als unabhängige Variable und der daraus hervorgehende Lernerfolg als abhängige Variable anzusehen. Um ebendiesen zu überprüfen, wurde ein Prä- und Posttest-Verfahren eingesetzt. Die Testaufgaben zum Fachwissen zur elektromagnetischen Induktion sind im Prä- und Posttest und auch in der Test- und Kontrollgruppe identisch. Im Prätest wurden zusätzlich wenige persönliche Daten abgefragt. Im Posttest wurde zusätzlich nach der subjektiven Bewertung der Videos gefragt, um auch die dritte der o.g. Forschungsfragen beantworten zu können. Dazu soll zur Einschätzung verschiedener Aussagen zur Qualität und zum Verständnis des Videos eine vierstufige Likert-Skala genutzt werden, um die Tendenz zur Mitte auszuschließen. Die Auswertung der so erhobenen Daten erfolgte durch quantitativ-statistische Verfahren.

Das jeweilige Video wurde in die Online Befragung über limesurvey eingebettet und randomisiert auf die Probanden zugeteilt, um die Durchführung auch im Diatanzunterricht zu gewährleisten. Die gesamte Befragung fand in einer einzigen über einen Link erreichbaren Online-Umfrage statt. Damit konnten der Prätest und Posttest einer Person direkt einander zugeordnet werden ohne Daten wegen fehlerhafter Zuordnungscodes zu verlieren.

5.2 Erhebungsinstrument

Das Erhebungsinstrument, also der Fragebogen, wurde so konstruiert, dass zum einen das Fachwissen zur Induktion und zum anderen eine subjektive Bewertung der Videos erhoben werden. Ein Ausdruck des Online-Fragebogen sowie Musterlösungen der Testaufgaben sind im Anhang (S. IV ff.) zu finden.

5.2.1 Testaufgaben

Bei den Testaufgaben handelt es sich um sechs geschlossene Multiple-Choice Aufgaben. Insgesamt handelt es sich dabei um Aufgaben, die das im Video vermittelte (deklarative) Wissen zum magnetischen Fluss und zur elektromagnetischen Induktion abfragen. Dabei wurde darauf geachtet, dass sich diese möglichst nah am Video orientieren. In Tabelle 2 sind die inhaltlichen Schwerpunkte der Aufgaben zusammengefasst. Die Aufgaben werden jeweils noch durch eine weitere Stufe ergänzt anhand der die Probanden eine Einschätzung darüber abgeben sollen, wie sicher sie bei der Beantwortung der Frage waren. Dies geschieht anhand einer fünfstufigen Skala von „sehr sicher“ bis „sehr unsicher“.

Aufgabe	**Inhalt**
1	Abhängigkeit von magnetischem Fluss zur Anzahl der die Fläche durchsetzenden Magnetfeldlinien
2	Formelzeichen des magnetischen Flusses
3	Aussagen zum magnetischen Fluss
4	Möglichkeiten den magnetischen Fluss zu verkleinern
5	Induktion durch Relativbewegung
6	Aussagen zur elektromagnetischen Induktion

Tabelle 2: Verteilung der inhaltlichen Schwerpunkte auf die Testaufgaben.

Frage 1 wurde von der Bestandsaufnahme, die Erfmann (2017) zur Entwicklung der Unterrichtskonzeption durchgeführt hat, adaptiert. Dabei wurden die ursprünglich in Graustufen gehaltenen Abbildungen durch farbige Abbildungen ausgetauscht. Die Abbildungen sind direkt aus dem Video übernommen und eine blaue Fläche eingefügt worden. Die Antwort auf die Frage, in welcher Abbildung der magnetische Fluss durch

die blaue Fläche größer ist, steht in Z. 18 bis 20 des Skripts des Kontrollvideos und ist einer der Zusammenhänge, die zusätzlich als Text im Video eingeblendet werden.

Frage 2 fragt nach dem Formelzeichen des magnetischen Flusses. Die Antwort liefern Z. 17 bis 18 des Kontrollvideos. In den Videos wurde das Formelzeichen Φ auch eingeblendet. Als falsche Antwortmöglichkeiten wurden hier gewählt: „A“, da die Fläche im Video so bezeichnet wird, „B“, um herauszufinden, ob zwischen der magnetischen Feldstärke B und dem magnetischen Fluss Φ unterschieden wird, und ein anderer griechischer Buchstabe Ψ, um herauszufinden, ob die genaue Bezeichnung bekannt ist und dies nicht auf das Konstrukt „griechischer Buchstabe“ reduziert wird.

In Frage 3 soll aus mehreren Antwortmöglichkeiten einer Aussage zum magnetischen Fluss zugestimmt werden. Die richtige Antwort „Je mehr Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.“ findet sich in der exakten Formulierung in Z. 18 bis 20 des Kontrollvideo-Skripts.

In Frage 4 werden die Möglichkeiten abgefragt den magnetischen Fluss durch eine Fläche zu verkleinern. Die Möglichkeiten die Fläche zu verkleinern, die Fläche zu drehen oder den Magneten wegzubewegen werden im Video beschrieben und visualisiert (vgl. Z. 33 bis 36 Kontrollvideo). Hier sind mehrere Antwortmöglichkeiten richtig.

Frage 5 wurde dem Konzept von Erfmann (2017) entnommen. Verändert wurde dabei allerdings die Darstellung. Bei Erfmann sind die Abbildungen in schwarz-weiß gehalten. Zur besseren Verknüpfung mit den Inhalten des Videos werden die Darstellungen, die aus dem Video bekannt sind, auch in farbig verwendet. Außerdem wurde durch Umrahmungen und einen Pfeil versucht zu verdeutlichen, dass es sich bei den Abbildungen um Beginn und Ende einer Bewegung handelt. Des Weiteren wurden Beschriftungen hinzugefügt, damit die Beantwortung der Aufgabe nicht vom Verständnis der schematischen Darstellung abhängig ist. Im Test von Erfmann (2017) wird zudem eine zweite Stufe verwendet. In dieser Multiple-Choice-Aufgabe sollen die Probanden angeben, welche Begründung am besten zu der gegebenen Antwort passt. Diese Stufe wurde anhand von Fehlvorstellungen entwickelt, die durch die Kombination von Antwort und Begründung deutlich werden können (vgl. Erfmann 2017, 212 f.). Die richtige Antwort auf diese Frage liefern Z. 28 bis 29 im Skript des Kontrollvideos.

In Frage 6 sind auch mehrere Antworten richtig. Hier soll Aussagen zur elektromagnetischen Induktion zugestimmt werden. Dabei sind die richtigen Antwortmöglichkeiten nah an den im Video genutzten Formulierungen gewählt. Die hier zitierten richtigen Antwortmöglichkeiten sind an folgenden Stellen im Skript des Kontrollvideos zu finden:

> „Ohne elektromagnetische Induktion hätten wir nirgendwo Strom zum Leben, da das Prinzip hinter jedem Kraftwerk steckt.“ (siehe Z. 43 bis 44)
> „Dass die Schütteltaschenlampe leuchtet, lässt sich durch die elektromagnetische Induktion erklären.“ (siehe Z. 45 bis 46)
> „Wenn sich der magnetische Fluss durch eine von einem Leiter aufgespannte Fläche verändert, wird ein Strom in dem Leiter induziert.“ (siehe Z. 41 bis 42)

Um nach Möglichkeit nur den Lernzuwachs, der durch das Schauen der Videos hervorgerufen wird, abzufragen, wurde also versucht, die Aufgaben des Leistungstests nah am Video zu orientieren.

5.2.2 Prä- und Posttest

Die oben dargestellten Testfragen werden gleichermaßen im Prätest und Posttest verwendet. Der Prätest dient dazu das Vorwissen der Schüler:innen zu erheben, während durch den Posttest der Lernzuwachs ermittelt werden soll.

Bevor die Schüler:innen die Fragen des Prätests beantworten, sollen sie Auskunft über ihr Geschlecht geben. Außerdem wird erfragt, ob sie Physik im Leistungskurs oder Grundkurs belegen. Darüber hinaus soll über die Punkte in Physik auf dem letzten Zeugnis ein ungefährer Leistungsstand erhoben werden. Da für die Befragung weiter das Vorwissen zum Themengebiet Induktion interessant ist, wird gefragt, ob das Thema bereits im Unterricht behandelt wurde. Da sich vielleicht nicht alle Schüler:innen an die Bezeichnung „elektromagnetische Induktion“ erinnern, wurde die Leiterschaukel als ein mögliches Beispielexperiment erwähnt. Darauf folgen die Fragen des Prätests und eines der Videos. Die beiden Videos werden von dem Befragungstool zufällig auf die Proband:innen zugeteilt.

Nach dem Schauen des Videos werden Fragen zur subjektiven Einschätzung des Videos gestellt. Dabei werden die typischen Stellschrauben, die die Qualität von Erklärvideos beeinflussen können, mit Hilfe einer vierstufigen Likert-Skala von „Ich stimme voll zu“ bis „Ich stimme nicht zu.“ evaluiert. Diese lauten:

„Ich finde das Video gut verständlich.“
„Ich habe die Sprache im Video gut verstanden.“
„Ich finde die Abbildungen im Video hilfreich.“
„Die Beispiele im Video sind gut gewählt.“
„Ich habe jetzt verstanden, warum die Schütteltaschenlampe leuchtet.“
„Ich finde das Video hilfreich.“
„Ich habe das Gefühl, dass ich noch weiteren Unterricht brauche, um das Thema zu verstehen.“

Außerdem wird gefragt, wie sicher die Schüler:innen in dem Thema geworden sind, indem gefragt wird, wie viele der 6 Aufgaben, sie jetzt glauben richtig zu beantworten. Sie sollen sich also selbst einschätzen. Daraufhin folgt der Leistungstest als Posttest. Zusätzlich dazu gibt es eine Freitextaufgabe (Frage 7), in der schriftlich die Funktionsweise der Schütteltaschenlampe erklärt werden soll. Das Bewertungsmanual dazu findet sich im Anhang auf S. XIV.

5.2.3 Gütekriterien

Die Aufgaben des Fragebogens sollten möglichst so konzipiert werden, dass die drei Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität erfüllt werden.

Die Objektivität oder Beobachterabhängigkeit ist gegeben, wenn Kategorien klar definiert sind. Es geht also um die Standardisierung des Instruments (vgl. Döring und Bortz 2016, S. 344). Diese Standardisierung ist zum einen dadurch gegeben, dass es sich bei fast allen Aufgaben um geschlossene Aufgaben handelt. Dies gilt auch für die Bewertung des Videos. Lediglich die letzte Frage ist eine Freitextaufgabe und damit offen gestellt. Für die Korrektur dieser Aufgabe wurde ein Bewertungsmanual verwendet (siehe S. XIV).

Zur Überprüfung der Reliabilität wurde die innere Konsistenz anhand einer Reliabilitätsanalyse ermittelt. Für den Prätest ergibt sich ein Cronbachs α von $\alpha = ,35$ und für

den Posttest ein Wert von $\alpha = ,36$. Ein reliabler Persönlichkeits- oder Leistungstest solle einen Wert von $\alpha = ,55$ nicht unterschreiten (vgl. Rost 2005, S. 132). Beide Tests unterschreiten diesen Richtwert und liefern einen geringen Wert der Reliabilität. Selbst wenn einzelne Items ausgeklammert werden, kann der für einen reliablen Test geforderte Wert für Cronbachs α nicht erreicht werden (siehe Anhang S. XV ff.). Der geringe Wert für die Reliabilität lässt sich auf die Heterogenität der Aufgaben zurückführen, da lernzielorientiert und kein zusammenhängendes Konstrukt gemessen wurde. Bei der Überprüfung der inneren Konsistenz der Angaben zur subjektiven Einschätzung ergibt sich ein Cronbachs α von $\alpha = ,75$. Damit ist der Teil der Befragung als reliabel anzusehen.

Zur Überprüfung der Validität, also der Gültigkeit eines Tests können die Inhaltsvalidität, die Kriteriumsvalidität und die Konstruktvalidität beurteilt werden (vgl. Schmiemann und Lücken 2014, S. 108). Die Inhaltsvalidität des Leistungstests wird als gegeben angenommen, da die Fragen des Tests sehr nah am Video entwickelt wurden und davon ausgegangen wird, dass sie nur das abfragen, was im Video auch gezeigt wird. Wenn der Prätest wirklich ein fachliches Vorwissen zur Induktion abfragt, müssten die Schüler:innen des Leistungskurses im Vortest bessere Ergebnisse erzielen. Dabei werden die Schüler:innen gefiltert, die angegeben haben, dass sie das Thema Induktion noch nicht um Unterricht behandelt haben, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass es einen Kurs gibt, in dem es noch keinen Unterricht zur Induktion gab. Dies gaben nur sieben Probanden an. Es zeigt sich durch einen Whitney-U-Test, dass es im Prätest einen signifikanten Unterschied ($z = -3{,}18$, $p = 0{,}001$) zwischen den erreichten Punkten der Grundkurs- und Leistungskursschüler:innen gibt. Diese Überprüfung führt zu der Folgerung, dass die Aufgabe die Konstruktvalidität erfüllt.

Insgesamt sind die drei Gütekriterien als erfüllt anzusehen.

5.3 Stichprobe

Die Befragung wurde an zwei Gymnasien in der Nähe von Paderborn durchgeführt. Es nahmen zwei Kurse von einem Gymnasium in Bielefeld und vier Kurse vom Gymnasium in Delbrück teil. Die teilnehmenden Schüler:innen besuchten alle die Jahrgangsstufe Q1.

Schüler:innen der Mittelstufe hätten sich auf Grund des Kernlehrplans für NRW auch angeboten, da ein qualitatives Verständnis der elektromagnetischen Induktion schon bis zum Ende der Mittelstufe gefordert ist. Es wurde sich dennoch dafür entschieden, die Untersuchung in der Oberstufe anzusiedeln. Als ein Grund dafür ist zu nennen, dass sowohl die Erklärungen im Video, als auch einige Testaufgaben an denen von Erfmann (2017) orientiert sind, die ihr Unterrichtskonzept explizit auf Lernende der Oberstufe ausgerichtet hat. Ein Beispiel dafür in den Videos ist, dass Kenntnisse über elektrische Felder und den magnetischen Fluss vorausgesetzt werden.

Insgesamt sind 93 ausgefüllte Fragebögen eingegangen, wobei 7 Datensätze nicht vollständig waren und schon vor dem Schauen des Videos aufhörten. Für die folgenden Betrachtungen wird demnach von 86 vollständigen Datensätzen ausgegangen. Von den Befragten waren nach eigenen Angaben 39 männlich, 45 weiblich und 2 divers. Den Grundkurs in Physik besuchten 66 und den Leistungskurs 20 der befragten Schüler:innen. Das optimierte Versuchsvideo schauten 40 Schüler:innen, das Kontrollvideo hingegen 46. Die Verteilung der Stichprobe ist in Tabelle 3 dargestellt.

	Grundkurs			Leistungskurs		
	männlich	weiblich	divers	männlich	weiblich	divers
Versuchsvideo	18	16	0	2	4	0
Kontrollvideo	12	19	1	7	6	1

Tabelle 3: Verteilung von Geschlecht und Kursniveau auf die Versionen des Videos.

Die Videos wurden nicht kursweise zugeteilt, sondern konnten komplett randomisiert auf die Probanden verteilt werden. So wurde erhofft, Klasseneffekte auszuschließen. Dies ist nicht ganz geglückt, da aus dem einzigen teilnehmenden Leistungskurs 68,4% dem Kontrollvideo und nur 31,6% dem Versuchsvideo zugeteilt wurden.

Die Entscheidung für die Jahrgangsstufe Q1 hatte im Nachhinein zur Folge, dass allen Schüler:innen das Thema Induktion bereits aus dem Unterricht bekannt sein müsste. Dies bestätigen 79 der 86 Befragten.

5.4 Ablauf und Rahmenbedingungen

Wie bereits aus der Beschreibung des Erhebungsinstruments ersichtlich ist die Durchführung der Befragung als Online-Fragebogen geplant. Außerdem war nicht klar, ob die Corona-Situation es zulässt als Außenstehender den Unterricht der Schulen zu besuchen, um die Durchführung vor Ort zu begleiten. So mussten alle Schritte möglichst selbsterklärend geplant und die durchführenden Lehrkräfte gut eingewiesen werden. Im Folgenden soll der Ablauf detailliert beschreiben werden.

5.4.1 Geplanter Ablauf

Auf Grund der unsicheren Lage in den Schulen und der geringen Planbarkeit ob und wie viele Schüler:innen zur Zeit der Erhebung in der Schule oder im Distanzunterricht sein werden, wurde die Datenerhebung von Vornherein so geplant, dass sie sowohl in der Schule, als auch von zu Hause aus durchgeführt werden kann. Dazu wurde die Befragung über das Online-Umfragetool Limesurvey durchgeführt und die Videos als nicht gelistete YouTube-Videos eingestellt. Damit sind die Videos nur über einen Link erreichbar.

Als wichtige Rahmenbedingung war es für die geplante Durchführung notwendig, dass alle Schüler:innen ein eigenes Endgerät wie Tablet, Laptop oder auch Smartphone zur Verfügung haben. Des Weiteren sollten alle Teilnehmer:innen Kopfhörer zur Verfügung haben. Einer der größten Unterscheidungsmerkmale der Videos liegt in deren sprachlicher Gestaltung, sodass gewährleistet werden musste, dass alle das ihnen zugeteilte Video akustisch gut verstehen können und auch nur ihre Version des Videos hören. Darauf wurden die Lehrkräfte mit der Übersendung des Links zu der Onlinebefragung auch noch einmal hingewiesen.

Um Problemen bei der Durchführung vorzubeugen, erhielten die Lehrkräfte auch noch den Hinweis, dass die Schüler:innen nachdem sie unten auf einer Seite auf „weiter“ klicken nicht mehr auf die vorige Seite zurückspringen können. Mit dieser Einstellung des Fragebogens sollte gänzlich ausgeschlossen werden, dass die Proband:innen, nachdem sie die Videos gesehen haben, zum Prätest zurückspringen können. Mit dem Hinweis, den die Lehrkräfte an die Schüler:innen weitergeben sollten, wurde angestrebt zu verhindern, dass die Schüler:innen zu hektisch weiter klicken und Fragen oder das Video übersehen.

Dies wurde auch dadurch zu verhindern gesucht, indem einige Testfragen in dem Umfragetool als Pflichtfragen eingestellt wurden, sodass ohne diese zu beantworten im Fragebogen nicht weitergegangen werden kann. Da eine solche Einstellung bei den in den Fragebogen eingebetteten Videos nicht möglich war, sollten die Lehrkräfte nochmal darauf hinweisen, dass das Video in der Mitte des Fragebogens der zentrale Bestandteil der Befragung ist, und auf jeden Fall angeschaut werden soll.

Diese Informationen sollten die Lehrkräfte zuvor an die Schüler:innen weitergeben. Mit Weitergabe des Links für die Online-Befragung an die Schüler:innen sollten sie die Befragung eigenständig durchführen können. Wie bereits beschrieben werden zunächst einige persönliche Daten eingegeben. Dann wird der Prätest beantwortet bevor die Schüler:innen eines der beiden Videos schauen. Darauf folgen die subjektiven Einschätzungen und der Posttest inklusive der Freitextfrage. Die Videos dauern je nach Video fünf bis sechs Minuten. Für den Vor- und Nachtest wurden jeweils ungefähr zehn Minuten eingeplant. Zusätzlich mussten im Posttest noch die subjektiven Einschätzungen und die Freitextfrage beantwortet werden. Dafür waren ungefähr sieben Minuten eingeplant. Insgesamt wurde die Durchführung auf ungefähr 35 Minuten geschätzt.

5.4.2 Reflexion der Durchführung

Die Befragung wurde, wie bereits in der Planung vermutet, nur durch die Lehrkräfte angeleitet. Zum Zeitpunkt der Durchführung waren alle Kurse in der Schule und haben somit die Befragung in der Schule durchgeführt. Da eine persönliche Anwesenheit zur Durchführung nicht möglich war, basiert die Reflexion der Durchführung auf Berichten der drei Physiklehrkräfte der Kurse.

Eine Lehrkraft berichtete, dass es keine Fragen oder Probleme gab und die Durchführung in all ihren Kursen in etwa 25 Minuten in Anspruch genommen hätte. Auch die beiden Lehrkräfte des anderen Gymnasiums berichteten, dass mit dem Test selbst alles problemlos funktioniert habe. Allerdings hatte das WLAN der Schule zwischenzeitlich Probleme, sodass der Test vereinzelt neu gestartet werden musste. Sie gaben eine Dauer

des Test von 25-30 Minuten an. Insgesamt kann die Durchführung aber als gelungen angesehen werden. Die tatsächlich zur Durchführung benötigte Zeit entspricht zudem etwas weniger als der vorab vermuteten.

5.5 Auswertungsmethodik

Die in der Umfrage mit Limesurvey aufgenommenen Daten wurden in Microsoft Excel exportiert. Nachdem sich ein erster Überblick verschafft wurde, wurden unvollständige Datensätze gelöscht und nicht weiter ausgewertet, da diese bereits vor dem Video aufhörten. Die Items des Leistungstests wurden daraufhin normiert und kodiert (siehe Anhang S. XII). Wurde eine richtige Antwort angekreuzt, wurde ein Punkt gegeben, bei einer falschen Antwort wurden null Punkte eingetragen. Bei den Fragen 4 und 6 waren mehrere Antwortmöglichkeiten richtig. Hier wurden die Punkte so aufgeteilt, dass ein Punkt vergeben wurde, wenn das Item vollständig richtig und null Punkte, wenn das Item vollständig falsch gelöst wurde. Auch für korrekterweise nicht angekreuzte Felder gab es die Teilpunktzahl von 0,25. Es gab immer null Punkte, wenn „weiß ich nicht“ angekreuzt wurde. Frage 5 forderte zusätzlich zur Antwort eine Begründung der Antwort. Diese beiden Teile wurden in der Auswertung als unabhängige Items angesehen. Somit konnten bei der Beantwortung des Leistungstests (ohne Freitextaufgabe 7) sieben Punkte erreicht werden. Die Freitextfrage wurde anhand eines Bewertungsmanuals (Anhang S.XIV) bewertet und hat eine Höchstpunktzahl von fünf Punkten.

Die Items zur Einschätzung der Sicherheit einer Antwort, wurden mit Punkten von eins für „sehr unsicher“ bis fünf für „sehr sicher“ kodiert. Ähnlich wurde mit den Items zur subjektiven Einschätzung der Videos verfahren. Da diese vierstufig sind, steht hier ein Punkt für „Ich stimme nicht zu“ und vier Punkte für „Ich stimme voll zu“.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS, in das der Datensatz im Anschluss an die Kodierung importiert wurde. Aus den Items zum Leistungstest bzw. zur Einschätzung der Sicherheit der gegebenen Antwort wurden Skalen gebildet, deren Mittelwerte in der weiteren Auswertung genauer betrachtet wurden. Zur Überprüfung der Signifikanz einer Unterscheidung kann der sogenannte t-Test verwendet werden. Der t-

Test beantwortet die Fragestellung, wie wahrscheinlich die empirisch gefundene Mittelwertsdifferenz unter allen theoretisch denkbaren Differenzen ist (vgl. Rasch et al. 2010, S. 44). Dafür muss die Stichprobe aus gleichen Populationsvarianten stammen sowie das Merkmal intervallskaliert und normalverteilt sein (vgl. Rasch et al. 2010, S. 59). Ist dies nicht der Fall, kann beispielsweise der Wilcoxon-Test oder der Mann-Whitney-U-Test für nicht-parametrische Stichproben herangezogen werden. Allerdings zeigten Studien, dass der t-Test recht robust gegenüber Verletzungen der Voraussetzungen sei, wenn die zu vergleichenden Gruppen ähnlich groß und die Stichprobe nicht zu klein (N>30) gewählt wird (vgl. Rasch et al. 2010, S. 59). Mit den o.g. Tests wurden Unterschiede zwischen dem Prätest und Posttest, zwischen den Lernzuwächsen der Gruppen sowie den Sicherheiten und den subjektiven Angaben in verschiedenen Konstellationen analysiert.

Nach der Berechnung, ob es signifikante Unterschiede gibt, wurde die Effektstärke berechnet. Dazu werden die empirischen Mittelwerte der Stichproben $\overline{x_1}$ und $\overline{x_2}$ und die aus den Daten geschätzte Populationsstreuung $\hat{\sigma}_x$, die sich aus den geschätzten Varianzen der einzelnen Stichproben $\hat{\sigma}_{x_1}^2$ und $\hat{\sigma}_{x_2}^2$ ergibt, wie folgt eingesetzt (Rasch et al. 2010, S. 67):

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_x} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{x_1}^2 + \hat{\sigma}_{x_2}^2}{2}}} \tag{5.1}$$

Es wird mit der sog. gepoolten Standardabweichung gerechnet. Das Ergebnis d ist dann wie eine Standardabweichung zu interpretieren und gibt an, um wie viel sich zwei Gruppen unterscheiden (vgl. Rasch et al. 2010, S. 67). Zur Interpretation der Effektstärke gilt die folgende Konvention:

Effektstärke	**Werte**
Kleiner Effekt	$d = 0{,}2$
Mittlerer Effekt	$d = 0{,}5$
Großer Effekt	$d = 0{,}8$

Tabelle 4: Abstufung zur Interpretation der Effektstärke d (Rasch et al. 2010, S. 68).

In dieser Arbeit wurde unter anderem der Lernzuwachs zwischen dem Prä- und dem Posttest ermittelt. Lernende, die im Prätest schon gut abschneiden, haben allerdings weniger Möglichkeiten sich im Posttest zu verbessern. Die alleinige Betrachtung der Punktedifferenz zwischen Prä- und Posttest reicht hier also nicht aus. Um dies zu korrigieren, wurde zusätzlich der sog. Hake-Faktor g betrachtet, der als Maß für einen normalisierten mittleren Lernzuwachs gilt. Dazu werden die durchschnittlichen Punktzahlen im Prä- und Posttest mit den maximal erreichbaren Punkten berechnet, woraus ein relativer Zuwachs zwischen Prä- und Posttest resultiert, der sich folgend berechnen lässt (Hake 1998, S. 65):

$$g = \frac{erreichter\ Zuwachs}{maximal\ möglicher\ Zuwachs} = \frac{\%Posttest - \%Prätest}{100\% - \%Prätest} \tag{5.2}$$

Hake (1998) schlägt zudem eine mögliche Abstufung zur Interpretation des Hake-Faktors vor, um den Lernzuwachs (*gain*) je nach Faktor g zu beurteilen:

Wertebereich	**Beurteilung**
$g < 0{,}3$	geringer Lernzuwachs (*Low-g*)
$0{,}3 \leq g < 0{,}7$	mittlerer Lernzuwachs (*Medium-g*)
$0{,}7 \leq g$	hoher Lernzuwachs (*High-g*)

Tabelle 5: Abstufung zur Interpretation des Hake-Faktors g (Hake 1998, S. 65).

Schließlich wurden Korrelationen zwischen verschiedenen Variablen berechnet, um weitere Aussagen über die Zusammenhänge der verschiedenen ermittelten Merkmale treffen zu können. Dazu wurden in SPSS Korrelationen nach Spearman berechnet. Auch für die Interpretation des Korrelationskoeffizienten r gibt es eine Konvention:

Einordnung	**Korrelationskoeffizient r**
Kleiner Effekt	$r = 0{,}1$
Mittlerer Effekt	$r = 0{,}3$
Großer Effekt	$r = 0{,}5$

Tabelle 6: Konvention zur Interpretation des Korrelationskoeffizienten r (Rasch et al. 2010, S. 133).

6 Ergebnisse

Der Auswertungslogik folgend wird zunächst auf die Auswertung der zweiten Forschungsfrage eingegangen, bevor dies auf die verschiedenen Interventionen bezogen wird. Zunächst wird anhand des Kolmogorov-Smirnov-Verfahrens ermittelt, ob es sich bei den zu untersuchenden Skalen um Normalverteilungen handelt (siehe Tabelle 9). Die Nullhypothese lautet, dass die Variablen normalverteilt sind. Diese kann beim Vortest mit einer zweiseitigen asymptotischen Signifikanz von $p = ,20$ und bei der Frage nach der Selbsteinschätzung der Sicherheit beim Antworten im Nachtest mit $p = ,20$ nicht verworfen werden und die Variablen als normalverteilt angesehen werden. Die Hypothese, dass es sich um eine normalverteilte Größe handelt, muss verworfen werden beim Nachtest ($p < ,001$), bei der Freitextfrage ($p = ,004$), bei der Einschätzung der Antwortsicherheit im Prätest ($p = ,03$) sowie bei der subjektiven Einschätzung des Videos (mit Ausnahme der Frage, ob die Schüler:innen weiteren Unterricht benötigen) ($p < ,001$), bei der Frage, ob weiterer Unterricht notwendig sei ($p < ,001$) und der Selbsteinschätzung, wie viele Fragen im Posttest richtig beantwortet werden ($p < ,001$). Damit ist der t-Test nicht immer möglich und es sollten zusätzlich Tests, wie der Wilcoxon-Test oder der Mann-Whitney-U-Test für nicht parametrische Stichproben herangezogen werden.

Forschungsfrage 2: Inwiefern tragen die erstellten Videos zu einem Wissenserwerb bei?

Zunächst sollen unabhängig von den betrachteten Videos Aussagen darüber getroffen werden, ob diese im Allgemeinen zu einem Wissenszuwachs beitragen. Im Prä- und Posttest ist jeweils eine Höchstpunktzahl von sieben Punkten möglich gewesen, was der richtigen Lösung aller sieben Items des Leistungstests entspricht. Der Mittelwert der im Vortest richtig beantworteten Aufgaben liegt bei 3,7 ($SD = 1{,}4$). Die minimal erreichte Punktzahl liegt im Prätest bei 0,75 und das Maximum bei 6,75. Im Posttest liegt der Mittelwert bei 5,5 ($SD = 1{,}1$). Hier wurden im Minimum 2,75 und im Maximum die volle Punktzahl von 7 Punkten erreicht.

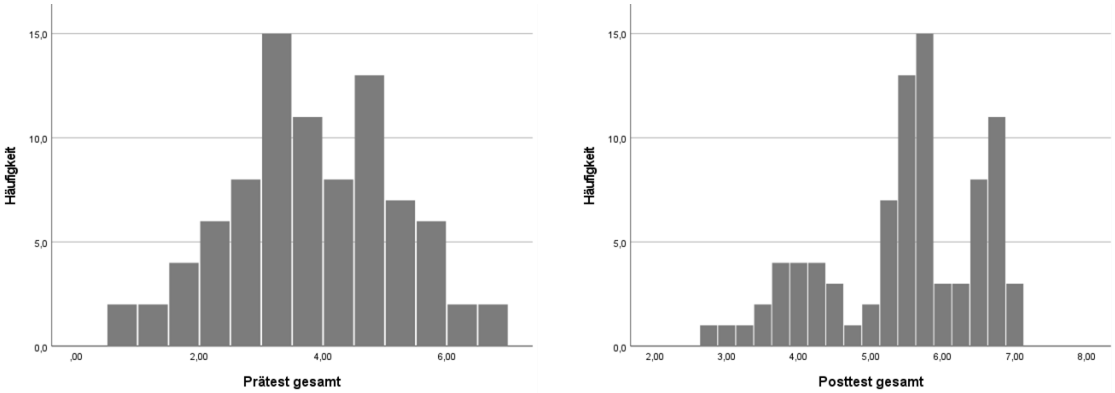


Abbildung 7: Histogramme der Häufigkeit der vergebenen Punkte über alle Teilnehmer im Prätest (links) und Posttest (rechts).

Zum Vergleich der Mittelwerte vom Prä- und Posttest wurde ein t-Test durchgeführt. Die Nullhypothese lautet hier, dass es Gleichheit zwischen dem Prä- und Posttest gibt. Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Prä- und Posttest errechnet werden, $t(85) = -10{,}82$, $p < 0{,}001$, wobei im Posttest bessere Werte erzielt wurden. Da der Posttest nicht normalverteilt war, wurde diese Annahme mit Hilfe des Wilcoxon-Tests überprüft. Auch danach zeigt sich, dass die Nullhypothese zu verwerfen ist,$z = -7{,}20$, $p < ,001$. Demnach kann ein signifikanter Unterschied zwischen dem Prätest und dem Posttest angenommen werden.

Der Lernzuwachs wird über die Differenz vom Prätest zum Posttest gebildet ($MW = 1{,}76$, $SD = 1{,}51$). Der maximale Lernzuwachs beträgt 5,75 Punkte. Der minimale Lernzuwachs beträgt -1,5 Punkte, sodass es in mindestens einem Fall auch zu einem Punktabfall gekommen ist. Um den Lernzuwachs korrigiert in Abhängigkeit des noch möglichen Zuwachses nach dem Prätest anzugeben, wird der Hake-Faktor g berechnet. Demnach gibt es einen mittleren Lernzuwachs ($g = 0{,}54$).

Über alle angegebenen Antwortsicherheiten wurde jeweils die Summe gebildet und eine Gesamtsicherheit im Prätest und eine im Posttest ermittelt. Auch wurde die Differenz gebildet. Die Sicherheit beim Beantworten der Fragen nimmt zwischen dem Prä- und Posttest in allen Fällen zu, da der Wilcoxon-Test zeigt, dass es keine negative Ränge gibt. Die Hypothese, dass es keinen Unterschied zwischen den Antwortsicherheiten im Prätest und Posttest gibt, muss verworfen werden, $z = -7{,}82$, $p < ,001$. Es ist also einen signifikanter Unterschied anzunehmen.

Insgesamt korrelieren die Variablen für die Leistungstest im Prätest und Posttest signifikant, $r(84) = ,24$, $p = ,03$. Die Antwortsicherheit im Posttest korreliert zudem mit der Leistung im Posttest, $r(81) = ,49$, $p < ,001$. Außerdem korreliert die Antwortsicherheit im Prätest mit der Antwortsicherheit im Posttest, $r(80) = ,59$, $p < ,001$.

Forschungsfrage 1: Welchen Einfluss hat die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos auf den dadurch hervorgerufenen Lernzuwachs im Vergleich zu einem in der Hinsicht nicht optimierten Video?

Nun sollen Vergleiche zwischen den beiden verwendeten Videos angestellt werden. Betrachtet man zunächst das Vorwissen der Gruppen, hat die Kontrollgruppe einen höheren Wert ($MW = 3{,}43$, $SD = 1{,}35$), als die Versuchsgruppe ($MW = 3{,}96$, $SD = 1{,}34$). Laut t-Test unterscheiden sich die beiden Gruppen im Vortest nicht signifikant, $t(82{,}24) = -1{,}83$, $p = 0{,}71$. Dieser Befund wird durch den Mann-Whitney-U-Test bestätigt, $z = -1{,}78$, $p = 0{,}075$.

Da der Posttest nach Kolmogorov-Smirnov-Test normalverteilt ist, kann der t-Test durchgeführt werden. Demnach unterscheiden sich die Leistungen der Kontroll- und der Versuchsgruppe im Posttest nicht signifikant, $t(76{,}03) = -,75$, $p = 0{,}46$. Obwohl die Kontrollgruppe weiterhin besser abschneidet ($MW = 5{,}55$, $SD = ,96$) als die Versuchsgruppe, die das optimierte Video gesehen hat ($MW = 5{,}38$, $SD = 1{,}16$), nähern sich die Werte an im Vergleich zum Prätest einander an.

Um weitere Aussagen treffen zu können wird der Lernzuwachs betrachtet. Nach Kolmogorov-Smirnov ist der Lernzuwachs normalverteilt ($p = ,17$), sodass der T-Test verwendet werden kann. Dieser ergibt, dass die Hypothese, dass der Lernzuwachs sich zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe nicht unterscheidet, beibehalten werden muss, $t(82{,}61) = 1{,}10$, $p = ,28$. Die Lernzuwächse unterscheiden sich demnach nicht signifikant. Auch wenn nicht signifikant, ist der Lernzuwachs über den gesamten Leistungstest in der Versuchsgruppe größer ($MW = 1{,}96$, $SD = 1{,}50$), als in der Kontrollgruppe ($MW = 1{,}60$, $SD = 1{,}52$). Die Effektstärke Cohens δ zwischen dem Lernzuwachs der Kontroll- und Versuchsgruppe entspricht mit $\delta = ,24$ einem kleinen Effekt.

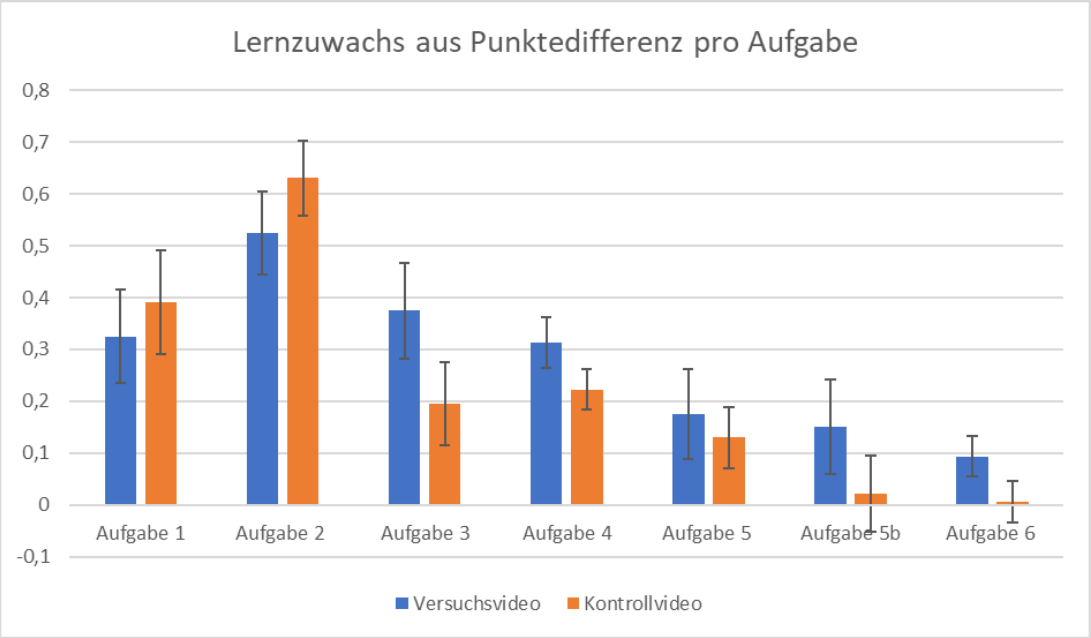


Abbildung 8: Lernzuwachs pro Aufgabe dargestellt für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange) mit Standardfehler vom Mittelwert.

In Abbildung 8 sind die Lernzuwächse für die einzelnen Aufgaben inklusive der Standardfehler vom Mittelwert dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass für Aufgabe 1 und Aufgabe 2 die Lernzuwächse bei der Gruppe, die das Kontrollvideo geschaut hat, größer ist. Für die anderen vier Aufgaben ist der Lernzuwachs bei der Gruppe, die das optimierte Video schaute, größer. Einen deutlichen Unterschied der Lernzuwächse, der auch unter Betrachtung des Standardfehlers vorhanden bleibt, zeigen Aufgabe 3, Aufgabe 4 und Aufgabe 6.

Die Lernzuwächse sollen zusätzlich über den Hake-Faktor g analysiert werden. Über den gesamten Test betrachtet ergibt sich hier ein Wert von $g = ,55$ für die Versuchsgruppe und ein Wert von $g = ,52$ für die Kontrollgruppe. Es zeigt sich demnach für beide Gruppen ein mittlerer Lernzuwachs. Der Hake-Faktor ist in Abbildung 9 für die einzelnen Aufgaben dargestellt. Demnach ist der Lernzuwachs der Kontrollgruppe in Aufgabe 1, Aufgabe 2 und Aufgabe 5 größer als in der Kontrollgruppe. In Aufgabe 4 zeigt sich für beide Gruppen ein ähnlicher Lernzuwachs. In Aufgabe 3, der Begründung zu Aufgabe 5 und Aufgabe 6 zeigt sich auch nach dem Hake-Faktor ein größerer Lernzuwachs bei der Versuchsgruppe.

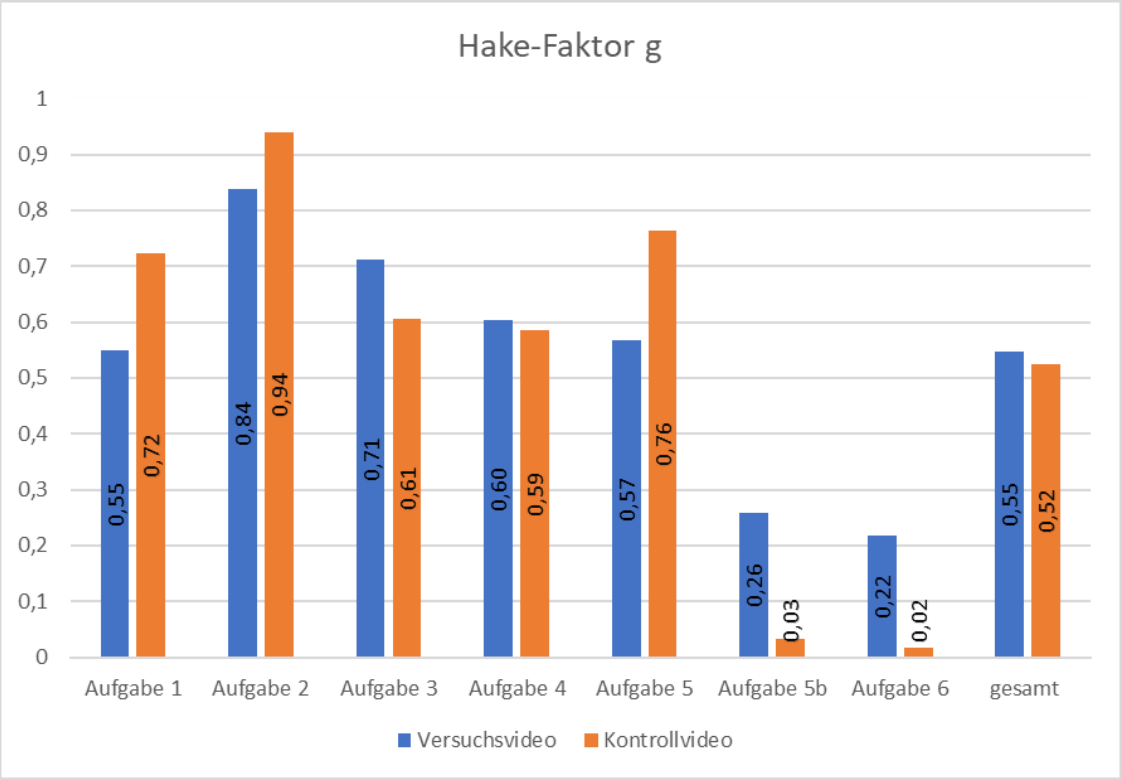


Abbildung 9: Hake Faktor g für die einzelnen Aufgaben für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange).

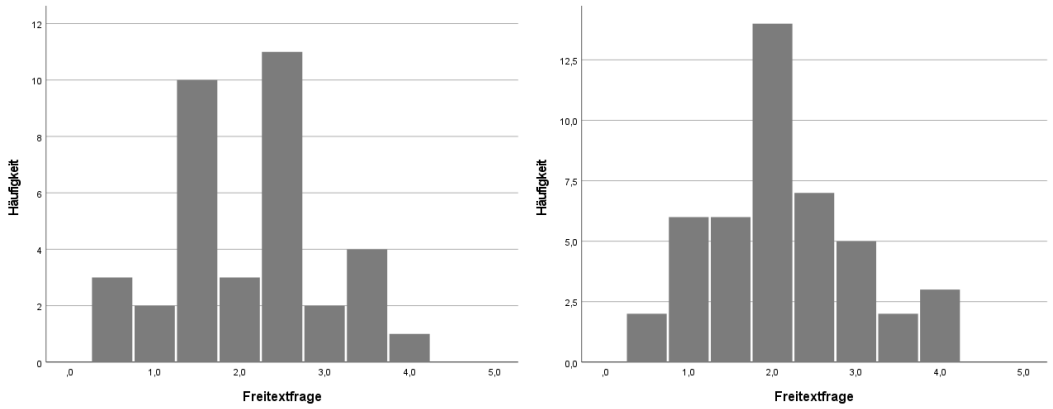


Abbildung 10: Histogramme für die Häufigkeit der vergebenen Punkte in der Freitextfrage für die Versuchsgruppe (links) und Kontrollgruppe (rechts).

Bei der Frage, in der die Schütteltaschenlampe in einer offenen Aufgabenstellung erklärt werden sollte, war eine Höchstpunktzahl von fünf Punkten zu erreichen. Die Verteilung der Punkte aufgeteilt nach Versuchs- und Kontrollgruppe ist in Abbildung 10 dargestellt. Die Versuchsgruppe erreicht hier einen Mittelwert von 2,11 Punkten ($SD = 0{,}24$). Das Minimum beträgt 0,5 Punkte und die maximal erreichte Punktzahl 4,0 Punkte. Die Kontrollgruppe erreicht einen Mittelwert von 2,12 Punkten ($SD = 0{,}88$). Auch hier liegen die vergebenen Punkte zwischen 0,5 Punkten als Minimum und 4,0 Punkten als Maximum.

Der t-Test ergibt für den Vergleich zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe einen Wert von $t(74{,}52) = -{,}06$, $p = {,}96$. Damit gibt es keinen signifikanten Unterschied der Punktzahle der Freitextfrage zwischen den beiden Gruppen. Da es sich um eine nicht-normalverteilte Größe handelt, wurde ebenfalls der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser liefert auch das Ergebnis, die Hypothese, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe gibt, beizubehalten, $z = -{,}05$, $p = {,}96$. Der Vollständigkeit halber wurde auch die Effektstärke überprüft. Diese beträgt mit Cohens $\delta = {,}01$ weniger als einem kleinen Effekt.

Die angegebenen Antwortsicherheiten wurden jeweils über den Prätest und Posttest addiert und die Differenz zwischen Prä- und Posttest gebildet. Es wird demnach eine der Veränderung der gesamt angegebenen Antwortsicherheiten vom Prätest zum Posttest betrachtet. In jedem Test wurde die Einschätzung der Sicherheit zu sieben Fragen erhoben, wobei die sicherste Stufe mit fünf kodiert wurde. Damit ist ein Zuwachs von höchstens 35 Einheiten möglich. Für die Versuchsgruppe ergibt sich für den Unterschied der Sicherheit ein Mittelwert von 8,22 ($SD = 4{,}34$). Für die Kontrollgruppe beträgt der Unterschied im Mittel 7,07 ($SD = 3{,}70$). Der T-Test ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe, $t(68{,}82) = 1{,}28$, $p = {,}21$. Dies wird auch durch den Mann-Whitney-U-Test bestätigt, $z = -1{,}07$, $p0{,}29$. Die Effektstärke entspricht mit $\delta = {,}29$ einem kleinen Effekt.

In der Versuchsgruppe liefert die Korrelationsanalyse nach Spearman folgende Ergebnisse. Die Ergebnisse des Posttests liefern mit der Einschätzung der Sicherheit des Post-

tests eine signifikante Korrelation mit großem Effekt, $r(35) = ,64$, $p < ,001$. Die Leistung im Posttest korreliert signifikant mit der Selbsteinschätzung zur Anzahl der richtig beantworteten Fragen im Posttest mit einem großen Effekt, $r(38) = ,51$, $p = ,001$. Außerdem korreliert die Antwortsicherheit im Prätest mit der Antwortsicherheit im Posttest zu einem großen Effekt, $r(34) = ,57$, $p < ,001$. Zudem gibt es zwischen der subjektiven Einschätzung der Videos und der Leistung im Posttest eine Korrelation mit großem Effekt, $r(38) = ,50$, $p = ,001$, mit der Sicherheit im Posttest eine Korrelation mit großem Effekt, $r(35) = ,50$, $p = ,002$ und mit der Selbsteinschätzung zum Posttest eine Korrelation mit mittlerem Effekt, $r(38) = ,46$, $p = ,003$.

In der Kontrollgruppe liefert die Korrelation des Posttests mit der Einschätzung der Sicherheit des Posttests eine signifikante Korrelation mit einem mittleren Effekt, $r(44) = ,37$, $p = 0{,}01$. Außerdem korreliert die Leistung im Posttest signifikant mit der Selbsteinschätzung zur Anzahl der beantworteten Fragen im Posttest, $r(44) =,36$, $p = ,02$. Die im Prätest angegebene Sicherheit der Aufgaben korreliert mit der Antwortsicherheit im Posttest mit einem großen Effekt, $r(44) = ,59$, $p < ,001$. Die Selbsteinschätzung der richtigen Antworten im Posttest korreliert signifikant mit der Antwortsicherheit im Prätest zu einem mittleren Effekt, $r(44) = ,31$, $p = ,04$ und mit der Antwortsicherheit im Posttest zu einem großen Effekt, $r(44) = ,54$, $p < ,001$.

Forschungsfrage 3: Inwieweit wirkt sich eine Optimierung der Videos auch auf die subjektive Bewertung der Videos durch die Schüler:innen aus?

Die Aussagen zur Einschätzung des Videos wurden so kodiert, dass die volle Zustimmung zu einer Aussage vier Punkte bedeutet. Die Einschätzungen zur gesamten Verständlichkeit, zur verständlichen Sprache, zur Wahl der Abbildungen, zur Wahl der Beispiele und ob die Funktionsweise des Videos verstanden wurde und ob das Video insgesamt als hilfreich angesehen wird, werden addiert. Damit erhält man für die gesamte Variable eine mögliche Mindestpunktzahl von 6 und eine Maximalpunktzahl von 24 Punkten. Sowohl bei allen Items der Variable (siehe Abbildung 11), also auch bei der Summe über alle Items

ist der Wert der Kontrollgruppe höher ($MW = 21{,}78$, $SD = 1{,}84$) als der der Versuchsgruppe ($MW = 31{,}03$, $SD = 2{,}57$). Die subjektive Einschätzung über die genannten Items unterscheiden sich nach dem t-Test nicht signifikant, $t(69{,}52) = -1{,}55$, $p = ,13$. Dieses Ergebnis bestätigt auch der Mann-Whitney-U-Test, $z = -1{,}26$, $p = ,21$. Der Unterschied ist damit nicht signifikant. Die Effektstärke würde mit $\delta = ,34$ einem kleinen Effekt entsprechen.

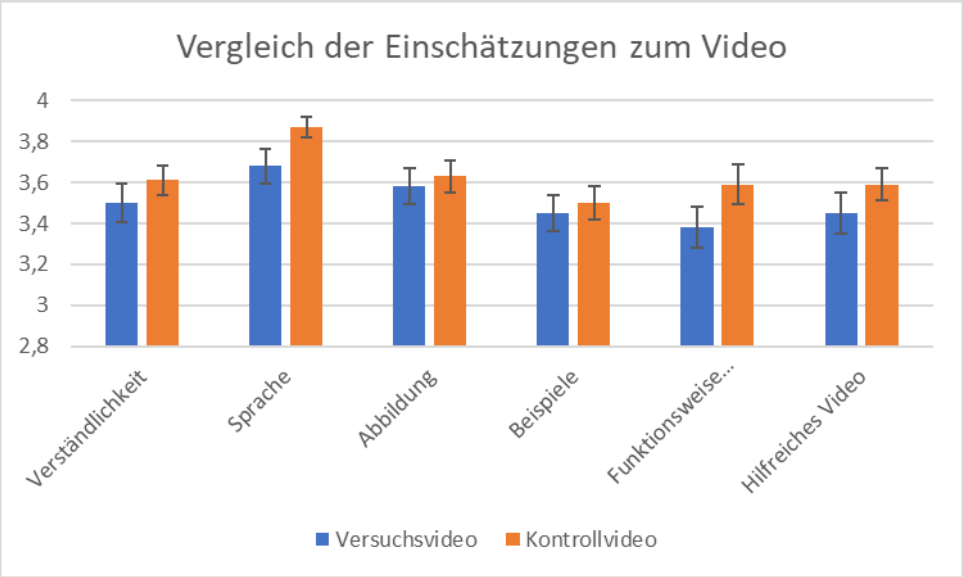


Abbildung 11: Mittlere Einschätzung der Videos dargestellt für die Versuchsgruppe (blau) und Kontrollgruppe (orange) mit Standardfehler vom Mittelwert.

Aus der Gesamtauswertung der subjektiven Einschätzung der Videos wurde die Frage, ob nach dem Video weiterer Unterricht nötig ist herausgenommen und einzeln betrachtet, da sie sich nicht direkt auf die Qualität und Gestaltungsmerkmale des Videos bezieht. Hier bedeuten vier Punkte, dass die Schüler:innen volle Zustimmung geben, dass weiterer Unterricht zum Thema notwendig ist. Im Versuchsvideo liegt der Mittelwert bei 2,88 ($SD = ,79$) und im Kontrollvideo bei 2,46 ($SD = ,84$). Nach Kolmogorov-Smirnov-Test ist die Variable zum benötigten Unterricht normalverteilt ($p < ,001$), sodass der t-Test angewandt werden kann. Die Hypothese, dass es bei dieser Variablen keinen signifikanten Unterschied zwischen der Versuchsgruppe und Kontrollgruppe gibt, muss nach dem

t-Test verworfen werden, $T(83{,}38) = 2{,}38$, $p = {,}02$. Mit $\delta = {,}52$ handelt es sich um einen mittleren Effekt.

In der Frage zur Selbsteinschätzung zum Prätest sollten die Schüler:innen angeben, wie viele Fragen des Prätests sie glauben, im Posttest richtig zu beantworten. Die Maximalpunktzahl liegt demnach bei sechs. In der Versuchsgruppe wurden Punktzahlen von mindestens 2 und maximal 6 Punkten vergeben ($MW = 3{,}88$, $SD = {,}86$). In der Kontrollgruppe wurden auch mindestens 2 und maximal 6 Punkte vergeben ($MW = 4{,}11$, $SD = 1{,}84$). Nach Kolmogorov-Smirnov-Test ist auch das Item zur Selbsteinschätzung normalverteilt, $p < {,}001$. Der t-Test ergibt, dass es sich dabei zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe um keinen signifikanten Unterschied handelt, $t(84{,}00) = -1{,}19$, $p = 0{,}24$.

7 Diskussion

Im Folgenden sollen die im vorigen Kapitel ausgewerteten Ergebnisse in Bezug auf die Leitfragen interpretiert werden.

Forschungsfrage 1: Welchen Einfluss hat die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos auf den dadurch hervorgerufenen Lernzuwachs im Vergleich zu einem in der Hinsicht nicht optimierten Video?

Die Punktzahlen im Leitungstest unterscheiden sich für die Versuchs- und Kontrollgruppe weder im Prätest noch im Posttest signifikant. Die Kontrollgruppe erreicht in beiden Tests im Mittel eine höhere Punktzahl. Dies könnte damit erklärt werden, dass die Schüler:innen des teilnehmenden Leistungskurses gehäuft in der Kontrollgruppe vertreten waren. Die Annäherung der Versuchsgruppe an die Kontrollgruppe im Posttest lässt aber einen größeren Wissenszuwachs bei der Versuchsgruppe vermuten.

Betrachtet man nur den Lernzuwachs also die Punktedifferenz von Prätest zum Posttest kann hier ein kleiner Effekt festgestellt werden, wonach die Versuchsgruppe einen größeren Lernzuwachs zeigt. Dieser ist jedoch nicht signifikant, da sich die Mittelwerte der beiden Gruppen hier nicht signifikant unterscheiden. Es scheint im Leistungstest also Unterschiede zu geben, die jedoch auch durch großes Rauschen beeinflusst sind. So zeigt der Hake-Faktor für beide Gruppen einen mittleren Lernzuwachs. Betrachtet man sowohl den Lernzuwachs durch Differenzbildung als auch den durch den Hake-Faktor ermittelten Lernzuwachs für die einzelnen Aufgaben, zeigt die Kontrollgruppe in Aufgabe 1 und Aufgabe 2 ein besseres Ergebnis. In den Aufgaben ging es um die Abhängigkeit vom magnetischen Fluss zur Anzahl der die Fläche durchsetzenden Magnetfeldlinien und das Formelzeichen für den magnetischen Fluss. Über beide Analysen, aber durch die Differenzbildung etwas deutlicher, zeigt sich bei Frage 3 ein größerer Lernzuwachs bei der Versuchsgruppe. Hier sollte einer Aussage zum magnetischen Fluss zugestimmt werden. In Aufgabe 4, bei der mehrere Möglichkeiten den magnetischen Fluss zu verkleinern ausgewählt werden sollten, ist der Hake-Faktor auf fast gleichem Niveau, während die Differenz einen größeren Lernzuwachs bei der Versuchsgruppe zeigt. Bei Frage 5 bei der die

Induktion durch Relativbewegung erkannt werden sollte, ist die Differenz bei der Versuchsgruppe größer, der Hake-Faktor zeigt hier aber einen deutlich größeren Lernzuwachs in der Kontrollgruppe. Die richtige Begründung zu Aufgabe 5 („Der magnetische Fluss ändert seinen Wert“) und die Auswahl der Aussagen zur Induktion zeigen über die Differenz und über den Hake-Faktor einen deutlich größeren Lernzuwachs in der Versuchsgruppe. Hier kann vermutet werden. Dass Fragen, die näher am Video gestellt sind und auch exakte Formulierungen aus dem Video benutzen, nach Schauen des optimierten Videos besser gelöst werden, als nach Schauen des Kontrollvideos. Diese Aussage ist nur eine Vermutung und müsste durch Messwiederholung und eine größere Stichprobe verifiziert werden.

Die Freitextfrage zeigt keine Effekte durch das Schauen verschiedener Videos. Eine Vermutung ist hier, dass ohnehin nicht mehr so ausführlich geantwortet wurde, da zum einen das Tippen bspw. auf einem Tablet unbequem ist und zum anderen im Vorhinein schon viele Fragen beantwortet wurden. Aussagen zur Wirksamkeit der verschiedenen Videos lassen sich über die Freitextaufgabe also nicht treffen.

Mit einem kleinen aber nicht signifikanten Effekt ist die Zunahme der Antwortsicherheit vom Prätest zum Posttest bei der Versuchsgruppe größer. Auch hier könnte versucht werden über eine Vergrößerung der Stichprobe einen signifikanten Unterschied zu erreichen und so zu zeigen, dass das Versuchsvideo einen positiveren Effekt auf die Antwortsicherheit hat. Diese Aussage kann auf den derzeit vorhandenen Daten basierend, aber nicht verifiziert werden.

Die Korrelation der Antwortsicherheit des Posttests mit den tatsächlich erreichten Punkten sowie die Tatsache, dass diese Korrelation für den Prätest nicht vorhanden ist, zeigt, dass die Schüler:innen ihre gegebenen Antworten nach Schauen der Videos besser selbst einschätzen können. Dies könnte auch dafür sprechen, dass sie im Posttest weniger raten müssen. Dieser Effekt ist beim Versuchsvideo größer als beim Kontrollvideo. Die Schüler:innen können auch die Anzahl der richtig gegebenen Antworten im Posttest gut im Vorhinein einschätzen, wobei auch hier das Versuchsvideo einen größeren Effekt zeigt. Die Antwortsicherheit im Prätest korrelieren in beiden Gruppen mit einem großen Effekt mit denen vom Posttest. Zusätzlich dazu korreliert die subjektive Einschätzung

aber nur für das Versuchsvideo mit der Leistung des Posttests, mit der Sicherheit der Antworten im Posttest und mit der Selbsteinschätzung der richtig beantworteten Fragen. Für die Versuchsgruppe kann die Vermutung, dass ein Video, was verständlicher ist, auch besser bewertet wird bestätigt werden. Beim Kontrollvideo tauchen derartige Korrelationen aber nicht auf.

Bezogen auf die Forschungsfrage kann festgehalten werden, dass es Hinweise darauf gibt, dass das Versuchsvideo einen größeren Lerneffekt fördert, als das Kontrollvideo. Diese Aussage lässt sich auf der vorhandenen Datenbasis aber nicht signifikant bestätigen. Festzuhalten ist auch, dass es der Versuchsgruppe nach dem Video besser gelingt ihre gegebenen Antworten einzuschätzen, sie also sicherer Antworten, als in der Kontrollgruppe, aber auch das müsste mit einer größeren Stichprobe und einer gleichmäßigeren Verteilung der Probanden auf die Gruppen noch einmal verifiziert werden. Gegebenenfalls müsste auch die Gestaltung der Videos noch einmal in den Blick genommen und die Unterscheidung hinsichtlich der Kohärenz intensiviert werden.

Forschungsfrage 2: Inwiefern tragen die erstellten Videos zu einem Wissenserwerb bei?

Der durch die statistische Auswertung bestätigte signifikante Unterschied zwischen den Ergebnissen im Prätest und Posttest, sowie der höhere Punktmittelwert im Posttest zeigt, dass im Posttest insgesamt mehr richtige Antworten gegeben wurden. Dies lässt darauf schließen, dass die Videos insgesamt zu einem Lernzuwachs beitragen. Im Mittel verbesserten sich die Probanden um 1,5 Punkte. Einmal wurde ein Lernzuwachs von 5,25 Punkten erreicht. Der Hake-Faktor zeigt, dass es vom Prätest zum Posttest insgesamt einen mittleren Lernzuwachs gibt ($g = 0{,}54$). In diesem konkreten Leistungstest tragen die Videos insgesamt zu einem Lernzuwachs bei.

Zur Sicherheit der gegebenen Antworten lässt sich ebenfalls festhalten, dass hier ein Zuwachs besteht. Während die Antwortsicherheit im Prätest nicht mit der Leistung im Prätest korreliert, gibt es dafür im Posttest eine Korrelation. Insgesamt sind die Probanden durch das Schauen des Videos sicherer beim Antworten geworden. Zum anderen können

sie sich nach dem Schauen des Videos besser einschätzen, während eine hohe Antwortsicherheit im Vortest noch kein Indiz für gutes Abschneiden im Vortest war.

Insgesamt kann also ein Lernzuwachs durch beide Videos festgehalten werden.

Forschungsfrage 3: Inwieweit wirkt sich eine Optimierung der Videos auch auf die subjektive Bewertung der Videos durch die Schüler:innen aus?

Mit einem kleinen Effekt unterscheiden sich die subjektiven Einschätzungen der Videos nicht signifikant. Das nicht optimierte Kontrollvideo wurde aber in allen Kategorien besser eingestuft. Die deutlichen Unterschiede in der Kategorie „Ich habe die Sprache gut verstanden.“ könnte daher kommen, dass das Kontrollvideo u.a. hinsichtlich der lokalen Kohärenz optimiert war und die Schüler:innen es nicht gewohnt sind, dass im folgenden Satz, gerade in gesprochenen Texten, Wörter oder Ausdrücke wiederholt werden. Das lässt sich auch dadurch erklären, dass die Optimierung der lokalen Kohäsion auf Basis von Untersuchungen für geschriebene Texte erfolgte. Der andere deutliche Unterschied, bei dem das Kontrollvideo besser bewertet wurde, ist auf die Aussage „Ich habe jetzt verstanden, warum die Schütteltaschenlampe leuchtet.“ zurückzuführen. Daraus könnte vermutet werden, dass Schüler:innen in ihrer subjektiven Bewertung nicht unbedingt die optimierten Videos verständlicher finden. Das deckt sich auch mit der Untersuchung, dass Schüler:innen nicht immer das „beste“ Erklärvideo auswählen.

Obwohl die Schüler:innen bereits alle das Thema elektromagnetische Induktion in der Oberstufe behandelt haben, geben die Schüler:innen, die das Versuchsvideo geschaut haben an, dass sie eher noch weiteren Unterricht benötigen, um das Thema zu verstehen. Die Kontrollgruppe gibt im Mittel an, dass sie eher keinen weiteren Unterricht benötigen. Der Unterschied ist dabei signifikant. Dies kann drei Gründe haben. Zum einen kann es sein, dass die Schüler:innen der Kontrollgruppe das Thema wirklich besser verstanden haben. Zum anderen kann es aber auch sein, dass die Schüler:innen des Versuchsvideos durch das Video auf weitere Fragen gestoßen sind, die sie gerne beantwortet hätten. Allerdings deckt sich eher die erste Vermutung mit den Erkenntnissen aus der subjektiven

Einschätzung. Drittens kann dies auch an der Gruppenzusammensetzung liegen. Die Leistungskursschüler:innen, deren Großteil in der Kontrollgruppe war, wird mutmaßlich schon mehr und tiefergehenden Unterricht zur elektromagnetischen Induktion gehabt haben und empfindet deshalb weiteren Unterricht als nicht notwendig.

8 Fazit und Ausblick

In dieser Masterarbeit wurde analysiert, wie sich die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos auf die Wirkung des Videos auswirkt. Dazu wurde der Erkenntnisstand zur Gestaltung qualitativer Erklärungen und Erklärvideos aufgearbeitet sowie Theorien zum Lernen mit Multimedia und kognitionspsychologische Ansätze zum Textverständnis dargestellt. Schließlich wurde der Inhalt der Erklärvideos aufgezeigt und eine Möglichkeit entwickelt, wie die kohärente Gestaltung eines Erklärvideos zur Induktion am Beispiel der Schütteltaschenlampe im Vergleich zu einem nicht optimierten Video aussehen kann und beide Videos erstellt. Um die Wirkung zu überprüfen wurde ein Leistungstest sowie subjektive Fragen zur Einschätzung der Videos entwickelt und über ein Online-Umfrage-Tool den Proband:innen zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse dieser Forschung knüpfen an die Untersuchung von Kulgemeyer (2018) an, indem hier ein einziges der bereits im gesamten evaluierten Merkmale effektiver Erklärungen herausgegriffen und auf deren Einfluss auf die Wirkung eines in der Hinsicht optimierten Erklärvideos untersucht wurde. Als zentrale Ergebnisse lassen sich herausstellen, dass beide Videos unabhängig von der Gestaltung zu einem Wissenserwerb beitragen. Der Vergleich der beiden Videos liefert in den Lerneffekten ein durchwachsenes Bild. Insgesamt ist der Einfluss der kohärenten Gestaltung nur unter einem Rauschen zu erkennen und nicht signifikant. Das trifft auch auf die subjektive Bewertung der Videos zu, die in allen Teilen für das nicht optimierte Video besser ausfällt.

Insgesamt scheint es aber Effekte zwischen dem optimierten und nicht optimierten Video zu geben, die weiter untersucht werden sollten. Im Hinblick auf die geringe Signifikanz und das starke Rauschen könnte es sinnvoll sein, die Untersuchung mit einer deutlich größeren Stichprobe zu wiederholen, sodass sich vorhandene Effekte auch deutlich zeigen. Zudem müsste die Stichprobengestaltung optimiert werden. Viele in dieser Arbeit auftretenden Effekte lassen sich mutmaßlich auf die ungleiche Verteilung der Leistungskursschüler:innen auf die beiden Gruppen erklären. Dies kann verhindert werden, indem die gesamte Stichprobe gleiche Voraussetzungen erfüllt, bspw. das Thema Induktion vorher noch nicht behandelt hat. Durch die Vergrößerung der Stichprobe ist aber auch eine

zufälligere Verteilung zu vermuten. Zuletzt kann überlegt werden, die Gestaltung der Videos mit dem Ziel größere Unterschiede in der kohärenten Gestaltung zu erreichen, anzupassen.

9 Literaturverzeichnis

Albe, Virginie; Venturini, Patrice; Lascours, Jean (2001): Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics. In: *Journal of Science Education and Technology* 10 (2), S. 197–203.

Bagno, Esther; Eylon, Bat-Sheva (1997): From problem solving to a knowledge structure. An example from the domain of electromagnetism. In: *American Journal of Physics*, S. 726–737.

Ballstaedt, Steffen-Peter (2009): Text und Bild: Ein didaktisches Traumpaar. In: Horst Bredekamp und Karsten Heck (Hg.): Bildendes Sehen. Berlin: Akad.-Verl. (Bildwelten des Wissens, 7.2009,1), S. 45–55.

Bamberger, Richard; Vanecek, Erich (1984): Lesen, verstehen, lernen, schreiben. Die Schwierigkeitsstufen von Texten in deutscher Sprache. Wien: Jugend und Volk.

Busch, Albert; Stenschke, Oliver (2014): Germanistische Linguistik. Eine Einführung. 3. überarbeitete & erweiterte. Tübingen: narr.

Demtröder, Wolfgang (2017): Experimentalphysik 2. Elektrizität und Optik. 7., korrigierte und erweiterte Auflage. Berlin: Springer.

Döring, Nicola; Bortz, Jürgen (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte u. erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.

Erfmann, Corinna (2017): Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 232).

Gebhard, Ulrich; Höttecke, Dietmar; Rehm, Markus (2017): Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.

Girwidz, Raimund (2020): Medien im Physikunterricht. In: Ernst Kircher, Raimund Girwidz und Hans E. Fischer (Hg.): Physikdidaktik. Grundlagen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 293–337.

Hake, Richard (1998): Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand studet surveyof mechanics test data for introductory physics courses. In: *American Journal of Physics* 1 (66), S. 64–74.

Hempel, Carl G.; Oppenheim, Paul (1948): Studies in the Logic of Explanation. In: *Philosophy of Science* 15 (2), S. 135–175.

Hopf, Martin; Wilhelm, Thomas (2018): Schülervorstellungen zu Feldern und Wellen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf und Reinders Duit (Hg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin, Heidelberg: Springer.

Kintsch, Walter; van Dijk, Teun A. (1978): Towards a model of text comprehension an production. In: *Psychological Review* (85), S. 363–394.

KMK (Hg.) (2004): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Beschluss der Kultusministerkonferenz. Berlin, 12.03.2004.

KMK (Hg.) (2017): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz, 08.12.2016. Berlin.

Kulgemeyer, Christoph (2018): A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: *Research in Science Education* 50 (6), S. 2441–2462.

Kulgemeyer, Christoph (2020a): Didaktische Kriterien für gute Erklärvideos. In: Stephan Dorgerloh und Karsten D. Wolf (Hg.): Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. 1. Auflage. Weinheim: Beltz, S. 70–75.

Kulgemeyer, Christoph (2020b): Erklären im Physikunterricht. In: Ernst Kircher, Raimund Girwidz und Hans E. Fischer (Hg.): Physikdidaktik. Grundlagen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 403–426.

Kulgemeyer, Christoph; Schecker, Horst (2009): Physikalische Darstellungsformen. Ein Beitrag zur Klärung von Kommunikationskompetenz. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 62 (6), S. 331–336.

Kulgemeyer, Christoph; Starauschek, Erich (2014): Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 241–253.

Kulgemeyer, Christoph; Tomczyszyn, Elisabeth (2015): Physik erklären. Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (21), S. 111–126.

Leisen, Josef (2010): Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.

Leisen, Josef (2013): Handbuch Sprachförderung im Fach - Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Stuttgart: Klett.

Leisen, Josef; u.a. (2009): Sachtexte lesen im Fachunterricht der Sekundarstufe. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Levie, W. Howard; Lenz, Richard (1982): Effects of Text Illustrations: A Review of Research. In: *Educational Communication and Technology Journal* 30 (4), S. 195–232.

Levin, Joel R.; Anglin, Gary J.; Carney, Russel N. (1987): On Empirically Validating Functions of Pictures in Prose. In: Dale M. Willows (Hg.): The psychology of illustration. 1 Band. New York: Springer, S. 51–86.

Lowe, Richard K.; Schnotz, Wolfgang (2014): Animation Principles im Multimedia Learning. In: Richard E. Mayer (Hg.): The Cambridge Handbook of multimedia learning. 2. Aufl. New York: Cambridge University Press, S. 513–546.

Mayer, Richard E. (1997): Multimedia Learning: Are we asking the right questions? In: *Educational Psychologist* 32, S. 1–19.

Mayer, Richard E. (2001): Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.) (2014): Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik. Düsseldorf. Online verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/160/KLP_GOSt_Physik.pdf, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.) (2019): Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Physik. Düsseldorf. Online verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/208/g9_ph_klp_%203411_2019_06_23.pdf, zuletzt geprüft am 10.06.2021.

Pavio, Allan (1990): Mental Representations. A Dual Coding Approach. New York: Oxford Science Publications.

Peters, Cord H. (2015): An Approach to Measure the Explaining Quality of Online Explanatory Videos. Masterarbeit an der Universität Bremen.

Rasch, Björn; Hofmann, Wilhelm; Friese, Malte; Ewald Naumann (2010): Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. 3. erw. Auflage. 2 Bände. Berlin, Heidelberg: Springer.

Rincke, Karsten; Markic, Silvija (2018): Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 31–48.

Rost, Deltlef H. (2005): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Weinheim: Beltz.

Rummler, Klaus; Wolf, Karsten D. (2012): Lernen mit geteilten Videos: aktuelle Ergebnisse zur Nutzung, Produktion und Publikation von Onlinevideos durch Jugendliche. In: Wolfgang Sützl, Felix Stalder, Ronals Maier und Theo Hug (Hg.): Media, Knowledge and Education. Cultures and Ethics of Sharing. Innsbruck: innsbruck university press, S. 253–266.

Schecker, Horst; Parchmann, Ilka; Krüger, Dirk (2014): Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer.

Schmidt-Borcherding, Florian (2020): Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In: Stephan Dorgerloh und Karsten D. Wolf (Hg.): Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. 1. Auflage. Weinheim: Beltz, S. 63–70.

Schmiemann, Philipp (2011): Fachsprache in biologischen Testaufgaben. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, S. 115–136.

Schmiemann, Philipp; Lücken, Markus (2014): Validität. Misst mein Test, was er soll? In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 107–118.

Schnotz, Wolfgang (1994): Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb von Texten. Weinheim: Beltz.

Seidel, Tina; Blomberg, Geraldine; Renkl, Alexander (2013): Instructional strategies for using video in teacher education. In: *Teaching and Teacher Education* 34, S. 56–65. DOI: 10.1016/j.tate.2013.03.004.

Seidel, Tina; Krapp, Andreas (Hg.): Pädagogische Psychologie. 6. vollst. überarb. Weinheim, Basel: Beltz.

Starauschek, Erich (2005): Über den Einfluss der Textkohäsion auf den Wissenserwerb in Physik. In: Volkhard Nordmaier (Hg.): CD zur DPG-Tagung 2004. Düsseldorf. Berlin: Lehmanns.

Starauschek, Erich (2006): Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktorialen Repräsentationen auf die Verständlcihkeit von Texten zum Physiklernen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (12), S. 127–157.

Sweller, John (2005): Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: Richard E. Mayer (Hg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press, S. 19–30.

Sweller, John; Chandler, Paul (1994): Why some material is difficult to learn. Learning difficulty and instructional design. In: *Cognition and Instruction* 12 (3), S. 185–233.

Sweller, John; Merrinboer, Jeroen, J. G. van; Paas, Fred G. W. C. (1998): Cognitive Architecture and Instructional Design. In: *Educational Psychology Review* 10 (3), S. 251–296.

Tan, Elaine (2013): Informal learning on YouTube: exploring digital literacy in independent online learning. In: *Learning, Media and Technology* 28, S. 463–477.

Tipler, Paul A.; Mosca, Gene (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. Unter Mitarbeit von Wagner, Jenny (Hrsg.). 7. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

Wacker, Albrecht; Unger Valentin; Rey, Thomas (2020): "Sind doch Corona-Ferien, oder nicht?". Befunde einer Schüler*innenbefragung zum "Fernunterricht". In: D. Fickermann und B. Edelstein (Hg.): "Langsam vermisse ich die Schule…". Schule während und nach der Corona-Pandemie. Münster: Waxmann, S. 79–94.

Wittwer, Jörg; Renkl, Alexander (2008): Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. In: *Educational Psychologist* 43 (1), S. 49–64. DOI: 10.1080/00461520701756420.

Wolf, Karsten D. (2015): Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In: A. Hartung-Griemberg, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Berberi und K. Kaiser-Müller (Hg.): Filmbildung im Wandel. Wien: new academic press (Mediale Impulse, 2), S. 121–131.

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

10 Plagiatserklärung

Schriftliche Versicherung zur Masterarbeit

Ich, *Madeleine Hörnlein*, Matrikel-Nr. *7010086* versichere, dass ich die Masterarbeit mit dem Thema *„Untersuchung von Erklärvideos im Physikunterricht – Wirksamkeit von Kohärenz“* selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Die Stellen der Arbeit, die ich anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen habe, wurden in jedem Fall unter Angabe der Quellen der Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für Tabellen, Skizzen, Zeichnungen, bildliche Darstellungen usw.

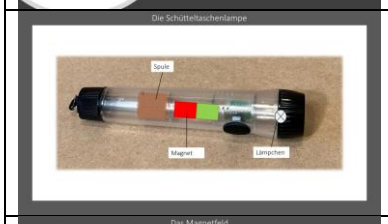
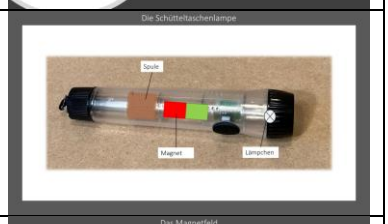
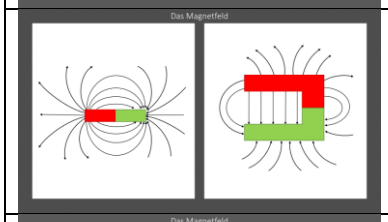
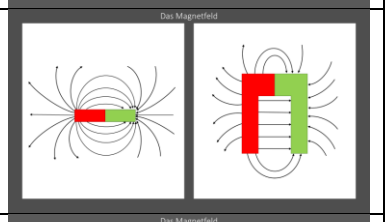
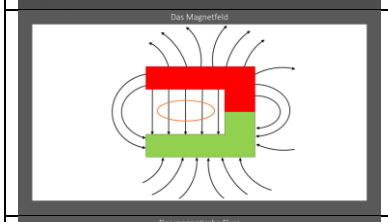
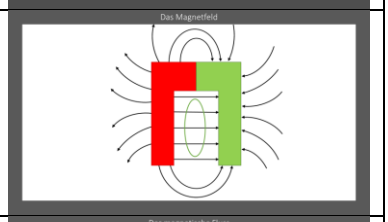
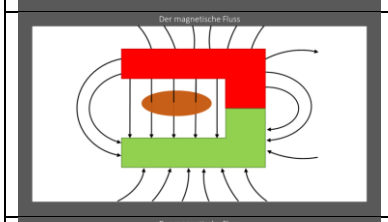
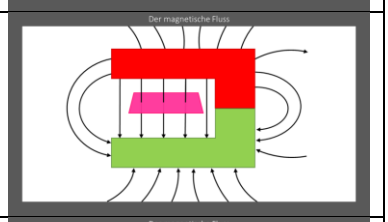
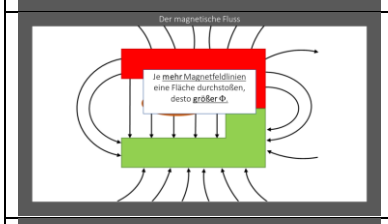
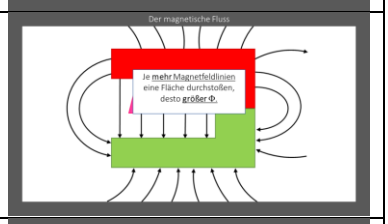
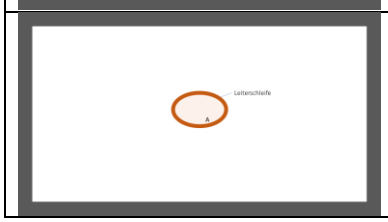
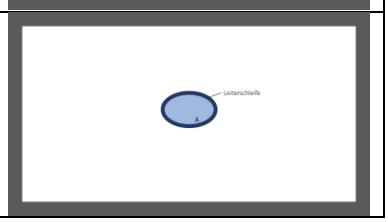
Die Masterarbeit habe ich nicht, auch nicht auszugsweise, für eine andere abgeschlossene Prüfung angefertigt.

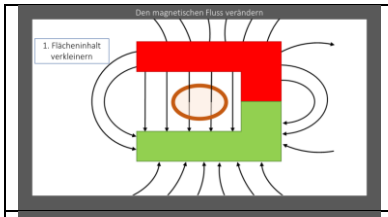
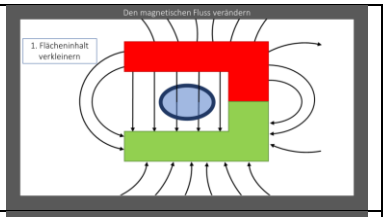
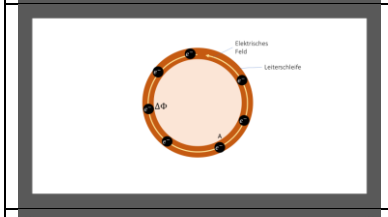
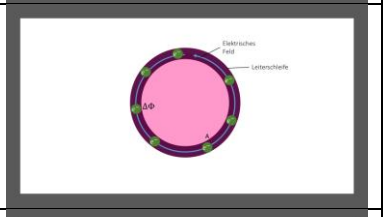
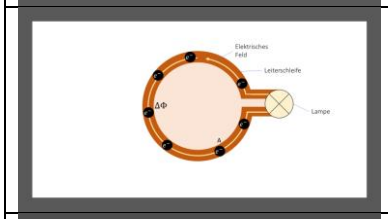
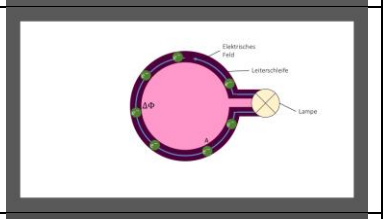
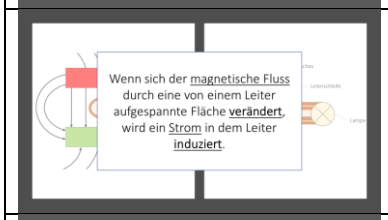
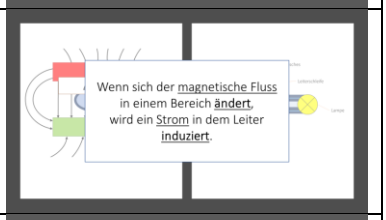
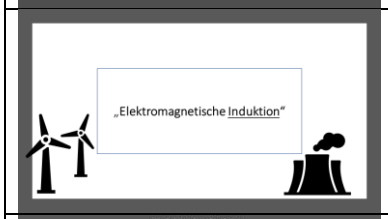
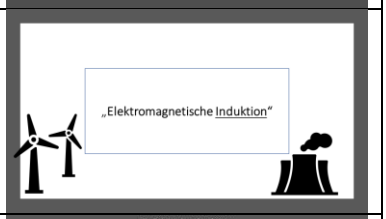
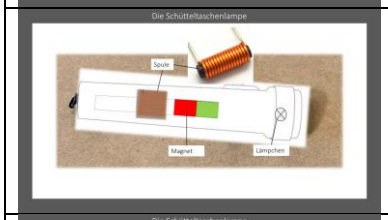
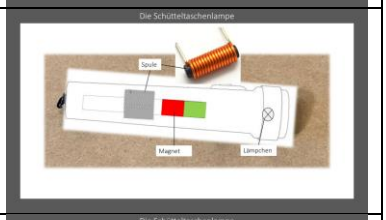
Auf § 63 Abs. 5 HZG wird hingewiesen.

Paderborn, den .... (Unterschrift)

A Anhang

A.1 Visualisierungen in den Videos

Versuchsvideo	**Bemerkungen**	**Kontrollvideo**
	Titelbild der Videos	
	Zuerst wird nur die Taschenlampe eingeblendet, die Skizzen der Bestandteile kommen nacheinander dazu.	
	Darstellung der Wirkung des Magneten über Magnetfeldlinien.	
		
	Der magnetische Fluss anhand der Anzahl der Feldlinien durch eine Fläche.	
	„Je **mehr** Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto **größer Φ**.“	
	Die Leiterschleife umspannt eine Fläche.	

	Die Möglichkeiten den magnetischen Fluss zu verändern, werden nacheinander animiert.	
	Die Elektronen werden animiert und bewegen sich entlang des Leiters.	
	Die animierten Elektronen bewegen sich durch die Lampe und die Lampe wird gelb (=leuchtet).	
	Die Definition der Induktion wird zusammengefasst.	
		
	Die Skizze wird animiert, der Magnet wird durch die Spule bewegt.	
	Die Taschenlampe wird in Slow-Motion geschüttelt, sodass der bewegte Magnet gut sichtbar ist.	
	Das Schlussbild des Videos während der Zusammenfassung.	

A.2 Analyse der Skripte nach Kulgemeyer und Starauschek (2014)

Textoberflächen-merkmal	Maßzahl	Werte Versuchs-video	Werte Kontroll-video	Orientierungs-werte
Mittlere Satz-länge s	$s = \frac{W}{S}$	$s = \frac{672}{58} = \mathbf{11,6}$	$s = \frac{603}{57} = \mathbf{10,6}$	$s < 12$
4. Wiener Sachtextformel	$K = 0{,}2656 \cdot \frac{W}{S} + 0{,}2744 \cdot \frac{MS}{W} \cdot 100 - 1{,}694$	$K = 0{,}2656 \cdot \frac{672}{58} + 0{,}2744 \cdot \frac{150}{672} \cdot 100 - 1{,}694 = \mathbf{7,5}$	$K = 0{,}2656 \cdot \frac{603}{57} + 0{,}2744 \cdot \frac{109}{603} \cdot 100 - 1{,}694 = \mathbf{6,0}$	$K = 7$; $5{,}4 < K < 8{,}4$
Grad der lokal substantivischen Textkohäsion lsk	$lsk = \frac{LSK}{S} \cdot 100\%$	$lsk = \frac{31}{58} \cdot 100\% = \mathbf{53}\%$	$lsk = \frac{9}{57} \cdot 100\% = \mathbf{15,8}\%$	$lsk = 51\%$; $41\% < lsk < 65\%$
Grad der global substantivischen Textkohäsion gsk	$gsk = \frac{SUB_2}{SUB} \cdot 100\%$	$gsk = \frac{125}{154} \cdot 100\% = \mathbf{81\%}$	$gsk = \frac{87}{127} \cdot 100\% = \mathbf{69\%}$	$gsk = 80\%$; $70\% < gsk < 89\%$

A.3 Erhebungsinstrument

Aufbau der Befragung

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

ich freue mich, dass Du an dieser Umfrage teilnimmst. Die Umfrage ist anonym, das heißt Deine Lehrkraft bekommt Deine einzelnen Antworten nicht zu sehen und ich kann auch nicht herausfinden, wer von Euch welche Antworten gegeben hat.

Es ist trotzdem wichtig, dass Du den Test ernst nimmst und ehrliche Antworten gibts, damit mir Deine Antworten für meine Forschung helfen.

Zum Ablauf: Du wirst insgesamt zwei Tests durchführen. Zuerst bekommst Du ein paar Fragen zu Dir selbst gestellt. Dann bekommst Du einige Fragen zu einem physikalischen Thema gestellt. Es wird vermutlich so sein, dass Du nicht alles beantworten kannst.
Wir haben die Umfrage mit Absicht so erstellt, dass man, auch wenn man sehr gut ist, normalerweise nicht alles richtig macht.
Versuch es einfach, so gut es geht.

Viel Erfolg!

Ich besuche Physik im ... *

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ Grundkurs
- ◯ Leistungskurs

Wie viele Punkte hattest Du auf Deinem letzten Zeugnis in Physik?

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.
Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

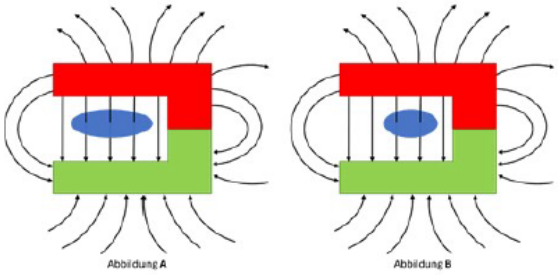
Hattest Du schon das Thema "Induktion" im Physikunterricht?
(Wenn Du Dich nicht an den Begriff Induktion erinnerst, erinnerst Du Dich vielleicht an die Experimente mit der Leiterschaukel.)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ Ja
- ◯ Nein

Frage 1:

In der folgenden Abbildung siehst Du jeweils eine Fläche in einem homogenen Magnetfeld.



Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ Der magnetische Fluss durch die blaue Fläche ist in Abbildung A genauso groß, wie in Abbildung B.
- ◯ Der magnetische Fluss durch die blaue Fläche in Abbildung A größer als in Abbildung B.
- ◯ Der magnetische Fluss durch die blaue Fläche ist in Abbildung B größer als in Abbildung A.
- ◯ Man kann nicht angeben, wo der magnetische Fluss durch die blaue Fläche größer ist.
- ◯ Ich weiß es nicht.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	◯	◯	◯	◯	◯

Frage 2:

Wie Du weißt, ist das Formelzeichen für die *elektrische Spannung* ***U***.
Wie ist das Formelzeichen für den magnetischen Fluss?

*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ B
- ◯ Φ (Phi)
- ◯ Ψ (Psi)
- ◯ A
- ◯ Ich weiß es nicht.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	○	○	○	○	○

Frage 3:

Welcher Aussage zum magnetischen Fluss stimmst Du zu? *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ○ Je weniger Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.
- ○ Der magnetische Fluss ist das Fließen von Elektronen.
- ○ Der magnetische Fluss beschreibt, wie stark ein Magnet mit Magnetismus aufgeladen ist.
- ○ Je mehr Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.
- ○ Ich weiß es nicht.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	○	○	○	○	○

Frage 4:

Man kann den magnetischen Fluss durch eine Leiterschleife verkleinern, indem weniger Feldlinien durch die Fläche laufen.
Wie geht das? *(Hier können mehrere Antworten richtig sein.)* *

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Indem man den Magneten wegbewegt.
- ☐ Indem man den Flächeninhalt vergrößert.
- ☐ Indem man die Fläche dreht.
- ☐ Indem man den Magneten hinbewegt.
- ☐ Ich weiß es nicht.

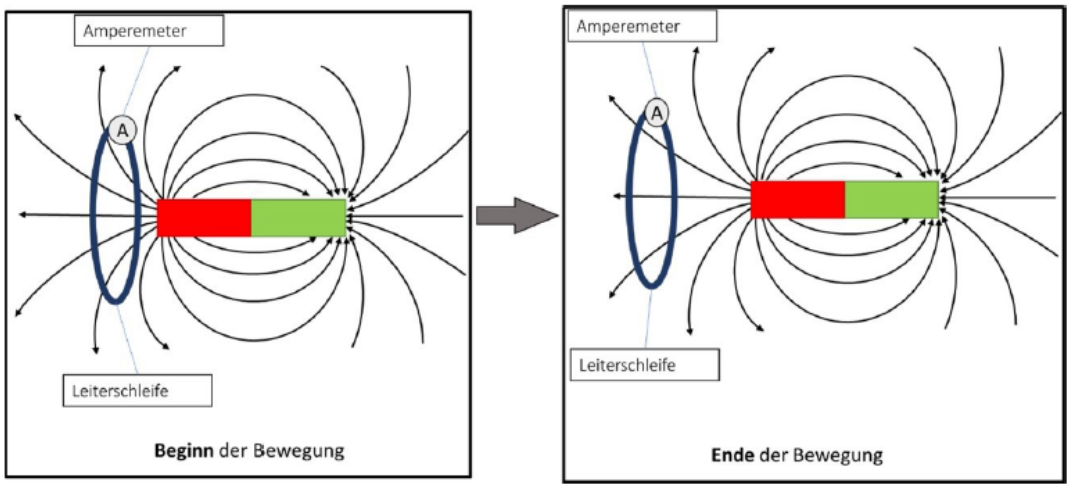
Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	○	○	○	○	○

Frage 5:

In den Abbildungen ist eine Bewegung dargestellt. Du siehst den Anfang der Bewegung (links) und das Ende der Bewegung (rechts).
Abgebildet sind ein Stabmagnet und ein Stromkreis.
Der Stromkreis besteht aus einer Leiterschleife und einem Amperemeter, um die Stromstärke zu messen.



In der Leiterschleife fließt...

*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ nur zu Beginn der Bewegung elektrischer Strom.
- ◯ nur während der Bewegung elektrischer Strom.
- ◯ zu keinem Zeitpunkt elektrischer Strom.
- ◯ elektrischer Strom nur dann, wenn sich der Magnet weit genug entfernt hat.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	◯	◯	◯	◯	◯

Wähle die Aussage, die am besten als Begründung zu Deiner Antwort passt. *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ Der magnetische Fluss berührt die Leiterschleife des Stromkreises.
- ◯ Die Richtung des magnetischen Flusses bleibt während der Bewegung konstant.
- ◯ Bei einer geringen Bewegung ändert sich der magnetische Fluss durch die Fläche nicht.
- ◯ Der magnetische Fluss durch die Fläche ändert seinen Wert.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	○	○	○	○	○

Frage 6:

Welchen Aussagen zur elektromagnetischen Induktion stimmst Du zu?
(Hier können mehrere Antworten richtig sein.) *

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Ohne elektromagnetische Induktion hätten wir nirgendwo Strom zum Leben, da das Prinzip hinter jedem Kraftwerk steckt.
- ☐ Die elektromagnetische Induktion hat die Einheit T (Tesla).
- ☐ Dass die Schütteltaschenlampe leuchtet, lässt sich durch elektromagnetische Induktion erklären.
- ☐ Wenn sich der magnetische Fluss durch eine von einem Leiter aufgespannte Fläche verändert, wird ein Strom in dem Leiter induziert.

Wie sicher warst Du bei der Beantwortung der Aufgabe?

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	sehr sicher	sicher	teils/teils	unsicher	sehr unsicher
Wähle aus:	○	○	○	○	○

Schauen des zugeteilten Videos:

Super! Der erste Teil des Tests ist geschafft!

Schaue nun einmal das Video zur Schütteltaschenlampe und beantworte dann die Frage des zweiten Tests.

Wie funktioniert eine Schütteltaschenlampe?

Beantworte dann die Fragen des zweiten Teils.

Subjektive Bewertung:

Hast Du das Video zur Schütteltaschenlampe schon geschaut?
Dann bist Du hier richtig!

Beantworte hier ein paar Fragen zu dem Video, dass Du gerade gesehen hast. *

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ich stimme voll zu.	Ich stimme eher zu.	Ich stimme eher nicht zu.	Ich stimme nicht zu.
Ich finde das Video gut verständlich.	○	○	○	○
Ich habe die Sprache im Video gut verstanden.	○	○	○	○
Ich finde die Abbildungen im Video hilfreich.	○	○	○	○
Die Beispiele im Video sind gut gewählt.	○	○	○	○
Ich habe jetzt verstanden, warum die Schütteltaschenlampe leuchtet.	○	○	○	○
Ich finde das Video hilfreich.	○	○	○	○
Ich habe das Gefühl, dass ich noch weiteren Unterricht brauche, um das Thema zu verstehen.	○	○	○	○

Du beantwortest jetzt noch einmal den gleichen Test, wie vor dem Video.
Was glaubst Du, wie viele der 6 Fragen Du jetzt richtig lösen wirst?
*

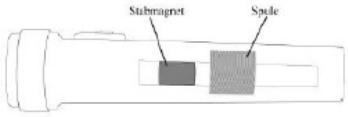
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ◯ 0 (keine)
- ◯ 1
- ◯ 2
- ◯ 3
- ◯ 4
- ◯ 5
- ◯ 6 (alle)

Hier wurden die Fragen 1-6 in identischer Weise, wie im Prätest noch einmal gestellt.

Frage 7:

Hier siehst Du eine Schütteltaschenlampe. Die Taschenlampe braucht keine Batterie. Sie leuchtet, wenn man sie schüttelt.



Erkläre in eigenen Worten, wie die Schütteltaschenlampe physikalisch funktioniert.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Musterlösungen

Frage 1: *Antwort B:*
„Der magnetische Fluss durch die blaue Fläche in Abbildung A ist größer als in Abbildung B.“

Frage 2: *Antwort B:*
Φ (Phi)

Frage 3: *Antwort D:*
„Je mehr Magnetfeldlinien eine Fläche durchstoßen, desto größer ist der Betrag des magnetischen Flusses.“

Frage 4: *Antwort A und C:*
„Indem man den Magneten wegbewegt“ und „ Indem man die Fläche dreht.“

Frage 5: *Antwort B:*
„In der Leiterschleife fließt nur während der Bewegung elektrischer Strom.“

Begründung zu Frage 5: *Antwort D:*
„Der magnetische Fluss durch die Fläche ändert seinen Wert.“

Frage 6: *Antwort A, C und D:*
„Ohne elektromagnetische Induktion hätten wir nirgendwo Strom zum Leben, da das Prinzip hinter jedem Kraftwerk steckt.“
„ Dass die Schütteltaschenlampe leuchtet, lässt sich durch elektromagnetische Induktion erklären.“ und
„Wenn sich der magnetische Fluss durch eine von einem Leiter aufgespannte Fläche verändert, wird ein Strom in dem Leiter induziert.“

Frage 7: (*mögliche Lösung*):
„In der Schütteltaschenlampe befinden sich ein Lämpchen, eine Spule und ein Magnet. Der Magnet ist beweglich und bewegt sich, wenn man die Taschenlampe schüttelt, durch die Spule. Durch die so entstandene Änderung des magnetischen Flusses durch die Spule, entsteht ein elektrisches Feld, was für den fließenden Strom verantwortlich ist. Das nennt man elektromagnetische Induktion. Da das Lämpchen mit der Spule verbunden ist, fließt der induzierte Strom auch durch das Lämpchen und die Lampe leuchtet.

A.4 Auswertung

Kodierungsplan

Bei keiner gegebenen Antwort: Kodierung: 99

Merkmal/Aufgabe	**Merkmalstyp**	**Ausprägung**	**Kodierung**
Persönliche Daten			
Geschlecht	nominal	männlich weiblich divers	1 2 3
Kurs	nominal	Grundkurs Leistungskurs	1 2
Zeugnispunkte	ordinal	1 2 … 14 15	1 2 … 14 15
Thema bereits behandelt	nominal	ja nein	1 0
Frage 1 (gilt jeweils für Prätest und Posttest):			
Aussagen zum magnetischen Fluss durch eine Fläche	Skala	A B C D E	0 1 0 0 0
Sicherheit bei der Beantwortung *(exemplarisch für alle 2. Stufen)*	ordinal	sehr sicher sicher teils/teils unsicher sehr unsicher	5 4 3 2 1
Frage 2			
Formelzeichen	Skala	A B C D E	0 1 0 0 0
Frage 3			
Aussage zum magnetischen Fluss	Skala	A B C D E	0 0 0 1 0
Frage 4:			
Möglichkeiten den magnetischen Fluss zu verkleinern	Skala	A (ja/nein) B (ja/nein) C (ja/nein) D (ja/nein) E (ja/nein)	(0,25 / 0) (0 / 0,25) (0,25 / 0) (0 / 0,25) (-0,5 / 0)

Frage 5			
Fließt in der Leiter-schleife Strom?	Skala	A B C D	0 1 0 0
Begründung	Skala	A B C D	0 0 0 1
Frage 6			
Aussagen zur elektromagnetischen Induktion	Skala	A (ja/nein) B (ja/nein) C (ja/nein) D (ja/nein)	(0,25 / 0) (0 / 0,25) (0,25 / 0) (0,25 / 0)
Subjektive Einschätzung des Videos			
Gut verständlich	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Sprache gut verstanden	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Abbildungen hilfreich	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Beispiele gut gewählt	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Schütteltaschen-lampe verstanden	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Video hilfreich	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Weiterer Unterricht nötig	ordinal	Ich stimme voll zu. Ich stimme eher zu. Ich stimme eher nicht zu. Ich stimme nicht zu.	4 3 2 1
Selbsteinschätzung Posttest	Skala	0 (keine) 1 2 3 4 5 6 (alle)	0 1 2 3 4 5 6

Bewertungsmanual zur Freitextfrage

	Kriterium	**Punkte**
I	**Änderung des magnetischen Flusses wird erwähnt**	max. 1
	„Der magnetische Fluss durch die Fläche wird verändert“ Oder ähnliche Formulierungen	1
	Magnetischer Fluss wird genannt, aber nicht die Änderung Änderung wird genannt, aber nicht der magnetische Fluss (z.B. Magnetisches Feld)	0,5
	Weder magnetischer Fluss noch Änderung wird erwähnt.	0
II	**Begründung/Art der Änderung**	max. 1
	„Durch die Bewegung des Magneten (durch die Spule)“	1
	„Durch die Bewegung“, „Durch das Schütteln“ Der Magnet bewegt sich, aber ohne oder falscher Kausalzusammenhang. (z.B. ändert sich die Fläche)	0,5
	Wird nicht erwähnt	0
III	**Aus Magnetismus Strom erzeugen**	max. 1
	Im Leiter entsteht ein elektrisches Feld, was für den fließenden Strom verantwortlich ist.	1
	Es entsteht ein (elektrischer) Strom Elektronen werden in Bewegung gesetzt Es entsteht elektrische Energie	0,5
	Strom(erzeugung) wird nicht erwähnt	0
IV	**Aufbau der Schütteltaschenlampe**	max. 1
	Der Magnet ist beweglich und bewegt sich durch die Spule. Die Spule ist mit der Lampe verbunden.	1
	„Besteht aus…“ ohne Zusammenhänge herzustellen	0,5
	Auf die Bestandteile wird nicht eingegangen.	0
V	**Elektromagnetische Induktion**	max. 1
	Wird genannt und richtig verwendet z.B. „Das nennt man elektromagnetische Induktion“; „Es wird Strom induziert.“	1
	Mindestens „Induktion“ oder „induziert“ wird genannt Induktion nicht im Zusammenhang z.B. „…und Induktion spielt eine Rolle“	0,5
	Der Begriff Induktion fällt nicht.	0

A.5 Ergebnisse

Item-Skala-Statistiken

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Prätest 1	3,2791	1,309	,267	,234
Prätest 2	3,3605	1,421	,184	,295
Prätest 3	3,1279	1,401	,182	,296
Prätest 4	3,1541	1,646	,180	,311
Prätest 5	2,9419	1,626	,051	,372
Präbegründung 5	3,3023	1,566	,041	,390
Prätest 6	3,0901	1,640	,224	,298

Tabelle 7:Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse des Vortests.

Item-Skala-Statistiken

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
Verständlichkeit	17,87	3,431	,608	,685
Sprache	17,65	3,971	,443	,731
Abbildungen	17,83	3,746	,442	,730
Beispiele	17,95	3,527	,548	,702
Funktionsweise verstanden	17,94	3,867	,263	,788
hilfreich	17,91	3,121	,715	,649

Tabelle 8: Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse der subjektiven Einschätzung.

Kolmogorov-Smirnov-Test bei einer Stichprobe

			Prätest gesamt	Posttest gesamt	Freitextfrage	Sicherheit Prätest	Sicherheit Posttest	Subjektive Einschätzung	weiterer Unterricht nötig	Selbsteinschätzung Posttest
N			86	86	81	85	83	86	86	86
Parameter der Normalverteilung[a,b]	Mittelwert		3,7093	5,4738	2,117	20,5412	28,0602	21,4302	2,65	4,00
	Std.-Abweichung		1,36439	1,05233	,8884	4,96548	3,74605	2,22574	,837	,920
Extremste Differenzen	Absolut		,073	,161	,123	,102	,083	,143	,243	,221
	Positiv		,062	,078	,123	,065	,066	,124	,200	,221
	Negativ		-,073	-,161	-,099	-,102	-,083	-,143	-,243	-,221
Teststatistik			,073	,161	,123	,102	,083	,143	,243	,221
Asymp. Sig. (2-seitig)[c]			,200[d]	,000	,004	,030	,200[d]	,000	,000	,000
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)[e]	Sig.		,310	,000	,003	,027	,161	,000	,000	,000
	99% Konfidenzintervall	Untergrenze	,298	,000	,002	,023	,152	,000	,000	,000
		Obergrenze	,322	,000	,005	,031	,171	,000	,000	,000

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

e. Lilliefors-Methode auf der Basis von 10000 Monte-Carlo-Stichproben mit Startwert 508741944.

Tabelle 9: Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Überprüfung der Normalverteilung bei den verschiedenen Skalen/Items.

Korrelationskoeffizient in Klassen

	Korrelation innerhalb der Klasse[b]	95%-Konfidenzintervall		F-Test mit wahrem Wert 0			
		Untergrenze	Obergrenze	Wert	df1	df2	Sig.
Einzelne Maße	,772[a]	,516	,902	8,043	19	19	,000
Durchschnittliche Maße	,871[c]	,681	,949	8,043	19	19	,000

Modell mit gemischten Zwei-Weg-Effekten, bei dem die Personeneffekte zufällig und die Maßeffekte fest sind.

Tabelle 10: Interkorrelationskoeffizient für die stichprobenartige Doppelcodierung der Freitext-frage.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
Prätest 1	40	0	1	,40	,078	,496
Prätest 2	40	0	1	,38	,078	,490
Prätest 3	40	0	1	,48	,080	,506
Prätest 4	40	,00	1,00	,4813	,04853	,30691
Prätest 5	40	0	1	,70	,073	,464
Präbegründung 5	40	0	1	,42	,079	,501
Prätest 6	40	,00	1,00	,5688	,04384	,27728
Prätest gesamt	40	,75	6,00	3,4250	,21337	1,34950
Posttest 1	40	0	1	,73	,071	,452
Posttest 2	40	0	1	,90	,048	,304
Posttest 3	40	0	1	,85	,057	,362
Posttest 4	40	,25	1,00	,7938	,03786	,23944
Posttest 5	40	0	1	,87	,053	,335
Postbegründung 5	40	0	1	,57	,079	,501
Posttest 6	40	,25	1,00	,6625	,02766	,17495
Posttest gesamt	40	2,75	7,00	5,3813	,18279	1,15607
Zuwachs A1	40	-1,00	1,00	,3250	,09049	,57233
Zuwachs A2	40	,00	1,00	,5250	,07996	,50574
Zuwachs A3	40	-1,00	1,00	,3750	,09259	,58562
Zuwachs A4	40	-,25	1,00	,3125	,04882	,30879
Zuwachs A5	40	-1,00	1,00	,1750	,08688	,54948
Zuwachs A5b	40	-1,00	1,00	,1500	,09164	,57957
Zuwachs A6	40	-,25	,75	,0937	,03870	,24474
Lernzuwachs	40	-,75	5,75	1,9563	,23715	1,49988
Freitextfrage	36	,5	4,0	2,111	,1505	,9033
Gültige Werte (Listenweise)	36					

Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Items des Leistungstests in der Versuchsgruppe.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
Prätest 1	46	0	1	,46	,074	,504
Prätest 2	46	0	1	,33	,070	,474
Prätest 3	46	0	1	,67	,070	,474
Prätest 4	46	,00	1,00	,6196	,03786	,25679
Prätest 5	46	0	1	,83	,057	,383
Präbegründung 5	46	0	1	,39	,073	,493
Prätest 6	46	,25	1,00	,6630	,03663	,24842
Prätest gesamt	46	,75	6,75	3,9565	,19801	1,34299
Posttest 1	46	0	1	,85	,054	,363
Posttest 2	46	0	1	,96	,030	,206
Posttest 3	46	0	1	,87	,050	,341
Posttest 4	46	,25	1,00	,8424	,03045	,20655
Posttest 5	46	0	1	,96	,030	,206
Postbegründung 5	46	0	1	,41	,073	,498
Posttest 6	46	,25	1,00	,6685	,02808	,19043
Posttest gesamt	46	3,50	7,00	5,5543	,14136	,95875
Zuwachs A1	46	-1,00	1,00	,3913	,10062	,68242
Zuwachs A2	46	,00	1,00	,6304	,07195	,48802
Zuwachs A3	46	-1,00	1,00	,1957	,07997	,54240
Zuwachs A4	46	-,50	1,00	,2228	,03980	,26992
Zuwachs A5	46	-1,00	1,00	,1304	,05905	,40048
Zuwachs A5b	46	-1,00	1,00	,0217	,07283	,49392
Zuwachs A6	46	-,50	,50	,0054	,03999	,27126
Lernzuwachs	46	-1,50	5,50	1,5978	,22381	1,51793
Freitextfrage	45	,5	4,0	2,122	,1321	,8865
Gültige Werte (Listenweise)	45					

Tabelle 12: Deskriptive Statistik des Leistungstests in der Kontrollgruppe.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
A1 Sicherheit Prätest	40	1	4	2,35	,150	,949
A2 Sicherheit Prätest	40	1	5	3,75	,189	1,193
A3 Sicherheit Prätest	40	1	5	2,80	,144	,911
A4 Sicherheit Prätest	40	1	5	2,70	,172	1,091
A5 Sicherheit Prätest	40	1	5	2,68	,191	1,207
A5b Sicherheit Prätest	39	1	5	2,31	,165	1,030
A6 Sicherheit Prätest	39	1	4	2,72	,156	,972
A1 Sicherheit Posttest	40	1	5	3,95	,168	1,061
A2 Sicherheit Posttest	40	3	5	4,78	,076	,480
A3 Sicherheit Posttest	40	3	5	4,13	,125	,791
A4 Sicherheit Posttest	40	3	5	4,03	,110	,698
A5 Sicherheit Posttest	38	1	5	3,47	,150	,922
A5b Sicherheit Posttest	40	1	5	3,07	,136	,859
A6 Sicherheit Posttest	39	2	5	3,82	,132	,823
gesamt Sicherheit Prätest	39	7,00	29,00	19,1538	,83411	5,20899
gesamt Sicherheit Posttest	37	19,00	34,00	27,1622	,62543	3,80434
Gesamtzuwachs Sicherheit	36	1,00	18,00	8,2222	,72387	4,34321
Gültige Werte (Listenweise)	36					

Tabelle 13: Deskriptive Statistik der Antwortsicherheiten im Prätest, Posttest und gesamt für die Versuchsgruppe.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
Verständlichkeit	40	2	4	3,50	,095	,599
Sprache	40	2	4	3,68	,083	,526
Abbildungen	40	2	4	3,58	,087	,549
Beispiele	40	2	4	3,45	,087	,552
Funktionsweise	40	2	4	3,38	,099	,628
Hilfreiches Video	40	2	4	3,45	,101	,639
Weiterer Unterricht	40	1	4	2,88	,125	,791
Selbsteinschätzung Posttest	40	2	6	3,88	,135	,853
Gültige Werte (Listenweise)	40					

Tabelle 14: Deskriptive Statistik zur Beurteilung des Videos und Selbsteinschätzung der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben im Posttest für die Versuchsgruppe.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
A1 Sicherheit Prätest	46	2	5	2,65	,099	,674
A2 Sicherheit Prätest	46	1	5	3,76	,182	1,233
A3 Sicherheit Prätest	46	1	5	3,00	,124	,843
A4 Sicherheit Prätest	46	1	5	3,04	,132	,893
A5 Sicherheit Prätest	46	1	5	3,48	,161	1,090
A5b Sicherheit Prätest	46	1	5	2,76	,150	1,015
A6 Sicherheit Prätest	46	1	5	3,02	,141	,954
A1 Sicherheit Posttest	46	2	5	4,07	,130	,879
A2 Sicherheit Posttest	46	4	5	4,85	,054	,363
A3 Sicherheit Posttest	46	3	5	4,33	,099	,668
A4 Sicherheit Posttest	46	3	5	4,13	,101	,687
A5 Sicherheit Posttest	46	2	5	3,93	,150	1,020
A5b Sicherheit Posttest	46	2	5	3,46	,138	,936
A6 Sicherheit Posttest	46	2	5	4,02	,105	,715
gesamt Sicherheit Prätest	46	14,00	34,00	21,7174	,65987	4,47543
gesamt Sicherheit Posttest	46	23,00	35,00	28,7826	,52742	3,57717
Gesamtzuwachs Sicherheit	46	,00	16,00	7,0652	,54587	3,70226
Gültige Werte (Listenweise)	46					

Tabelle 15: Deskriptive Statistik der Antwortsicherheiten im Prätest, Posttest und gesamt für die Kontrollgruppe.

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Std.-Abweichung
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std.-Fehler	Statistik
Verständlichkeit	46	3	4	3,61	,073	,493
Sprache	46	3	4	3,87	,050	,341
Abbildungen	46	2	4	3,63	,078	,532
Beispiele	46	2	4	3,50	,081	,548
Funktionsweise	46	1	4	3,59	,096	,652
Hilfreiches Video	46	2	4	3,59	,080	,541
Weiterer Unterricht	46	1	4	2,46	,123	,836
Selbsteinschätzung Posttest	46	2	6	4,11	,143	,971
Gültige Werte (Listenweise)	46					

Tabelle 16: Deskriptive Statistik zur Beurteilung des Videos und Selbsteinschätzung der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben im Posttest für die Versuchsgruppe.

Korrelationen

			Prätest gesamt	Posttest gesamt	Freitextfrage	Lernzuwachs	gesamt Sicherheit Prätest	gesamt Sicherheit Posttest	Subjektive Einschätzung	Selbsteinschätzung Posttest
Spearman-Rho	Prätest gesamt	Korrelationskoeffizient	1,000	,283	-,145	-,673**	,168	,276	,136	,285
		Sig. (2-seitig)	.	,077	,399	,000	,308	,098	,404	,074
		N	40	40	36	40	39	37	40	40
	Posttest gesamt	Korrelationskoeffizient	,283	1,000	,099	,464**	,380*	,637**	,495**	,511**
		Sig. (2-seitig)	,077	.	,565	,003	,017	,000	,001	,001
		N	40	40	36	40	39	37	40	40
	Freitextfrage	Korrelationskoeffizient	-,145	,099	1,000	,195	,163	,139	-,153	-,018
		Sig. (2-seitig)	,399	,565	.	,256	,349	,432	,372	,916
		N	36	36	36	36	35	34	36	36
	Lernzuwachs	Korrelationskoeffizient	-,673**	,464**	,195	1,000	,212	,242	,210	,185
		Sig. (2-seitig)	,000	,003	,256	.	,195	,150	,193	,253
		N	40	40	36	40	39	37	40	40
	gesamt Sicherheit Prätest	Korrelationskoeffizient	,168	,380*	,163	,212	1,000	,567**	,370*	,544**
		Sig. (2-seitig)	,308	,017	,349	,195	.	,000	,021	,000
		N	39	39	35	39	39	36	39	39
	gesamt Sicherheit Posttest	Korrelationskoeffizient	,276	,637**	,139	,242	,567**	1,000	,495**	,499**
		Sig. (2-seitig)	,098	,000	,432	,150	,000	.	,002	,002
		N	37	37	34	37	36	37	37	37
	Subjektive Einschätzung	Korrelationskoeffizient	,136	,495**	-,153	,210	,370*	,495**	1,000	,464**
		Sig. (2-seitig)	,404	,001	,372	,193	,021	,002	.	,003
		N	40	40	36	40	39	37	40	40
	Selbsteinschätzung Posttest	Korrelationskoeffizient	,285	,511**	-,018	,185	,544**	,499**	,464**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,074	,001	,916	,253	,000	,002	,003	.
		N	40	40	36	40	39	37	40	40

**. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 17: Korrelationsanalyse nach Spearman für verschiedene Variablen der Versuchsgruppe.

Korrelationen

			Prätest gesamt	Posttest gesamt	Freitextfrage	Lernzuwachs	gesamt Sicherheit Prätest	gesamt Sicherheit Posttest	Subjektive Einschätzung	Selbsteinschätzung Posttest
Spearman-Rho	Prätest gesamt	Korrelationskoeffizient	1,000	,153	,332*	-,761**	,022	,170	-,022	,281
		Sig. (2-seitig)	.	,310	,026	,000	,886	,258	,884	,059
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	Posttest gesamt	Korrelationskoeffizient	,153	1,000	,060	,448**	-,076	,366*	,090	,355*
		Sig. (2-seitig)	,310	.	,695	,002	,616	,012	,552	,016
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	Freitextfrage	Korrelationskoeffizient	,332*	,060	1,000	-,151	-,070	-,021	,095	,131
		Sig. (2-seitig)	,026	,695	.	,322	,648	,889	,533	,389
		N	45	45	45	45	45	45	45	45
	Lernzuwachs	Korrelationskoeffizient	-,761**	,448**	-,151	1,000	-,076	,048	,058	-,052
		Sig. (2-seitig)	,000	,002	,322	.	,614	,753	,701	,732
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	gesamt Sicherheit Prätest	Korrelationskoeffizient	,022	-,076	-,070	-,076	1,000	,585**	-,027	,311*
		Sig. (2-seitig)	,886	,616	,648	,614	.	,000	,860	,035
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	gesamt Sicherheit Posttest	Korrelationskoeffizient	,170	,366*	-,021	,048	,585**	1,000	,253	,543**
		Sig. (2-seitig)	,258	,012	,889	,753	,000	.	,090	,000
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	Subjektive Einschätzung	Korrelationskoeffizient	-,022	,090	,095	,058	-,027	,253	1,000	,157
		Sig. (2-seitig)	,884	,552	,533	,701	,860	,090	.	,297
		N	46	46	45	46	46	46	46	46
	Selbsteinschätzung Posttest	Korrelationskoeffizient	,281	,355*	,131	-,052	,311*	,543**	,157	1,000
		Sig. (2-seitig)	,059	,016	,389	,732	,035	,000	,297	.
		N	46	46	45	46	46	46	46	46

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

**. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 18: Korrelationsanalyse nach Spearman für verschiedene Variablen der Kontrollgruppe.