



Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

# **Der Einfluss von interaktiven Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II auf Lernerfolg und Interesse**

**MASTER THESIS**

**2020**

**Autor:** David Leisner

**Begleitende Personen:** Prof. Dr. Carmen Zahn  
Alessia Ruf

**Praxispartnerin:** Kantonsschule Zürcher Oberland in Wetzikon  
Katarina Gromova und Bruno Cappelli

## Danksagung

Mit dieser Seite möchte ich mich bei alldenjenigen bedanken, die das Gelingen dieser Arbeit ermöglicht und mich während meinem Studium unterstützt haben. Allen voran gebührt mein Dank Prof. Dr. Carmen Zahn und Alessia Ruf, die meine Masterarbeit betreut und begutachtet haben. Für die hilfreichen Anregungen und das konstruktive Feedback bei der Anfertigung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken. Ich bedanke mich nachdrücklich bei den beiden Lehrpersonen der Kantonsschule Zürcher Oberland in Wetzikon, Frau Gromova und Herr Cappelli, für die professionelle Kooperation. Die freundliche und zuverlässige Zusammenarbeit hat mir eine praxisnahe Forschung ermöglicht und wertvolle Einblicke in den Lernalltag gewährt. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls allen beteiligten Lernenden der Kantonsschule Wetzikon für ihre Teilnahme, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Ein vielfaches Dankeschön gilt insbesondere meiner Kommilitonin Tatjana Burton, die mir während des ganzen Studiums zur Seite stand. Bedanken möchte ich mich für die tolle Zusammenarbeit während der vielen Gruppenarbeiten, die Geduld, Hilfsbereitschaft und stetige Zuverlässigkeit. Ausserdem möchte ich Eveline Degen für das Korrekturlesen meiner Masterarbeit danken. Tief verbunden und dankbar bin ich meinen Freunden für ihr Verständnis, fünf Jahre auf viel Miteinander verzichtet zu haben und den starken emotionalen Rückhalt. Last, aber ganz sicher nicht least gebührt mein ausserordentlicher Dank meinen Eltern, Inge und Daniel Leisner, die es sicher nicht falsch verstehen, in dieser Aufzählung an letzter Stelle zu stehen. In meinem Leben stehen sie dafür ganz oben und ihr Stolz war die Basis meiner Motivation für dieses Studium. Sie waren es, die stets an mich glaubten und mir in den harten Zeiten immer und immer wieder Rückhalt gegeben haben. Ich weiss nicht, ob ich ohne sie die Kraft und den Mut gefunden hätte, diesen Weg zu gehen. Dafür bin ich unendlich dankbar.

## Abstract

In times of rapid digital change, educational institutions have made particular use of interactive videos to support effective learning. Consequently, a systematic analysis of how interactive videos can be used for meaningful learning is crucial. However, research on video-based learning, which has been significant to date, has been conducted almost exclusively at tertiary level. This study investigated in a field experiment ( $N = 78$ ) the influence of different positions of quizzes and different times of prompting to write annotations in interactive learning videos for physics lessons in secondary school on learning success and interest. The data was collected by means of pre-, post- and delayed post-tests. The results show no significant differences in design parameters. However, the descriptive data shows a clear tendency that an evidence-based design or rather, to be more precise the combination of in-video quiz and continuous writing of annotations, leads to higher learning success and interest.

**Keywords:** interactive videos, annotations, in-video quiz, post-video quiz, generative learning, multimedia

## Zusammenfassung

Bildungsinstitutionen haben sich in Zeiten des raschen digitalen Wandels insbesondere interaktive Videos zur Unterstützung des effektiven Lernens zunutze gemacht. Folglich ist eine systematische Analyse, wie interaktive Videos für sinnvolles Lernen eingesetzt werden können, entscheidend. Bisher bedeutende Forschung zu videobasiertem Lernen erfolgte allerdings fast ausschliesslich auf Tertiärstufe. Diese Studie untersuchte in einem Feldexperiment ( $N = 78$ ) den Einfluss unterschiedlicher Positionen von Quiz und unterschiedlicher Aufforderungszeitpunkte zum Schreiben von Annotationen in interaktiven Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II auf Lernerfolg und Interesse. Die Daten wurden mittels Pre-, Post- und Delayed Post-Test erfasst. Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede bezüglich Gestaltungsparameter. Aus den deskriptiven Daten geht jedoch eine klare Tendenz hervor, dass eine evidenzbasierte Gestaltung bzw. die Kombination aus In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen zu höherem Lernerfolg und Interesse führt.

**Schlagwörter:** Interaktive Videos, Annotationen, In-Video Quiz, Post-Video Quiz, generatives Lernen, Multimedia

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 Kontext und Abgrenzung der Studie .....	2
1.2 Praxispartnerin und Ziel der Studie .....	3
1.3 Wissenschaftliche und praktische Relevanz .....	4
1.4 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2. THEORETISCHE FUNDIERUNG .....</b>	<b>5</b>
2.1 Ressourcen-Perspektive: Interaktive Videos und Lernen .....	6
2.1.1 Theorien multimedialen Lernens .....	7
2.1.2 Interaktive Videofunktionen .....	12
2.2 Aufgaben-Perspektive: Passung von interaktiven Videofunktionen und generativen Aktivitäten .....	16
2.3 Subjekt-Perspektive: Vorwissen, Interesse und Lernstrategien .....	17
2.4 Ergebnis-Perspektive: konzeptuelles Verständnis, Lernprodukt und Interesse.....	18
2.5 Fragestellung und Herleitung der Hypothesen.....	19
<b>3. METHODIK .....</b>	<b>21</b>
3.1 Stichprobe.....	21
3.2 Experimentelles Design .....	22
3.2.1 Bedingungen.....	22
3.2.2 Identifikation und Kontrolle von Störvariablen .....	23
3.3 Apparate, Materialien und Geräte .....	25
3.3.1 Videos .....	25
3.3.2 Fragebogen.....	29
3.3.3 Geräte: iPad, Tastatur, Touchpen & Kopfhörer .....	29
3.3.4 Weitere Materialien .....	30
3.4 Messungen.....	32
3.5 Vortest .....	35
3.6 Durchführung.....	35
3.7 Datenauswertung .....	37

3.7.1	Datenaufbereitung .....	37
3.7.2	Überprüfung auf Normalverteilung und Varianzhomogenität.....	39
3.7.3	Analytische Tests .....	40
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>41</b>
4.1	Gruppenvergleiche .....	41
4.2	Lernerfolg.....	41
4.2.1	Objektive Messung .....	41
4.2.2	Subjektive Messung.....	43
4.3	Lernproduktqualität.....	44
4.4	Interesse fürs Thema .....	45
4.5	Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in der Lernumgebung .....	46
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>48</b>
5.1	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse .....	48
5.2	Beantwortung der Fragestellung.....	53
5.3	Limitationen .....	53
5.4	Implikationen für Forschung und Praxis.....	55
5.4.1	Forschung .....	55
5.4.2	Praxis.....	55
5.5	Fazit.....	56
<b>6.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>65</b>
<b>8.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>66</b>
<b>9.</b>	<b>ANHANG: INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>I</b>

## 1. Einleitung

Effektives Lernen ist der Schlüssel zum Erfolg während des gesamten Lebens sowohl im Bildungs- als auch im Arbeitskontext und daher ein Thema von höchstem wissenschaftlichen und praktischen Interesse (Tiernan, 2015). Bereits vor der Jahrtausendwende veränderte die Digitalisierung der modernen Gesellschaft die Rolle der traditionellen Bildung (Marold, Larsen & Moreno, 2000; McAllister & McAllister, 1996). Das Internet wurde längst als geeignetes Medium zur Übertragung von Informationen erkannt und hat seinen Weg in die Unterrichtsräume gefunden (Carswell, 1997). Bildungsinstitutionen wie Schulen und Universitäten haben sich insbesondere videobasierte Materialien zur Unterstützung des Lernens und des konzeptuellen Verständnisses<sup>1</sup> in verschiedenen Bereichen zunutze gemacht, während die Lernenden diese Medienquellen bereitwillig verwenden (Tiernan, 2015). In Anlehnung an Schön (2013) „veranschaulichen, demonstrieren und präsentieren“ (S. 3) Lernvideos Dinge, die in natura nicht gezeigt werden können. So können beispielsweise Experimente zur Demonstration komplexer Abläufe mittels Lernvideo veranschaulicht werden, womit physikalische Prozesse verständlich vermittelt und erklärt werden können.

Diverse Studien konnten bereits nachweisen, dass das Lernen mit Videos im Vergleich zu herkömmlichen Lehrmitteln (z. B. textbasiertes Lernen) zu signifikant höherem Lernerfolg führt (z. B. Calandra, Brantley-Dias & Dias, 2006; Santagata, 2009; Kay & Edward, 2012; Lin & Tseng, 2012). Demgegenüber konnten einige Studien keine signifikanten Unterschiede zwischen videobasiertem Lernen und anderen Methoden aufzeigen (z. B. Lindgren, Pea, Lewis & Rosen, 2007; Donkor, 2010). Die kontroversen Befunde könnten auf unterschiedliche Aspekte zurückzuführen sein. Eine Erklärung könnte einerseits die audiovisuelle Gestaltung von Videos und andererseits die Art der Videopräsentation (interaktiv vs. nicht interaktiv) sein. Die Erfahrungspyramide von Dale (1969) zeigt, dass sich Lernende an 90 % des Gelernten erinnern, wenn sie etwas direkt erfahren. Dies wird zum Beispiel durch sogenannte *interaktive Videos* ermöglicht, indem Lernende mit den Videos interagieren können (Yousef, Chatti & Schroeder, 2014). Das heisst, interaktive Videos fördern die aktive und konstruktivistische Auseinandersetzung mit den Lerninhalten oder anders gesagt: Lernende können die Videos für generative Aktivitäten nutzen<sup>2</sup>. In diversen Studien zu Massive Open Online Courses (MOOCs) konnte aufgezeigt werden, dass der Grad an Interaktionsmöglichkeit mit Videos (z. B. Quiz und Notizen schreiben) stark mit der Bindung der Lernenden an (Hone & El Said, 2016) und dem Abschliessen von MOOC-Kursen (Pursel, Zhang, Jablokow, Choi & Velegol, 2016; Swinnerton,

---

<sup>1</sup> **Konzeptuelles Verständnis** ist die Kenntnis von Klassifikationen, Prinzipien, Verallgemeinerungen, Theorien, Modellen oder Strukturen, die für einen bestimmten disziplinären Bereich relevant sind. Das heisst, es geht über das einfache Faktenwissen hinaus und besteht darin, Fakten miteinander zu verknüpfen, Zusammenhänge und Wechselwirkungen zu verstehen und diese in einen sinnvollen Kontext zu stellen (Krathwohl, 2002).

<sup>2</sup> Beim **generativen Lernen** geht es darum, die zu lernenden Informationen aktiv zu verinnerlichen, indem diese mental neu organisiert und ins Vorwissen integriert werden, sodass Lernende das Gelernte auf neue Situationen anwenden können (Fiorella & Mayer, 2016).

Hotchkiss & Morris, 2017) sowie mit Noten bzw. dem Lernerfolg (Tseng, Tsao, Yu, Chan & Lai, 2016) korrelieren. Ausserdem konnten Zahn, Barquero und Schwan (2004) in ihrer Studie aufzeigen, dass Lernerfolg positiv mit der Nutzungsintensität der Interaktionsfunktionen und der individuellen mentalen Anstrengung der Lernenden korreliert. Eine weitere Erklärung für die kontroversen Befunde könnte sein, dass neben kognitiven sowohl emotionale als auch motivationale Faktoren simultan einen Einfluss auf den Lernprozess haben (Sembill, 1992). Es konnte nachgewiesen werden, dass interaktive Videos einen positiven Einfluss auf die emotionale Verhaltensebene (z. B. Interaktionen im realen Leben) und die Motivation von Lernenden haben sowie die Aufmerksamkeit für das Thema erhöhen können (Montazemi, 2006; Nikopoulou-Smyrni & Nikopoulos, 2010; Verleur, Heuvelman & Verhagen, 2011).

Zusammenfassend lässt sich ohne Zweifel sagen, dass Videos heute im Bildungsbereich immer häufiger verwendet werden und mittlerweile als selbstverständlich gelten, obwohl die Wirkungsmechanismen, die dem Lernen mit Videos zugrunde liegen, noch nicht abschliessend geklärt sind und aktuell vielseitig untersucht werden (Rice, Beeson & Blackmore-Wright, 2019).

## 1.1 Kontext und Abgrenzung der Studie

An der Hochschule für Angewandte Psychologie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) wird gegenwärtig im Rahmen des vom SNF<sup>3</sup> unterstützten Projekts *Digital Video Tools to Support Conceptual Understanding and Creative Learning in Individuals and Groups* der Einfluss von Videos auf das Lernen untersucht, an dem gleichzeitig die vorliegende Studie angegliedert ist.

Konkret untersuchen die Forschenden der Hochschule für Angewandte Psychologie basierend auf dem *systemischen Modell des aktiven Lernens* (general model of an activity system) von Greeno und Engeström (2014) und Wittrocks (1992) *Modell des generativen Lernens* (vgl. Kapitel 2) jeweils den Einfluss der *Lernaufgabe* (Annotationen vs. Hyperlinks), des *sozialen Umfelds* (selbständiges vs. kollaboratives Lernen) sowie des *Lernkontexts* (Face-to-Face vs. Online-Lernen) auf den Lernprozess und das Interesse beim Lernen eines naturwissenschaftlichen Themas (synaptische Plastizität). Das Projekt unterteilt sich in zwei laborexperimentelle Erhebungsphasen sowie eine Evaluationsstudie im Feld. Zusammengefasst sollen durch die Vereinigung eines kognitiven und pädagogischen Ansatzes effiziente Strategien für den Einsatz von interaktiven Videos identifiziert werden, um das kreative Lernen<sup>4</sup> sowie konzeptuelle Verständnis zu fördern.

---

<sup>3</sup> SNF = Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

<sup>4</sup> „*Creative learning* is therefore any learning which involves understanding and new awareness, which allows the learner to go beyond notional acquisition, and focuses on thinking skills. It is based on learner empowerment and centredness. The creative experience is seen as opposite to the reproductive experience“ (Cachia, Ferrari, Ala-Mutka & Punie, 2010, S. 19).

Die vorliegende Studie legt den Fokus auf die Durchführung eines Feldexperiments, bei dem das selbständige Lernen eines naturwissenschaftlichen Themas mit interaktiven Videos im Unterricht in Zusammenhang mit unterschiedlichen generativen Lernaktivitäten untersucht wird. Da bis anhin im SNF-Projekt noch kein Feldexperiment stattgefunden hat, wird mit Hilfe dieser Studie ein erster Schritt zur Erhöhung der ökologischen Validität des SNF-Projekts getätigt.

Für die Durchführung der vorliegenden Studie war die Akquise einer Praxispartnerin erforderlich. Vor welchem Hintergrund und mit wem letztendlich eine Kooperation zustande gekommen ist, wird im anschliessenden Kapitel genauer beschrieben.

## 1.2 Praxispartnerin und Ziel der Studie

Auf Zürcher Kantonebene startet im Januar 2020 das Projekt *Digital Learning Hub Sek II*, woran sich insgesamt 24 Berufsfach- und Berufsmaturitätsschulen sowie 22 Gymnasien aus dem Kanton Zürich beteiligen. Das Projekt fokussiert auf die Erweiterung des didaktisch-methodischen Handlungsrepertoires der Lehrpersonen unter Nutzung von digitalen Tools. Aus den vorab eingereichten Entlastungsanträgen seitens Lehrpersonen hat sich das Lehren mit Videos als ein zentrales Thema herauskristallisiert. Es ist geplant, dass zwei Lehrpersonen der Kantonsschule Zürcher Oberland in Wetzikon (Kantonsschule Wetzikon), die bereits über Erfahrung im Bereich Videoproduktion verfügen, ab September 2020 das Lead für das Arbeitspaket *Lehren mit Videos* übernehmen und darin als Ansprechpersonen für ihre Kolleginnen und Kollegen fungieren.

Die beiden Lehrpersonen der Kantonsschule Wetzikon erarbeiten seit ungefähr zwei Jahren drei- bis fünfminütige interaktive Lernvideos für ihren Physikunterricht. Dabei wird für eine Minute Videozeit ungefähr eine Stunde Vorbereitungs- und Produktionszeit aufgewendet. Zuerst wird das Videoskript geschrieben, bevor die dazugehörigen PowerPoint-Folien (inkl. Animationen<sup>5</sup>) erstellt werden. Anschliessend wird das Skript auditiv aufgezeichnet und in die PowerPoint-Präsentation importiert, bevor die Audioaufnahme und Animationen mittels der Funktion *Bildschirmpräsentation aufzeichnen* synchronisiert und als Video exportiert werden. In einem weiteren Schritt laden die Lehrpersonen das Video auf ihren Youtube-Channel hoch, damit dieses mit dem interaktiven Videotool *Edpuzzle*<sup>6</sup> verknüpft werden kann. Abschliessend werden die Videos in *Edpuzzle* mit der Interaktionsfunktion *Quiz* (Single Choice und offene Fragen) versehen. Die Lernenden bearbeiten die Videos jeweils selbständig im Unterricht auf ihrem „Own Device“ (Smartphone, Laptop). Nach der Bearbeitung des Videos werden die Lernenden jeweils aufgefordert, Notizen respektive eine Zusammenfassung in ihr Lernjournal in OneNote zu schreiben, was einer generativen Lernaktivität entspricht.

<sup>5</sup> **Animationen** bezieht sich hier auf die Animationsfunktion in Microsoft PowerPoint (z. B. Einfliegen einer Grafik).

<sup>6</sup> **Edpuzzle** ist ein kostenloses webbasiertes Videotool, das es Lehrenden ermöglicht, ein Video aus unterschiedlichen Webseiten (z. B. Youtube, TED, Vimeo) auszuwählen und daraus ein interaktives Video zu erstellen. Die Lehrenden können den Videos Quiz (Single Choice, offene Fragen), Audiospuren und Kommentare hinzufügen (Edpuzzle, 2019).

Mit Fokus auf ihre Rolle im bevorstehenden kantonalen Projekt interessiert die beiden Lehrpersonen der Kantonsschule Wetzikon, ob die Gestaltung ihrer interaktiven Videos lernpsychologischen Anforderungen gerecht wird. Zudem ist von Interesse, inwiefern eine evidenzbasierte im Vergleich zur aktuellen Gestaltung einen Einfluss auf das Lernergebnis hat. In den Interessen der beiden Lehrpersonen wurden Parallelen zum Vorhaben des Versuchsleiters gesehen, weshalb eine Kooperation zustande gekommen ist und die Kantonsschule Wetzikon als Praxispartnerin gewonnen werden konnte.

Folglich ist das Ziel der vorliegenden Studie, zunächst die Gestaltung eines interaktiven Videos an der Kantonsschule Wetzikon unter Berücksichtigung von Lerntheorien sowie empirischen Befunden zu untersuchen und in einem weiteren Schritt den Status Quo mit einem optimal gestalteten interaktiven Video in Bezug auf das Lernergebnis zu vergleichen. Letztendlich sollen sich die beiden Lehrpersonen auf die Ergebnisse der Studie im Sinne eines *Good Practice Guides* beziehen können, um ihrer zukünftigen Funktion als Ansprechpersonen für das Lehren mit Videos im Kanton Zürich gerecht zu werden und die Kolleginnen und Kollegen für das Lehren mit Videos motivieren zu können.

### 1.3 Wissenschaftliche und praktische Relevanz

Neben der offensichtlichen praktischen Relevanz (vgl. Kapitel 1.2) wird darüber hinaus gewährleistet, dass der vorliegenden Studie eine hohe wissenschaftliche Bedeutung zukommt. Angesichts der Tatsache, dass bisher bedeutende Forschung zu videobasiertem Lernen fast ausschliesslich auf Tertiärstufe erfolgte (Kay & Edwards, 2012) und mehrheitlich als Laborexperimente durchgeführt wurde, generiert die vorliegende Studie neue Erkenntnisse zu Lernen mit interaktiven Videos im Klassenzimmer auf Ebene der Sekundarstufe II. Darüber hinaus hilft die vorliegende Studie, zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen bezüglich der Unterstützung verschiedener generativer Lernaktivitäten durch interaktive Videofunktionen zur Förderung des konzeptuellen Verständnisses beizutragen. Dieses Wissen ist nicht nur für diejenigen von Interesse, die für die Gestaltung und Implementierung zeitgemässer Lernumgebungen verantwortlich sind, sondern auch für die wissenschaftliche Gemeinschaft.

### 1.4 Aufbau der Arbeit

In einem ersten Schritt bedingt es einer theoretischen Einführung (Kapitel 2) in das Thema *Lernen mit interaktiven Videos*, bevor daraus am Ende des Kapitels die Fragestellung sowie Hypothesen abgeleitet werden können. In *Kapitel 3* wird das methodische Vorgehen zur Prüfung der Hypothesen und zur Beantwortung der Fragestellung detailliert erläutert. In einem weiteren Schritt werden die Ergebnisse (Kapitel 4) aus der Datenerhebung präsentiert, bevor eine abschliessende Diskussion (Kapitel 5) den Bericht abrundet.

## 2. Theoretische Fundierung

Als theoretisches Rahmenmodell für die SNF-Studie *Digital Video Tools to Support Conceptual Understanding and Creative Learning in Individuals and Groups* wurde der einschlägige systemische Ansatz mit Fokus auf aktives Lernen (Learning in Activity) von Greeno und Engeström (2014) und Wittrocks (1992) *Modell des generativen Lernens* aus den Lernwissenschaften herausgegriffen. Vor dem Hintergrund, dass die vorliegende Studie am SNF-Projekt angegliedert ist, sind der Ansatz und das Modell ebenfalls für die vorliegende Untersuchung von entscheidender Bedeutung.

Während das Lernen in der experimentellen Kognitionspsychologie hauptsächlich auf Ebene des Individuums analysiert wird, gehen Greeno und Engeström (2014) von einem übergeordneten Lernsystem – dem sogenannten «Activity System» (Aktivitätssystem) – aus und präsentieren einen Analyse-Ansatz, bei dem die Analyseeinheit über das Individuum hinausgeht. Laut Greeno und Engeström (2014) zählen das *Subjekt* (Einzelperson oder Gruppen von Lernenden), das *Objekt* (Themen und Aufgaben, an denen die Lernenden arbeiten) und die *Ressourcen* (mit denen die Lernenden ein Lernobjekt in Richtung eines gewünschten Ergebnisses transformieren) zu den Hauptkomponenten eines Aktivitätssystems (vgl. grün gestricheltes Rechteck in Abbildung 1).

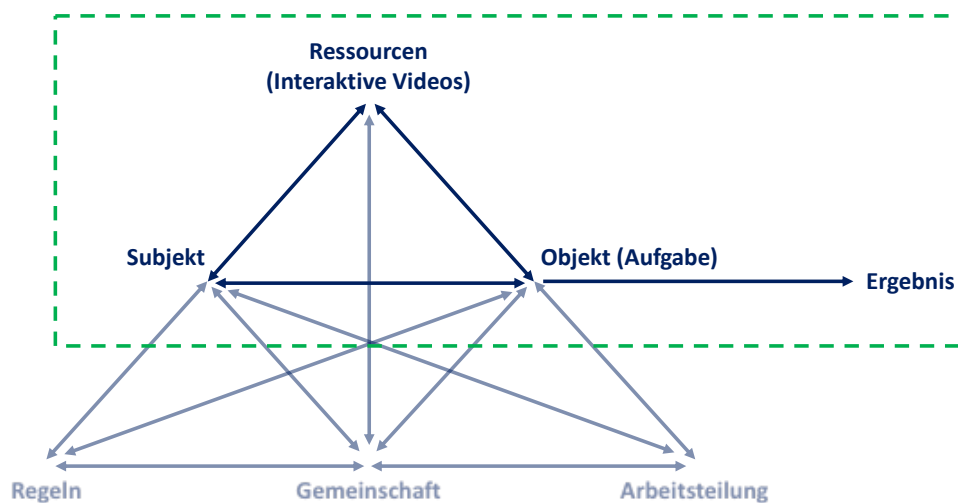


Abbildung 1: Systemisches Modell des aktiven Lernens (nach Greeno & Engeström, 2014, S. 131)

Demzufolge können Aktivitätssysteme nach Angabe von Greeno und Engeström (2014) so gross sein wie ein Klassenzimmer mit Lernenden und Lehrenden oder so klein wie eine einzelne Person, die beispielsweise mit einem Text oder einem Computerprogramm interagiert.

Da der Schwerpunkt der lernwissenschaftlichen Forschung oft darauf gelegt wird, wie Menschen durch Aktivitäten in diesen Systemen lernen, bezeichnen Greeno und Engeström (2014) diese übergeordneten Lernsysteme als Aktivitätssysteme.

Folglich konzentriert sich die Forschung zu Aktivitätssystemen laut Greeno und Engeström (2014) auf die Art und Weise, wie die einzelnen Systemkomponenten zum einen agieren und zum anderen

miteinander interagieren. Greeno und Engeström (2014) behaupten, dass insbesondere das konzeptuelle Lernen anhand der Interaktion zwischen den unterschiedlichen Systemkomponenten erklärt werden kann.

Das konzeptuelle Verständnis wird disziplinübergreifend zum einen in der Bildung sowie der Arbeitswelt (Krauthwohl, 2002) und zum anderen in der Forschung (Wittrock, 1992) als ein hochgeschätztes Bildungsziel gesehen. Wittrocks (1992) *Modell des generativen Lernens* postuliert, dass das konzeptuelle Verständnis vielmehr auf der aktiven Erzeugung von Bedeutung statt auf der Speicherung von Fakten basiert. Dies geschieht, indem Beziehungen sowohl zwischen Konzepten als auch zwischen früheren Lernerfahrungen bzw. Vorwissen und neuen Informationen erzeugt werden. Folglich setzt die Förderung des konzeptuellen Verständnisses laut Wittrock (1992) den Prozess voraus, Lernende dazu zu bringen, diese beiden Arten von Beziehungen aufzubauen.

Für die vorliegende Studie sind die beiden Modelle insofern von entscheidender Bedeutung, als das Lernen mit interaktiven Videos an der Kantonsschule Wetzikon aus systemischer Perspektive (Greeno & Engeström, 2014) untersucht wird. Zudem werden mit Wittrocks (1992) *Modell des generativen Lernens* unterschiedliche Auswirkungen von bestimmten Lernaktivitäten (vgl. Kapitel 2.2), die durch verschiedene interaktive Videofunktionen unterstützt werden, auf das konzeptuelle Verständnis erklärt.

Basierend auf den von Greeno und Engeström (2014) definierten zentralen Systemkomponenten, gliedern sich die weiteren theoretischen Ausführungen in die Kapitel *Ressourcen-Perspektive* (Kapitel 2.1), *Aufgaben-Perspektive* (Kapitel 2.2), *Subjekt-Perspektive* (Kapitel 2.3) und *Ergebnis-Perspektive* (Kapitel 2.4).

## 2.1 Ressourcen-Perspektive: Interaktive Videos und Lernen

In Anlehnung an Greeno und Engeström (2014) umfasst die Ressourcen-Perspektive die von Lernenden verwendeten Technologien und Materialien, um ein Lernobjekt in Richtung des gewünschten Ergebnisses zu transformieren. In der vorliegenden Studie entspricht diese Systemkomponente den interaktiven Videos zum Lernen von Physikthemen auf Ebene der Sekundarstufe II.

Laut Cattaneo, van der Meij, Aprea, Sauli und Zahn (2019) bestehen interaktive Videos aus einem sogenannten Rohvideo und Interaktionsfunktionen (z. B. Quiz), wobei deren Bereitstellung in zwei Phasen erfolgt: In der *Vorbereitungsphase* wird entweder ein bestehendes Rohvideo identifiziert und modifiziert oder ein eigenes Rohvideo erstellt. In der anschließenden Produktionsphase wird das Rohvideo interaktiv gemacht, indem es in ein interaktives Videotool (z. B. Edpuzzle) eingebettet und mit Interaktionsfunktionen (z. B. Quiz) versehen wird. Damit letztendlich ein interaktives Video den

Anforderungen eines kognitiven Tools und folglich einem effektiven Lehrmittel gerecht wird, müssen Theorien multimedialen Lernens berücksichtigt werden (Cattaneo et al., 2019).

Bereits zur Jahrtausendwende betonte die Forschung zum computergestützten Lernen immer wieder, dass dynamisch-visuelle Medien und komplex-interaktive Medien den Wissenserwerb insofern unterstützen, als deren Gestaltung mit den menschlichen kognitiven Verarbeitungsprozessen übereinstimmt (z. B. Moreno & Mayer, 2000b; Mayer, 2001). Selbst scheinbar unspektakuläre Gestaltungsentscheidungen können laut Zahn, Pea, Hesse und Rosen (2010) das Lernergebnis beeinflussen. Die multimedialen Lerntheorien helfen dabei, „die kognitiven Prozesse bei der Verarbeitung dynamischer, audiovisueller Darstellungen“ (Seidel, 2018, S. 36) zu verstehen, um effektive Lernumgebungen zu gestalten.

Vor dem Hintergrund, dass für die vorliegende Studie von Interesse ist, inwiefern die Gestaltung der aktuellen interaktiven Videos an der Kantonsschule Wetzikon lernpsychologischen Anforderungen gerecht wird und ob eine evidenzbasierte Gestaltung im Vergleich zum Status Quo einen Einfluss auf das Lernergebnis hat, setzt in erster Linie ein Verständnis für die Verarbeitungsprozesse beim Lernen mit Multimedia voraus. Daher werden im Anschluss die *Cognitive Load Theory* und die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* umfassend beschrieben, bevor auf die interaktiven Videofunktionen eingegangen wird.

### 2.1.1 Theorien multimedialen Lernens

#### Cognitive Load Theory

Unter Berücksichtigung des *Arbeitsgedächtnismodells* von Baddeley (1992) basiert Swellers (1999) *Cognitive Load Theory* auf der Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis über eine begrenzte Verarbeitungskapazität und das Langzeitgedächtnis über eine unbegrenzte Kapazität verfügen (van Merriënboer & Sweller, 2010). Das Langzeitgedächtnis enthält Schemata<sup>7</sup>, die in ihrem Komplexitäts- und Automatisierungsgrad variieren. Mit anderen Worten: die menschliche Expertise stammt ausschliesslich aus dem gespeicherten Wissen in Form von automatisierten Schemata im Langzeitgedächtnis und folglich wird Lernen als die Konstruktion und Automatisierung solcher Schemata verstanden (van Merriënboer & Sweller, 2010). Beim Lernen müssen also neue Informationen im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden, um Schemata im Langzeitgedächtnis konstruieren zu können. Liegt eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses vor, wird dadurch der Informationstransfer zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis beeinträchtigt. Demzufolge postuliert die *Cognitive Load Theory*, dass Lernen mit kognitiver Belastung einhergeht (van Merriënboer & Sweller, 2010) und unterscheidet dabei zwischen drei Belastungstypen:

---

<sup>7</sup> **Schemata** sind mentale Wissensstrukturen, die es ermöglichen, mehrere einzelne Informationselemente als ein einziges Element zu behandeln (Plass, Moreno & Brünken, 2010)

**Intrinsic Cognitive Load:** Die intrinsische bzw. lernthemenbezogene kognitive Belastung ist dem Lernmaterial inhärent und kann deshalb weder durch die Art der Wissensvermittlung noch durch den Akt des Lernens selbst beeinflusst werden. Die Belastung hängt dabei einerseits von der Anzahl an Informationselementen ab, die gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden müssen und andererseits von der Elementinteraktivität (van Merriënboer & Sweller, 2010). Zum Beispiel können beim Sprachenlernen Vokabeln isoliert voneinander gelernt werden (Low-Element Interactivity), während beim Grammatiklernen viele Elemente (Syntax, Tempus und Verb-Endung) simultan berücksichtigt werden müssen (High-Element Interactivity). Demzufolge führen Aufgaben mit einer hohen Elementinteraktivität zu einer hohen kognitiven Belastung, wobei die Belastungshöhe jeweils von der Expertise der Lernenden abhängig ist (van Merriënboer & Sweller, 2010).

**Extraneous Cognitive Load:** Die extrinsische bzw. lernumgebungsbezogene Belastung resultiert aus der Gestaltung des Lernmaterials und kann demzufolge durch die Instruktionsdesigner (z. B. Lehrende) kontrolliert werden (Chandler & Sweller, 1991). Laut Ginns (2006) werden bei hoher extrinsischer Belastung Verarbeitungsressourcen für die intrinsische und lernprozessbezogene Belastung (Germane Cognitive Load) reduziert. Folglich sollte die extrinsische Belastung vor allem bei hoher intrinsischer und/oder lernprozessbezogener Belastung reduziert werden, indem das Lernmaterial adäquat gestaltet wird (vgl. Gestaltungsprinzipien unten).

**Germane Cognitive Load:** Die sogenannte lernprozessbezogene Belastung ist die Verarbeitung, Konstruktion und Automatisierung von Schemata (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Das heisst, diese Belastung bezieht sich auf die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses, die zur Bewältigung der intrinsischen Belastung verwendet werden und folglich zum Lernen führen (van Merriënboer & Sweller, 2010). Daher wird eine hohe lernprozessbezogene Belastung als vorteilhaft angesehen (Cierniak, Scheiter & Gerjets, 2009).

Die *Cognitive Load Theory* geht davon aus, dass die intrinsische und extrinsische Belastung additiv sind (van Merriënboer & Sweller, 2010). Das bedeutet, dass vor allem bei komplexen Aufgaben (High-Element Interactivity) die Summe aus intrinsischer und extrinsischer Belastung die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses leicht übersteigen und zu einer kognitiven Überlastung führen kann. Je mehr die extrinsische Belastung reduziert wird, desto mehr Arbeitsgedächtnisressourcen können für die intrinsische Belastung aufgewendet werden und desto leichter wird es, eine entsprechende lernprozessbezogene Belastung (Germane Cognitive Load) zu induzieren (van Merriënboer & Sweller, 2010).

Obwohl die drei Belastungstypen gut voneinander unterscheidbar sind, gilt deren Messung nach wie vor als eine Herausforderung der *Cognitive Load Theory* (Gerjets, Scheiter & Cierniak, 2009). Laut Stebner (2012) werden trotzdem vermehrt Masse entwickelt, die darauf abzielen, die drei

Belastungstypen zu erfassen. Gleichzeitig betont Stebner (2012), dass bislang eine allgemeingültige Definition der Messfaktoren ausfällt und deshalb vorwiegend die messbaren Konstrukte *mentale Anstrengung* sowie *Lernerfolg* im Fokus stehen. Unter mentaler Anstrengung wird die kognitive Kapazität beim Lernen verstanden, die zur Anforderungsbewältigung der Lernaufgabe benötigt wird (Stebner, 2012). Zum Beispiel haben Paas und van Merriënboer (1993) basierend auf der mentalen Anstrengung und dem Lernerfolg ein Effizienzmass ( $E$ ) bestimmt, das die Lerneffizienz quantifiziert:

$$E = \frac{z(\text{Lernerfolg}) - z(\text{Mentale Anstrengung})}{\sqrt{2}}$$

Laut Paas und van Merriënboer (1993) handelt es sich einerseits um effizientes Lernen, wenn der Lernerfolg höher ausfällt, als aufgrund der investierten mentalen Anstrengung zu erwarten wäre und andererseits, wenn die investierte mentale Anstrengung geringer ist, als unter Berücksichtigung des erreichten Lernerfolgs zu erwarten wäre. Vor diesem Hintergrund wird bei hohem Lernerfolg sowie geringer mentaler Anstrengung von hoher Instruktionseffizienz und bei niedrigem Lernerfolg sowie hoher mentaler Anstrengung von niedriger Instruktionseffizienz gesprochen (Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003).

### Cognitive Theory of Multimedia Learning

Die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* von Mayer (2001; 2005; 2009) berücksichtigt neben Baddeleys (1992) *Arbeitsgedächtnismodell* ausserdem die *Dual Coding Theory* (Paivio, 1986) und basiert auf drei grundlegenden Annahmen: (1) Das menschliche Informationsverarbeitungssystem besteht aus einem auditiven und einem visuellen Kanal, wobei (2) die Verarbeitungskapazität beider Kanäle begrenzt ist. (3) Aktives Lernen verlangt eine substantielle kognitive Verarbeitung im jeweiligen Kanal (Mayer, 2005).

Das Modell in *Abbildung 2* veranschaulicht, wie nach Mayer (2005) mit Multimedia gelernt wird. Darin wird das erwähnte Zweikanalprinzip durch zwei Zeilen dargestellt – eine für die Verarbeitung von Wörtern (oben) und eine für die Verarbeitung von Bildern (unten). Das Prinzip der begrenzten Kapazität wird durch die grosse Spalte *Arbeitsgedächtnis* dargestellt, in welchem der Wissensaufbau stattfindet. Das aktive Verarbeitungsprinzip wird durch die fünf Pfeile *Selektion Worte*, *Selektion Bilder*, *Organisation Worte*, *Organisation Bilder* und *Integration* repräsentiert, was den kognitiven Prozessen für sinnvolles Lernen entspricht (Mayer, 2005).

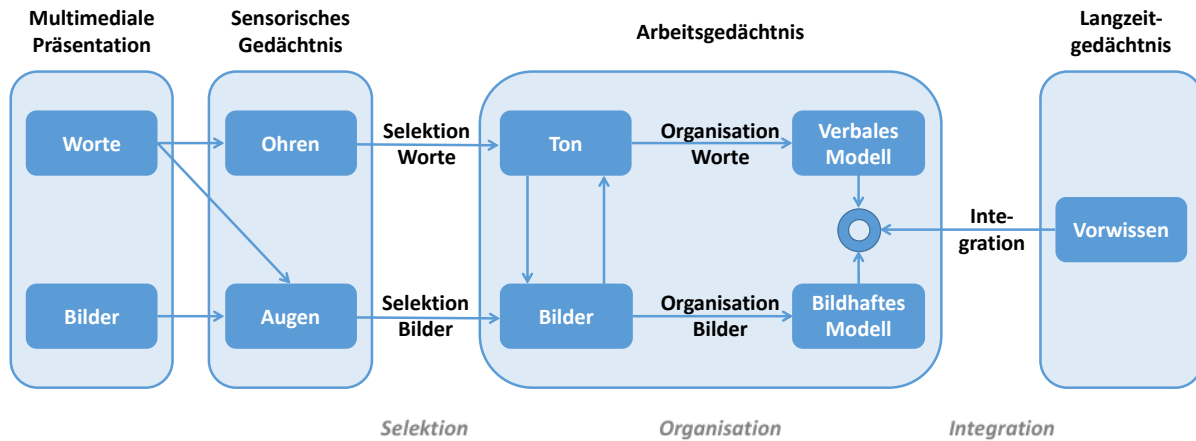


Abbildung 2: Cognitive Theory of Multimedia Learning (nach Mayer, 2005, S. 37)

Des Weiteren geht aus *Abbildung 2* hervor, dass eine multimediale Präsentation (linke Spalte) sowohl Worte (geschrieben oder narrativ) als auch Bilder enthalten kann. Narrative Worte gelangen durch die Ohren, während Bilder und geschriebene Worte durch die Augen in das kognitive Verarbeitungssystem gelangen. Darin wird ein Teil des Materials zur weiteren Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis ausgewählt, wobei im jeweiligen Kanal einige wenige Informationen gleichzeitig gehalten werden können. Im Arbeitsgedächtnis können einige der ausgewählten Bilder gedanklich zu einem bildlichen und einige der ausgewählten Wörter (geschrieben oder narrativ) zu einem verbalen Modell organisiert werden. Schliesslich kann, wie der Integrationspfeil zeigt, das eingehende Material mit dem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis verknüpft werden (Mayer, 2005).

### Gestaltungsprinzipien

Mayer (2009) hat aus der Theorie insgesamt zwölf Gestaltungsprinzipien für multimediale Lernumgebungen abgeleitet, wobei in Anlehnung an Seidel (2018) fünf davon speziell bei der Gestaltung von Videolernumgebungen zu berücksichtigen sind. Mit Bezug zu Swellers (1999) *Cognitive Load Theory* helfen die Gestaltungsprinzipien dabei, den Extraneous Cognitive Load möglichst gering zu halten. Nachstehend werden zuerst drei für die Studie grundlegende Gestaltungsprinzipien beschrieben, bevor auf die fünf abgeleiteten Anforderungen an Videolernumgebungen eingegangen wird:

**Multimediaprinzip:** Der Wissenserwerb wird durch eine Kombination von Text (narrativ oder geschrieben) und Bild besser unterstützt, als wenn ausschliesslich mit Text gelernt wird (Mayer, 2009), da Lernende Assoziationen zwischen beiden Darstellungsformen mit identischem Inhalt bilden (Mayer, 2008).

**Modalitätsprinzip:** Dieses Prinzip besagt, dass eine audiovisuelle Repräsentation (Bild und narrativer Text) des Lerninhalts für den Wissenserwerb förderlicher ist als eine rein visuelle Darstellung (Bild und schriftlicher Text) derselben Information (Mayer, 2009; Sweller, 2005). Dies, da bei letzterem der

visuelle Kanal überlastet ist und gleichzeitig der auditive Kanal über freie Verarbeitungskapazität verfügt. Vor allem für komplexe Lerninhalte und rapide Bildabfolgen wird eine Kombination von auditiven und visuellen Informationen nahegelegt (Mayer, 2009).

**Personifizierungsprinzip:** Mayer (2009) verweist darauf, dass eine direkte bzw. persönliche Ansprache der Lernenden (z. B. «Du sollst bzw. Sie sollen mit diesem Video verstehen...») das Lernen im Vergleich zu formellen und unpersönlichen Ansprachen besser unterstützen (Moreno & Mayer, 2004). Dies wird damit begründet, dass durch die persönliche Ansprache ein sozialer Bezug zur Erzählerin bzw. zum Erzähler entwickelt wird, was eine motivationale Wirkung hat und folglich zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Inhalt führt (Mayer, 2008).

**Segmentierungsprinzip:** Wenn Präsentationen multimedialer Informationen sequentiell segmentiert und individuell steuerbar sind, begünstigt dies im Vergleich zu kontinuierlichen traditionellen Präsentationen das Lernen (Mayer, Dow & Mayer, 2003). Für Lernvideos bedeutet dies, komplexe Grafiken oder mathematische Formeln Schritt für Schritt einzublenden (Seidel, 2018).

**Signalisierungsprinzip:** Multimediale Präsentationen, in denen essentielle Informationen hervorgehoben werden, unterstützen den Wissenserwerb einerseits und reduzieren zeitgleich die Verarbeitung unwichtiger Inhalte (Mayer, 2001). Laut Mayer (2008) ist die Berücksichtigung dieses Prinzips vor allem bei komplexen Inhalten hilfreich, da die Aufmerksamkeit auf die zentralen Elemente gelenkt und folglich Beziehungen zwischen diesen erzeugt werden.

**Redundanzprinzip:** Eine multimediale Präsentation bestehend aus Bild und gesprochenem Text ist lernförderlicher als die redundante simultane Darstellung derselben Informationen durch Bild, geschriebenen und gesprochenen Text (Moreno & Mayer, 2002). Bei Letzterem wird laut Mayer (2008) der visuelle Kanal doppelt belastet (Bild und geschriebener Text) und gleichzeitig findet im auditiven Kanal ein Abgleich zwischen geschriebenem und gesprochenem Text statt, was zu einer kognitiven Mehrbelastung führt. Allerdings kann laut Mayer (2009) in bestimmten Fällen von diesem Prinzip abgesehen werden, beispielsweise wenn unbekannte Fachbegriffe erscheinen oder die Informationspräsentation durch die Lernenden gesteuert werden kann.

**Räumliches Kontiguitätsprinzip:** Dieses Prinzip besagt, dass korrespondierende Text- und Bildinformationen nah beieinander zu präsentieren sind (Moreno & Mayer, 1999). Ansonsten wird unnötige Kapazität beansprucht, da der Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus zwischen den verteilten Informationen jeweils eine kurzfristige Speicherung dieser voraussetzt, bevor sie miteinander verknüpft werden können (Mayer, 2008).

**Zeitliches Kontiguitätsprinzip:** In Anlehnung an Mayer (2009) ist die zeitlich synchronisierte Präsentation von bildlichen und gesprochenen Informationen lernförderlicher als bei einer asynchronen Präsentation derselben, da dadurch die Bildung mentaler Verknüpfungen zwischen

bildhaften und auditiven Informationen begünstigt wird. Dieses Prinzip sollte zum Beispiel bei Präsentationsfolien, die zeitgleich zur Audioaufnahme einer Sprecherin oder eines Sprechers ablaufen, angewendet werden (Mayer, 2009).

Ausserdem hat die Studie von Moreno und Mayer (2000a) gezeigt, dass akustische Zusätze (Musik und Sounds) beim multimedialen Lernen zu einer Überlastung des auditiven Kanals führen können.

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** *Angesichts der Tatsache, dass physikalische Konzepte einen hohen Intrinsic Cognitive Load innehaben, ist es bei der Gestaltung der interaktiven Videos an der Kantonsschule Wetzikon von hoher Relevanz, den Extraneous Cognitive Load unter Berücksichtigung von Mayers (2009) Gestaltungsprinzipien möglichst gering zu halten, damit ein lernförderlicher Germane Cognitive Load unterstützt werden kann.*

### 2.1.2 Interaktive Videofunktionen

Cattaneo et al. (2019) unterscheiden bei den interaktiven Videofunktionen zwischen *Steuerungsfunktionen, Quiz-, Annotations- und Hyperlinkfunktion*. In Anbetracht der Tatsache, dass weder an der Kantonsschule Wetzikon noch in der vorliegenden Studie Hyperlinks verwendet wurden, wird auf eine Beschreibung dieser verzichtet (für einen Überblick vgl. Cattaneo et al., 2019).

#### Steuerungsfunktionen

Laut Cattaneo et al. (2019) gibt es mindestens zwei Faktoren, die es Lernenden erschweren können, mit dem laufenden Informationsfluss in einem Video Schritt zu halten: „complexity and transience“ (S. 2). Deshalb sollen Videos über Steuerungsfunktionen in Form eines Schieberreglers oder einer klassischen Symbolleiste mit einer Wiedergabe-, Pausen- und Rückspul- bzw. Vorlaufaste verfügen (Cattaneo et al., 2019). Diese Steuerungsfunktionen ermöglichen es den Lernenden, basierend auf ihren individuellen Bedürfnissen sowie Kapazitäten mit dem Video zu interagieren und somit mit dem Risiko einer kognitiven Überlastung umzugehen. Darüber hinaus hilft eine integrierte Indexierung (z. B. Inhaltsverzeichnis), die Videostruktur besser zu verstehen und verhilft folglich zu einer optimaleren Navigation durch das Video (Cattaneo et al., 2019). Es zeigte sich beispielsweise, dass die aktive Nutzung von Steuerungsfunktionen signifikant mit dem faktischen Wissenserwerb in Biologie korreliert (Zahn et al., 2004). Ausserdem konnten Schwan und Riempp (2004) in ihrer Studie nachweisen, dass Lernende, die Steuerungsfunktionen nutzten, beim Erlernen von Seemannsknoten effizienter waren, als Lernende, die mit nicht interaktiven Videos lernten. Daraus resultiert, dass Steuerungsfunktionen in Videos epistemische Aktivitäten zur selbstregulierten kognitiven Verarbeitung von Informationen unterstützen (Merkt, Weigand, Heier & Schwan, 2011; Schwan & Riempp, 2004).

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** Aus diesen Erläuterungen einerseits und aus den Beschreibungen zu den Gestaltungsprinzipien „Segmentierung“ und „Redundanz“ andererseits ist die individuelle Steuerung der Informationspräsentation von entscheidender Bedeutung für das Lernen mit Videos. Das interaktive Videotool Edpuzzle, das aktuell an der Kantonsschule Wetzikon eingesetzt wird, verfügt über die Steuerungsfunktionen Wiedergabe- und Pausentaste sowie Schieberegler und bietet daher die grundlegende interaktive Videofunktion.

### Quizfunktion

Neben Steuerungsfunktionen zählt laut Cattaneo et al. (2019) die Quizfunktion ebenfalls zu den interaktiven Videofunktionen, die anschliessend genauer erläutert wird.

Der Einsatz von Quiz wird als nützlich empfunden, um den Lernenden Feedback zu geben und die Verbesserung der Unterrichtsmaterialien zu unterstützen (Cummins, Beresford & Rice, 2016). Allerdings werden laut Guo, Kim und Rubin (2014) Quiz in vielen Online-Lernumgebungen erst nach der Videobearbeitung eingesetzt (Post-Video Quiz). Dies führt dazu, dass es je nach Videolänge einige Zeit dauern kann, bis Lernende ein Feedback erhalten (Cummins et al., 2016). Die Unmittelbarkeit des Feedbacks ist jedoch entscheidend für das Lernen (Rowe & Wood, 2008) und hat besonders beim multimedialen Lernen einen positiven Einfluss auf die Motivation der Lernenden (Corbalan, Kester & van Merriënboer, 2009). Daher ist es nicht der effektivste Ansatz, bis zum Ende eines Videos mit dem Einsatz von Quiz zu warten, da es besonders problematisch sein kann, wenn das Video mehrere Konzepte vorstellt, die aufeinander aufbauen (Cummins et al., 2016).

Eine Lösung für die beschriebene Problematik bezüglich verzögerten Feedbacks bietet die sogenannte *In-Video Quizfunktion*, die zu einer am häufigsten eingesetzten interaktiven Videofunktion zählt (Baker, 2016; Davis, Hauff & Houben, 2018). Anstatt zuerst das ganze Video anzusehen und erst im Anschluss Fragen zu beantworten, können die Quiz (z. B. Single Choice, Mehrfachauswahl, richtig/falsch, offene Fragen) direkt an beliebiger Stelle in das Video eingebettet und sofortiges Feedback, ausser bei offenen Fragen, gegeben werden (Baker, 2016; Cattaneo et al., 2019).

Diverse Studien konnten aufzeigen, dass In-Video Quiz das Engagement (Baker, 2016; Cummins et al., 2016; Kovacs, 2016) und die Motivation (Merkt et al., 2011) von Lernenden erhöhen. Kovacs (2016) untersuchte beispielsweise das Engagement von Lernenden bei In-Video Quiz in MOOC-Lernveranstaltungen anhand von Clickstream-Ereignissen und konnte aufzeigen, dass es Spitzenwerte bezüglich Suchaktivität in Zusammenhang mit In-Video Quiz gibt. Das heisst, die Lernenden suchten bei der Erscheinung eines In-Video Quiz am häufigsten rückwärts im Video und beantworteten die Quizfragen grösstenteils beim ersten Versuch richtig. Darüber hinaus haben Szpunar, Jing und Schacter (2014) herausgefunden, dass Lernende mehr Notizen schreiben, wenn In-Video Quiz

vorhanden sind. Ausserdem sind Delen, Liew und Wilson (2014) zum Schluss gekommen, dass In-Video Quiz die Selbstregulation<sup>8</sup> beim Schauen von Lernvideos unterstützen.

Demgegenüber haben Shelton, Warren und Archambault (2016) sowie Rice et al. (2019) in ihren Studien herausgefunden, dass In-Video Quiz für einige Lernende eine ablenkende Wirkung haben können, was zu einer Interessensabnahme oder gar zum Verpassen der Hauptbotschaft im Video führen kann. Rice et al. (2019) beziehen sich hierfür auf Mayers (2009) *Cognitive Theory of Multimedia Learning* und argumentieren, dass In-Video Quiz eine Ablenkung vom Lernziel darstellen, wenn keine Verlinkung zwischen beiden besteht, was schliesslich zu einer kognitiven Überlastung führt. Des Weiteren berichteten einige Lernende, dass In-Video Quiz Unsicherheit hervorrufen und dadurch den Lernfortschritt beeinträchtigen (Shelton et al., 2016; Rice et al., 2019). Nichtsdestotrotz betonen Rice et al. (2019), dass die Vorteile von In-Video Quiz überwiegen und daher versucht werden soll, die Nachteile anzugehen, anstatt auf sie zu verzichten. Konkret empfehlen Rice et al. (2019), dass eine potentielle Ablenkung von In-Video Quiz bestmöglich minimiert werden kann, indem den Prinzipien des multimedialen Lernens (Mayer, 2009) gefolgt und sichergestellt wird, dass Quizfragen eine Fortsetzung und keine Erweiterung des Videoinhalts darstellen. Mit anderen Worten sollten die Quiz jeweils an jener Stelle erscheinen, an der jeweils auch der Lerninhalt behandelt wird, um die interaktive Diskussion zwischen Lehrenden und Lernenden zu simulieren (Cummins et al., 2016). Obwohl In-Video Quiz bereits mehrfach erforscht wurden, fehlt bisher ein systematisch experimenteller Vergleich zwischen Post- und In-Video Quiz (Cummins et al., 2016).

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** *Aufgrund der Tatsachen, dass es einerseits kontroverse Befunde bezüglich In-Video Quiz gibt sowie bis dato noch kein systematischer Vergleich zwischen Post- und In-Video Quiz erfolgte und andererseits an der Kantonsschule Wetzikon gegenwärtig In-Video Quiz genutzt werden, soll mit der vorliegenden Studie unter anderem untersucht werden, inwiefern die Positionierung von Quiz einen Einfluss auf das Lernergebnis haben.*

### Annotationsfunktion

Neben den Steuerungsfunktionen und In-Video Quiz zählt die Annotationsfunktion ebenfalls zu den interaktiven Videofunktionen (Cattaneo et al., 2019).

Der Begriff *Annotation* bezieht sich auf das Hinzufügen von Notizen, Kommentaren und Erklärungen zu einem Dokument, Diagramm, Bild oder Video (Rich & Hannafin, 2009). In Bezug auf Lernvideos heisst das, dass Lernende mittels Annotationsfunktion ihre eigenen Inhalte aktiv einbringen und somit das Video in eine bereicherte Informationsstruktur transformieren können (Yousef, Chiatti, Danoyan, Thüs

---

<sup>8</sup> **Selbstregulation** bedeutet, dass sich Lernende vor dem Lernen ein bestimmtes Ziel setzen (z. B. den Videoinhalt gut verstehen) und anschliessend das Vorgehen (z. B. Notizen schreiben) für die Zielerreichung planen (Keller, Ogrin, Ruppert & Schmitz, 2013).

& Schroeder, 2015), ohne dass dabei der ursprüngliche Videoinhalt modifiziert wird (Khurana & Chandak, 2013).

Eine durchgeführte Studie im Schweizerischen Berufsbildungssystem, in der unter anderem der Einsatz der Annotationsfunktion untersucht wurde, zeigt, dass sowohl Lehrende als auch Lernende die Funktion als nützlich und effektiv wahrnehmen (Cattaneo, Ngyuen, Sauli & Aprea, 2015). Des Weiteren konnte in qualitativen Einzelfallanalysen nachgewiesen werden, dass das Schreiben von Annotationen in Videos die Herstellung von Beziehungen zwischen Vorwissen und neuen Informationen fördert (Zahn et al., 2010; Zahn, Krauskopf, Hesse & Pea, 2012) oder anders formuliert: die Annotationsfunktion kann von den Lernenden für generative Aktivitäten genutzt werden und fördert folglich das konzeptuelle Verständnis (Wittrock, 1992).

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** *Das gegenwärtige an der Kantonsschule Wetzikon genutzte interaktive Videotool Edpuzzle verfügt über keine Annotationsfunktion. Die Lernenden werden allerdings jeweils am Ende der Videobearbeitung dazu aufgefordert, ihre Notizen in das persönliche Lernjournal in OneNote zu schreiben, wodurch das Lernprodukt im Vergleich zum kontinuierlichen Schreiben von Annotationen vom Video losgelöst ist. Inwiefern dies für die vorliegende Studie von Relevanz ist, wird nach dem anschliessenden Zwischenfazit zu den interaktiven Videofunktionen in Kapitel 2.2 im Einzelnen beschrieben.*

### Zwischenfazit: Interaktiven Videofunktionen

Aus den Erläuterungen in diesem Kapitel geht hervor, dass es unterschiedliche interaktive Videofunktionen gibt, diese bereits vielseitig untersucht wurden und gleichzeitig Forschungslücken bestehen. Ausserdem hat sich gezeigt, dass die verschiedenen Interaktionsfunktionen in Beziehung zueinander stehen. Beispielsweise suchen Lernende beim Erscheinen eines In-Video Quiz rückwärts im Video, was die Verfügbarkeit von Steuerungsfunktionen voraussetzt oder die Lernenden schreiben häufiger Notizen.

Ungeachtet dessen haben weitere Untersuchungen gezeigt, dass das umfangreiche Angebot an Interaktionsfunktionen mit potenzieller Komplexität einhergeht und deshalb die Potenziale der Funktionen zum Teil nicht verstanden werden (Krauskopf, Zahn, Hesse & Pea, 2014). Damit die Interaktionsfunktionen letztendlich effizient genutzt werden können, sollte den Lernenden eine genaue Anleitung (Zahn et al., 2012) und ein Training (Kim, Li, Cai, Gajos & Miller, 2014) angeboten werden. Dies steht im Einklang mit früheren Debatten über Einflüsse von Medien und Lehrmethoden auf das Lernen (z. B. Clark, 1994; Kozma, 1994), die zeigen, dass Lernen nicht allein durch das Potenzial von Tools erwartet werden kann, sondern als Folge konkreter Lernaktivitäten und eines aktiven, konstruktiven Prozesses stattfindet. Diese Erkenntnis untermauert die Wichtigkeit, dass Lernen laut

Greeno und Engeström (2014) auf systemischer Ebene zu analysieren ist, weshalb im anschliessenden Kapitel genauer auf die Relevanz der Aufgabe beim Lernen eingegangen wird.

## 2.2 Aufgaben-Perspektive: Passung von interaktiven Videofunktionen und generativen Aktivitäten

Laut Greeno und Engeström (2014) hängt Lernen zentral von sinnvollen Aufgaben ab, die eine Reihe von Aktivitäten zur Förderung des Lernziels umfassen sollen.

Einerseits wurde im vorherigen *Kapitel 2.1* angedeutet, dass die Annotationsfunktion generative Aktivitäten unterstützt und andererseits wurde bereits in der Einleitung darauf verwiesen, dass sich die Forschung im SNF-Projekt unter anderem auf das *Modell des generativen Lernens* (Wittrock, 1992) stützt. Dieses Modell liefert der Lernwissenschaft eine einflussreiche und pädagogisch relevante Theorie für sinnvolles Lernen (Fiorella & Mayer, 2016). Beim generativen Lernen geht es darum, die zu lernenden Informationen aktiv zu verinnerlichen, indem diese mental neu organisiert und ins Vorwissen integriert werden, sodass das Gelernte auf neue Situationen anwendbar wird (Fiorella & Mayer, 2016). Generatives Lernen hängt laut Fiorella und Mayer (2016) nicht ausschliesslich von der Art der Informationspräsentation ab, sondern auch wie Lernende versuchen, diese zu verstehen. Eine generative Lernaktivität ist zum Beispiel das *Zusammenfassen des Lerninhalts* (Fiorella & Mayer, 2016). Unter Zusammenfassen ist zu verstehen, die Hauptbotschaft eines Lerninhalts in eigenen Worten kurz und prägnant zu formulieren. Das heisst, eine effektive Zusammenfassung geht über das wortgetreue Kopieren von Wörtern oder Sätzen hinaus und beinhaltet vielmehr die eigenen Interpretationen der wichtigsten Lerninhalte basierend auf dem individuellen Vorwissen (Fiorella & Mayer, 2016).

Doctorow, Wittrock und Marks (1978) konnten bereits vor 40 Jahren mit ihrer Studie aufzeigen, dass das Leseverständnis und der Wiedererkennungswert bei Lernenden, die einerseits Absatzüberschriften einfügten und andererseits aufgefordert wurden, selber Sätze zu den jeweiligen Textabsätzen zu formulieren, doppelt so hoch ausfiel, wie wenn der Text nur gelesen wurde. Die Metaanalyse von Bangert-Drowns, Hurley und Wilkinson (2004) zu „48 school-based writing-to-learn programs“ zeigte ebenfalls, dass das Verständnis von komplexen Beziehungen und letztendlich die Wissensgenerierung durch das Schreiben von Zusammenfassungen unterstützt wird. Eine aktuellere Studie von Pilegard und Fiorella (2016) konnte ausserdem belegen, dass generative Aktivitäten die Selbstregulation von Lernenden fördern.

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** Wie sich zeigt, wurde der Effekt von generativen Aktivitäten auf das Lernen bisher zwar in diversen Studien untersucht, jedoch nicht in Bezug auf das Schreiben von Annotationen in Videos. Vielmehr wurden die Lernenden gebeten, ihre Zusammenfassung auf Papier oder in einem Schreibprogramm zu verfassen. Diese Form generativer Aktivität deckt sich mit der

aktuellen Situation an der Kantonsschule Wetzikon, an der die Lernenden ihre Notizen ins Lernjournal schreiben. Das heisst, dass sich die generative Lernaktivität an der Kantonsschule Wetzikon im Vergleich zum Schreiben von Annotationen in Videos einerseits in Bezug auf das Medium (Video vs. OneNote) und andererseits des Zeitpunkts (während vs. nach Videobearbeitung) unterscheidet. Für die vorliegende Studie ist von Interesse, inwiefern der Zeitpunkt, an dem die Lernenden der Kantonsschule Wetzikon zu generativen Lernaktivitäten bzw. zum Schreiben von Annotationen in Videos aufgefordert werden, einen Einfluss auf das Lernergebnis hat.

Unabhängig davon, ob interaktive Videofunktionen zur Unterstützung generativer Aktivitäten genutzt werden können und die Nutzung dieser von den Lernenden verstanden wird, hängt das Lernergebnis letztendlich immer von lernrelevanten Merkmalen der Lernenden ab, auf welche im anschliessenden Kapitel genauer eingegangen wird.

### 2.3 Subjekt-Perspektive: Vorwissen, Interesse und Lernstrategien

Bei der Subjekt-Perspektive handelt es sich laut Greeno und Engeström (2014) um einzelne Lernende oder Gruppen von Lernenden, wobei für die vorliegende Studie das selbständige Lernen im Fokus steht. Folglich wird in diesem Kapitel auf Persönlichkeitsmerkmale von Lernenden eingegangen, die einen Einfluss auf das Lernergebnis haben.

Die Wirksamkeit einer bestimmten Lernbedingung kann durch bestimmte Merkmalsvariablen der Lernenden abgeschwächt werden (Leutner & Rammsayer, 1995). Blömeke (2003) spricht dabei von der sogenannten „Aptitude-Treatment-Interaction“ und unterscheidet konkret zwischen *Vorwissen*, *Interesse* und *Lernstrategien* von Lernenden, die das Lernergebnis beeinflussen:

**Vorwissen:** Aus den bisherigen theoretischen Erläuterungen geht hervor, dass Vorwissen eine entscheidende Rolle beim Lernen mit Multimedia spielt. So entsteht konzeptuelles Verständnis laut Wittrocks (1992) *Modell des generativen Lernens*, indem zu lernende Informationen unter anderem in Beziehung zu früheren Lernerfahrungen gesetzt werden. Swellers (1999) *Cognitive Load Theory* postuliert ebenso, dass neue Informationen mit bestehenden Schemata im Langzeitgedächtnis abgeglichen werden, während Mayers (2001; 2005; 2009) *Cognitive Theory of Multimedia Learning* von einer Verknüpfung zwischen eingehenden Informationen und Vorwissen spricht.

**Thematisches Interesse:** In Anlehnung an Tobias (1994) bezieht sich das thematische Interesse auf relativ stabile Präferenzen für diverse Themen, Aufgaben oder Kontexte. Die Begriffe *Interesse* und *intrinsische Motivation* können laut Deci und Ryan (1991) als Synonyme betrachtet werden, da intrinsisch motivierte Verhaltensweisen aus dem eigenen Interesse heraus resultieren. Die Bedeutung von Interesse im Bereich der Bildung wurde schon vor Jahrhunderten von grossen Gelehrten wie zum Beispiel Johann Amos Comenius (1592–1670) und Jean Jacques Rousseau (1712–1778) akzentuiert (Krapp & Prenzel, 2011). Aus der jahrelangen und umfangreichen Forschung zum Einfluss des

Interesses auf das Lernen kann festgehalten werden, dass thematisches Interesse positiv mit Anstrengungs- und Lernbereitschaft (Müller, 2006), elaborativen Lernstrategien und der Menge an Notizen (Schiefele & Krapp, 1991) korreliert.

**Lernstrategien:** Lernstrategien beim multimedialen Lernen, wie zum Beispiel die Häufigkeit des Informationsaufrufs, können einen kompensierenden Effekt herbeiführen und suboptimalere Lernbedingungen ausgleichen (Blömeke, 2003). Wenn beispielsweise bei einem Vergleich von unterschiedlich optimalen multimedialen Lernbedingungen auf den Lernerfolg kein signifikanter Unterschied resultiert, kann dies auf der Anwendung von kompensierenden Lernstrategien seitens Lernenden beruhen (Blömeke, 2003). Demzufolge kann bei den fehlenden signifikanten Unterschieden aus den Wissenstests nicht konkludiert werden, dass das Treatment unwirksam war (Blömeke, 2003).

**Erkenntnisse für die vorliegende Studie:** *Die Erfassung der Einflussfaktoren Vorwissen, thematisches Interesse und Lernstrategien ist für die vorliegende Studie von Relevanz, weil nur so kann eine Kausalinterpretation des Einflusses unterschiedlicher Treatments respektive Gestaltungen von interaktiven Videos erfolgen.*

Im anschließenden Kapitel wird auf das gewünschte Lernergebnis eingegangen, welches aus dem Zusammenwirken der drei Hauptsystemkomponenten von Aktivitätssystemen (Greeno & Engeström, 2014) resultieren soll.

## 2.4 Ergebnis-Perspektive: konzeptuelles Verständnis, Lernprodukt und Interesse

In Anlehnung an Kerres (2001) soll als Ergebnis didaktischer Aktivitäten letztlich Lernerfolg resultieren. An dieser Stelle stellt sich die Frage, was genau unter dem Konstrukt *Lernerfolg* zu verstehen ist.

Im Bereich der Bildung als auch in Evaluationsstudien wird Lernerfolg häufig auf die Reproduktion des Gelernten (z. B. Fakten und Ereignisse) beschränkt, indem dieser ausschliesslich mittels Wissenstests gemessen wird (Kerres, 2001). Dies greift laut Kerres (2001) allerdings eindeutig zu kurz, mit der Begründung, dass dabei einerseits die Persönlichkeit und andererseits die Denkschemata von Lernenden unberücksichtigt bleiben. Kerres (2001) betont, dass der Lernerfolg vielmehr das Ergebnis von didaktischen Aktivitäten ist und folglich neben der Merkfähigkeit des Gelernten ebenfalls zu berücksichtigen ist, „inwieweit es gelingt, die angestrebten kognitiven und emotionalen Lernprozesse anzuregen“ (S. 147). Konkret verweist Kerres (2001) für die Spezifikation des Konstrukts *Lernerfolg* im Bereich des mediengestützten Lernens beispielsweise auf folgende Kriterien: (1) objektiver Lernerfolg zu unterschiedlichen Zeitpunkten, (2) subjektive Zufriedenheit mit dem Lernergebnis bzw. subjektiver Lernfortschritt, (3) Lernmotivation bzw. Interesse und (4) erlebte Qualität des Lernangebots (z. B. didaktische Qualität der Informationsaufbereitung).

An der Kantonsschule Wetzikon wird im Lernergebnis ebenfalls mehr als nur die Reproduktion von Fakten gesehen, wie aus den formulierten Richtzielen für das Fach *Physik* hervorgeht. Darin hat das Verstehen von Zusammenhängen zwischen physikalischen Konzepten einerseits und zu anderen Fächern andererseits einen hohen Stellenwert (konzeptuelles Verständnis). Ausserdem sollen Lernende physikalische Zusammenhänge sprachlich und mathematisch formulieren sowie einen Sachverhalt auf die wesentlichen Faktoren reduzieren können (Lernprodukt). Ebenfalls wird darin das Aufbringen von Interesse, Freude und Verständnis für Natur und Technik grossgeschrieben (Kantonsschule Wetzikon, 2019).

Basierend auf dem Verständnis bezüglich Lernergebnis an der Kantonsschule Wetzikon einerseits und vor dem theoretischen Hintergrund andererseits wird in der vorliegenden Studie ein gezielter Messansatz verwendet, der auf der Bewertung des **konzeptuellen Verständnisses**, der **Lernproduktqualität** (Annotationen) sowie des **Interesses fürs Thema** als Indikatoren für erfolgreiches Lernen aufbaut.

Obwohl Einigkeit darin herrscht, dass Lernerfolg mehr als die alleinige Reproduktion des Gelernten beinhaltet, steht der Begriff *Lernerfolg* im weiteren Verlauf der vorliegenden Studie für das konzeptuelle Verständnis, während die Begriffe *Lernproduktqualität* und *Interesse fürs Thema* in ihrer beschriebenen Bedeutung verwendet werden.

## 2.5 Fragestellung und Herleitung der Hypothesen

In Anbetracht des Forschungsinteresses und des theoretischen Hintergrunds wurde nachstehende Fragestellung abgeleitet:

***Inwiefern haben unterschiedliche Positionen von Quizfragen und unterschiedliche Zeitpunkte von Aufforderungen zum Schreiben von Annotationen in interaktiven Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II einen Einfluss auf Lernerfolg, Lernproduktqualität und Interesse?***

Ausgehend von der Fragestellung werden für die vorliegende Studie zugrundeliegende Hypothesen hergeleitet:

**H1:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben, führt dies zu signifikant höherem Lernerfolg. Das Gegenteil ist zu erwarten, wenn entweder nur In-Video Quiz vorhanden sind oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben.

**H2:** Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen präexperimentellem Interesse und kurz- sowie langfristigem Lernerfolg (objektive Messung).

**H3:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben, führt dies zu signifikant höherer Lernproduktqualität. Das Gegenteil ist zu erwarten, wenn entweder nur In-Video Quiz vorhanden sind oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben.

**H4:** Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen Lernproduktqualität und kurz- sowie langfristigem Lernerfolg (objektive Messung).

**H5:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben, führt dies nicht zu signifikant höherem Interessenszuwachs, als wenn entweder nur In-Video Quiz vorhanden sind oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben.

Im anschließenden Kapitel wird das genaue Vorgehen zur Prüfung der hergeleiteten Hypothesen und zur Beantwortung der Fragestellung erläutert.

### 3. Methodik

Wie bereits in der Einleitung beschrieben wurde im Rahmen der vorliegenden Studie ein Feldexperiment durchgeführt.

Feldexperimente finden im Vergleich zu Laborexperimenten in der natürlichen Umgebung der Teilnehmenden statt, weshalb ihnen eine hohe externe Validität zugeschrieben wird (Brosius, Haas & Koschel, 2012). Wolbring und Keuschnigg (2015) „plädieren für das Feldexperiment als vielversprechenden Mittelweg zwischen der Künstlichkeit des Laborexperiments einerseits und der fehlenden Randomisierung in Beobachtungsstudien andererseits“ (S. 219). Neben den genannten Potentialen werfen laut Langston (2011) Feldexperimente jedoch besondere ethische Überlegungen auf. Langston (2011) hebt hervor, dass bei einem Feldexperiment im Vergleich zu einer Beobachtungsstudie in die Situation eingegriffen und damit das Risiko erhöht wird, den Teilnehmenden Schaden zuzufügen. Konkret wird dabei auf den Missstand verwiesen, Teilnehmende einem Risiko auszusetzen, ohne dass sie dieses für sich selbst bewerten können (Langston, 2011). Demzufolge wird die Durchführung eines Feldexperiments lediglich empfohlen, wenn eine Zustimmung seitens Teilnehmender eingeholt werden kann (Langston, 2011).

In Anbetracht dessen wurde sowohl bei der Planung als auch bei der Durchführung der vorliegenden Studie ein besonderes Augenmerk auf die Berücksichtigung von ethischen Aspekten gelegt, welche in diesem Kapitel jeweils an gegebener Stelle beschrieben werden.

#### 3.1 Stichprobe

An der Studie haben insgesamt 78 Lernende aus vier Klassen desselben Jahrgangs (zwei Jahre vor Maturaabschluss) der Kantonsschule Wetzikon freiwillig (Ethik) teilgenommen.

Tabelle 1: Stichprobe<sup>9</sup>

Maturitäts-Profil	<i>n</i>	Geschlecht		Alter in Jahren	
		weiblich	männlich	<i>M</i>	<i>SD</i>
mathematisch-naturwissenschaftlich I	18	9	9	16.50	.79
mathematisch-naturwissenschaftlich II	22	7	15	16.36	.58
wirtschaftlich-rechtlich	20	8	12	16.55	.76
altsprachlich	18	8	10	16.22	.43
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>32</b>	<b>46</b>	<b>16.41</b>	<b>.65</b>

<sup>9</sup> *n* = Anzahl Teilnehmende, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung

Wie aus *Tabelle 1* hervorgeht, unterschieden sich die Klassen bezüglich der Maturitätsprofile, wobei zwei Klassen demselben Profil angehörten (mathematisch-naturwissenschaftlich). Alle vier Klassen wurden seit Beginn des Herbstsemesters von derselben Lehrperson in Physik unterrichtet.

### 3.2 Experimentelles Design

Im Hinblick auf die Hypothesenprüfung wurde für die Studie ein 3x2 Mixed-Design angewendet. Der erste Faktor (between-subject) mit drei Faktorstufen repräsentierte die Art des Treatments, das die Lernenden für die Bearbeitung des Lernvideos erhielten (vgl. Kapitel 3.2.1). Beim zweiten Faktor (within-subject) handelte es sich um den Messzeitpunkt, an dem die Lernenden nach ihrem Wissen zum behandelten Thema im Lernvideo gefragt wurden: Post-Test und Delayed Post-Test nach fünf Wochen. Die primäre abhängige Variable war der kurz- und langfristige Lernerfolg. Weitere abhängige Variablen waren die *Lernproduktqualität* und das *Interesse fürs Thema* sowie die *Motivation* und die *wahrgenommene Kompetenz beim Arbeiten in der Lernumgebung*.

*Abbildung 3* bietet für ein besseres Verständnis einen Überblick der Studiendurchführung, die in den anschliessenden methodischen Unterkapiteln in allen Einzelheiten beschrieben wird.

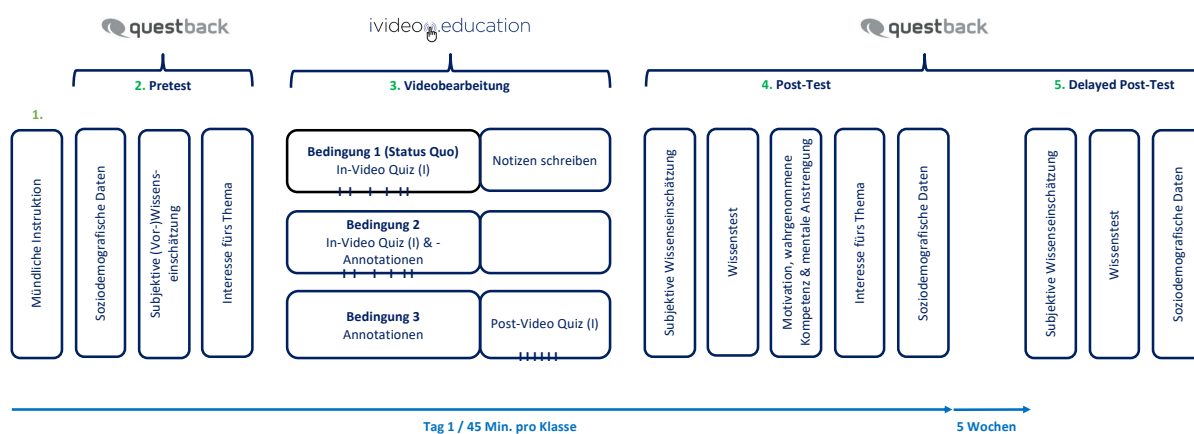


Abbildung 3: Überblick der Studiendurchführung (eigene Darstellung)

#### 3.2.1 Bedingungen

Die drei Bedingungen bzw. Arten von Treatments unterschieden sich ausschliesslich in Bezug auf die Bearbeitung des Lernvideos (vgl. *Abbildung 3*):

**Bedingung 1** ( $n = 28$ ) repräsentierte den Status Quo bezüglich Videobearbeitung an der Kantonsschule Wetzikon. Das heisst, dass einerseits die Quiz (inkl. Feedback) jeweils unmittelbar an jener Stelle im Lernvideo erschienen, an der das Thema zum Frageinhalt behandelt wurde (In-Video Quiz). Andererseits erhielten die Lernenden am Ende des Lernvideos die Aufgabe, alle Notizen in *dieselbe* Annotation zu schreiben, was während des regulären Physikunterrichts im Tool *OneNote* erfolgt. Folglich simulierte das Schreiben aller Notizen in dieselbe Annotation das Zusammenfassen in

OneNote. Obwohl die Notizen erst am Ende des Videos geschrieben wurden, konnte mittels Schieberegler der Lerninhalt erneut angeschaut werden.

In der **Bedingung 2** ( $n = 25$ ) erschienen die Quiz (inkl. Feedback) ebenfalls unmittelbar an der Stelle im Lernvideo, an der das Thema zum Frageninhalt behandelt wurde (In-Video Quiz). Im Vergleich zur *Bedingung 1* erhielten die Lernenden vor Beginn der Lernvideobearbeitung die Aufgabe, *beliebig viele* Annotationen jeweils an die passende Stelle im Video zu schreiben. Die Bedingung entsprach unter Berücksichtigung multimedialer Lerntheorien und empirischer Befunde bezüglich Interaktionsfunktionen einer *optimalen Lernumgebung*.

Die Lernenden in **Bedingung 3** ( $n = 25$ ) erhielten wie bei *Bedingung 2* vor der Lernvideobearbeitung die Aufgabe, *beliebig viele* Annotationen jeweils direkt an die passende Stelle im Video zu schreiben. Im Vergleich zu den *Bedingungen 1* und *2* erschienen in dieser Bedingung alle Quiz (inkl. Feedback) nacheinander am Ende des Lernvideos (Post-Video Quiz). Obwohl die Quiz erst am Ende des Videos beantwortet wurden, konnte mittels Schieberegler der Lerninhalt erneut angeschaut werden. Folglich stellte diese Bedingung eine Kombination der beiden anderen Bedingungen dar.

### 3.2.2 Identifikation und Kontrolle von Störvariablen

Laut Brosius et al. (2012) besteht ein massgeblicher Nachteil von Feldexperimenten darin, dass eine Vielzahl von Störvariablen das Ergebnis beeinflussen kann und folglich eine Kausalinterpretation des Einflusses der unabhängigen Variablen beeinträchtigt wird.

Demzufolge wurden, mit dem Ziel möglichst valide Aussagen über die Wirkung der drei Bedingungen auf die abhängigen Variablen machen zu können, vorab mögliche Störvariablen identifiziert und dazugehörige Kontrollmassnahmen abgeleitet (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Störvariablen und Kontrollmassnahmen

Störvariablen	Massnahmen
<b>Klasseneffekt</b>	Mit Hinblick auf die Tatsache, dass die Datenerhebung pro Klasse erfolgte, hat in jeder der vier Klassen eine randomisierte Zuteilung der Lernenden auf die drei Bedingungen stattgefunden.
<b>Unterschiedliches Vorwissen</b>	Damit ein unterschiedlicher Wissensstand zum behandelten Physikthema vor der Videobearbeitung zwischen den drei Bedingungen ausgeschlossen werden konnte, wurde das Vorwissen erfasst.
<b>Unterschiedliches prä-experimentelles Interesse</b>	Damit ein unterschiedlicher Interessensstand für das zu behandelnde Physikthema vor der Videobearbeitung zwischen den drei Bedingungen ausgeschlossen werden konnte, wurde das präexperimentelle Interesse erfasst.

<b>Unterschiedliche Räumlichkeiten (Setting)</b>	Das Experiment wurde mit allen vier Klassen im selben Klassenzimmer durchgeführt, in welchem auch der reguläre Physikunterricht stattfindet.
<b>Versuchsleitereffekt</b>	Das Experiment wurde jeweils vom gleichen Versuchsleiter (Autor des Berichts) durchgeführt.
<b>Nichtstandardisierte Instruktionen</b>	Die Instruktionen erfolgten jeweils standardisiert. Informationen zur Studie wurden mittels eines geschriebenen Skripts und einer Begleitpräsentation durch den Versuchsleiter gegeben (mündliche Instruktion), während alle weiteren Instruktionen mittels Videos und Tests vermittelt wurden.
<b>Unterschiedliche technologische Voraussetzungen</b>	In Anbetracht der Tatsache, dass die Kantonsschule Wetzikon den Lernenden keine Devices zur Verfügung stellt, werden die Videos während des regulären Physikunterrichts auf unterschiedlichen Own Devices (Smartphone, Laptop) bearbeitet. Damit alle Lernenden für die Videobearbeitung über dieselben technologischen Voraussetzungen verfügten, erhielten alle Lernenden identische technologische Geräte vom Versuchsleiter.
<b>Netzüberlastung bei der Videobearbeitung</b>	Damit bei der Videobearbeitung eine Netzüberlastung ausgeschlossen werden konnte, wurden die Videos im Offline-Modus bearbeitet.
<b>Tageszeit</b>	Vor dem Hintergrund, dass es sich um ein Feldexperiment handelt und die Datenerhebung während des regulären Physikunterrichts stattgefunden hat, konnte die <b>Tageszeit nicht konstant gehalten</b> werden.
<b>Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt zwischen Post- und Delayed Post-Test (fünf Wochen)</b>	Das Experiment bzw. der Post-Test erfolgte am Freitag vor einem zweiwöchigen Stage in der Romandie (Französischkenntnisse erweitern) und den anschliessenden zwei Wochen Herbstferien. Zudem haben die Lernenden von den Lehrpersonen keinen Zugriff auf die Lernmaterialien (Video, Dokumente) zum behandelten Physikthema erhalten. Obwohl diese Störvariable nicht vollumfänglich kontrolliert werden konnte, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Lernenden zwischen beiden Messzeitpunkten nicht mit dem behandelten Physikthema auseinandergesetzt haben.

Für die Durchführung der vorliegenden Studie war eine Vielzahl an Materialien notwendig, auf die im anschliessenden Kapitel detailliert eingegangen wird.

### 3.3 Apparate, Materialien und Geräte

Abbildung 4 bietet einen Überblick der verwendeten Apparate, Materialien und Geräte, bevor diese in den nachfolgenden *Kapiteln 3.3.1 bis 3.3.4* im Detail beschrieben werden.

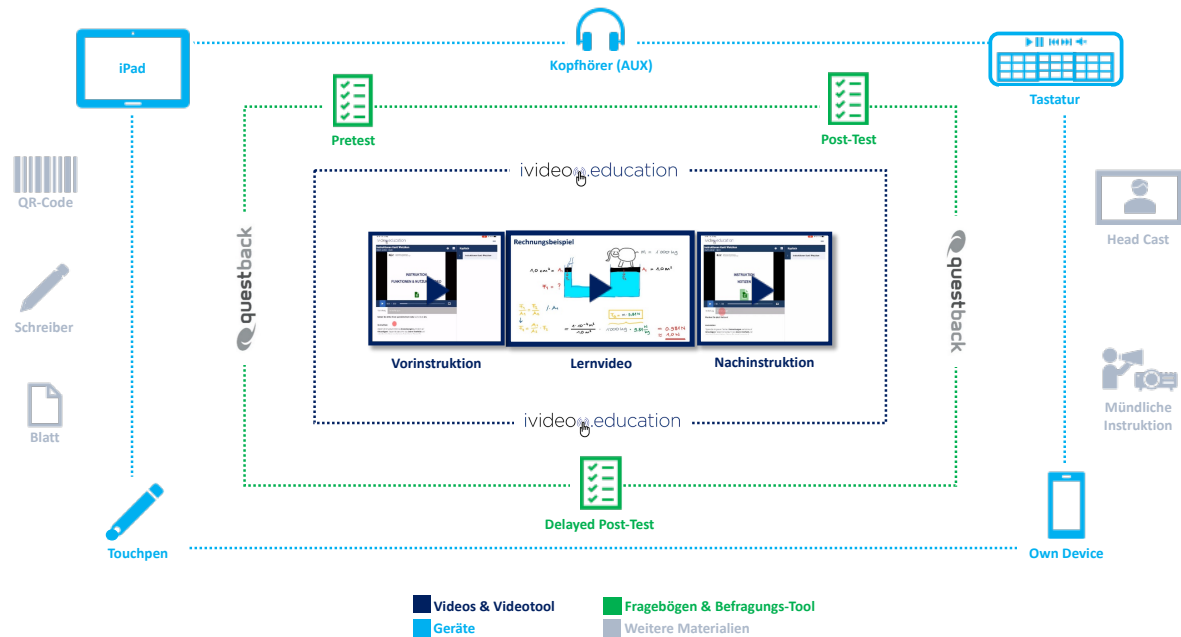


Abbildung 4: Verwendete Apparate, Materialien und Geräte (eigene Darstellung)

Im Fokus der Studie stand das Lernvideo (dunkelblau), das von einem Vor- und Nachinstruktionsvideo begleitet und in drei unterschiedlichen Bedingungen untersucht wurde. Für die Operationalisierung der abhängigen Variablen (exkl. Lernproduktqualität) war die Erarbeitung eines Fragebogens erforderlich (grün), während die Darbietung sowie Bearbeitung der Videos und Befragungen diverse Geräte voraussetzten (hellblau). Damit eine möglichst standardisierte und effiziente Durchführung der Studie einerseits und die Datenzusammenführung bzw. anonyme Datenanalyse andererseits gewährleistet werden konnten, waren weitere Materialien (grau) erforderlich.

#### 3.3.1 Videos

Dieses Kapitel bezieht sich auf den dunkelblauen Teil in *Abbildung 4*.

Vor dem Hintergrund, dass das im herkömmlichen Physikunterricht eingesetzte Videotool *Edpuzzle* nicht über die Annotationsfunktion verfügt, war für die Umsetzung der unterschiedlichen Bedingungen in erster Linie ein anderes Videotool erforderlich. Dazu wurde für die Studie das vom Eidgenössischen Hochschulinstitut für Berufsbildung (EHB) entwickelte Videotool *ivideo.education* eingesetzt. Neben der In-Video Quizfunktion ermöglicht *ivideo.education* das Schreiben von Annotationen sowie das Exportieren dieser im PDF-Format. Darüber hinaus ist *ivideo.education* einerseits online über den Browser und andererseits als Programm (Mac, Windows, Linux) oder App (Android, iOS) verfügbar. Wird das Videotool heruntergeladen, kann dieses im Offline-Modus genutzt

werden. Für die Studie wurde *ivideo.education* lokal installiert, damit eine potentielle Netzüberlastung im Feld ausgeschlossen werden konnte (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2).

### Lernvideo

Aus ethischen Gründen wurde für die Studie ein bestehendes Video ausgewählt, das für die Lernenden nicht prüfungsrelevant war und somit keinen Einfluss auf ihre Physiknote hatte. Konkret wurde ein Video ausgewählt, welches das Thema *hydraulischer Energietransport* behandelte.

Das **ursprüngliche Rohvideo** zum Thema *hydraulischer Energietransport* wurde von den Lehrpersonen basierend auf einem geschriebenen Skript sowie einer PowerPoint-Präsentation erstellt (vgl. Anhang A). Das Video bestand aus insgesamt fünf Folien, verfügte über Hintergrundmusik und dauerte vier Minuten und 22 Sekunden. Nebst der Zurverfügungstellung der Dateien (Skript, PowerPoint-Präsentation, Rohvideo) durch die Lehrpersonen, wurde dem Versuchsleiter der Zugriff auf *Edpuzzle* gewährt, damit die vier In-Video Quiz und deren Positionierung eingesehen werden konnten.

In Anbetracht der Tatsache, dass interaktive Videos aus einer Kombination von Rohvideo (audiovisuelle Gestaltung) und Interaktionsfunktionen (interaktive Gestaltung) bestehen, wurde das ursprüngliche Rohvideo im Rahmen einer **Vorstudie** in Bezug auf die audiovisuelle Gestaltung analysiert und anschliessend optimiert. Damit konnte sichergestellt werden, dass das im Feldexperiment eingesetzte Rohvideo den lerntheoretischen Voraussetzungen entsprach. Folglich konnten Ergebnisunterschiede zwischen den drei Bedingungen alleine auf die ungleiche interaktive und nicht auf Aspekte der audiovisuellen Gestaltung zurückgeführt werden.

Für die Vorstudie wurde eine Expertengruppe durchgeführt, an der vier Personen (weiblich = 2; männlich = 2) mit unterschiedlicher Expertise teilgenommen haben. Eine Person arbeitet an einer pädagogischen Hochschule im Bereich Lernpsychologie, während zwei Personen an einer psychologischen Hochschule im Bereich E-Learning arbeiten und bereits selber Lernvideos produziert haben. Die vierte Person arbeitet an einer Kunsthochschule im Bereich Ästhetik.

Den Personen wurde zur Vorbereitung auf die Expertengruppe vorab eine Zusammenfassung von Mayers (2009) fünf Gestaltungsprinzipien für Videolernumgebungen (vgl. Anhang B) sowie das ursprüngliche Rohvideo zugestellt.

Die Expertengruppe hat am 29. August 2019 an einem Standort der Fachhochschule Nordwestschweiz in Basel stattgefunden und dauerte eineinhalb Stunden. Zu Beginn wurde durch den Versuchsleiter der vorliegenden Studie ein Input mittels Begleitpräsentation gegeben (vgl. Anhang C). In einem weiteren Schritt wurde das Rohvideo mittels Beamer projiziert und gemeinsam Schritt für Schritt angeschaut, während die Expertinnen und Experten die audiovisuelle und didaktische Gestaltung diskutierten sowie Optimierungsvorschläge ableiteten und der Versuchsleiter der vorliegenden Studie den Diskurs moderierte. Die Diskussion wurde für die nachträgliche Datenanalyse zusammen mit der

Videoprojizierung audiovisuell aufgezeichnet.

Im Anschluss an die Expertengruppe wurde die Videoaufzeichnung in die computergestützte qualitative Daten- und Textanalyse Software *MAXQDA 2018* importiert und relevante Inhalte transkribiert. In einem weiteren Schritt wurden die gewonnenen Erkenntnisse umgesetzt, indem zuerst das ursprüngliche Skript und anschliessend die PowerPoint-Präsentation überarbeitet wurden (vgl. Anhang D).

Das Skript für das **überarbeitete Rohvideo** wurde insofern angepasst, als in einem ersten Schritt die Sätze im Sinne des Personalisierungsprinzips (Mayer, 2009) in eine persönliche Ansprache (z. B. „Sie sollen mit diesem Video verstehen...“) umformuliert wurden. Des Weiteren wurde der narrative Text der ursprünglichen Titelfolie, bestehend aus der Einführung ins Thema und dem Lernziel, auf zwei Folien aufgeteilt. Damit wurde das Lernziel stärker hervorgehoben (neue Folie 2) und im Vergleich zur ursprünglichen Version visualisiert. Darüber hinaus wurde das Skript erweitert (neue Folie 3), indem nach dem Lernziel neu ein Überblick des Videoinhalts eingefügt wurde. Hierfür war es notwendig, dass die Folien im Vergleich zur ursprünglichen Version neu mit Titeln (z. B. hydraulische Waage und Rechnungsbeispiel) versehen wurden, damit im Überblick darauf Bezug genommen werden konnte. Die Folientitel wurden von den Lehrpersonen der Kantonsschule Wetzikon definiert. In einem weiteren Schritt wurde die PowerPoint-Präsentation anhand des adaptierten Skripts überarbeitet. Wie aus den Beschreibungen bezüglich Skriptanpassung hervorgeht, wurde die PowerPoint-Präsentation um zwei Folien erweitert (Lernziel und Überblick). Ausserdem wurden die Folien im Sinne des räumlichen Kontiguitätsprinzips (Mayer, 2009) adaptiert, indem zum Beispiel gegebene Flächengrößen direkt neben die visualisierte Fläche in der Grafik platziert wurden. Darüber hinaus wurden die Folien unter Berücksichtigung des Segmentierungs-, Signalisierungs- und zeitlichen Kontiguitätsprinzips (Mayer, 2009) verstärkt animiert. Beispielsweise wurden mathematische Formeln Schritt für Schritt eingeblendet und gleichzeitig die dazugehörigen Einheiten in den Grafiken hervorgehoben. Für die mathematischen Formeln im Rechnungsbeispiel (Folie 5) wurden zudem neu unterschiedliche Farben verwendet, damit der Rechnungsweg klar erkenntlich wurde (vgl. Abbildung 5).

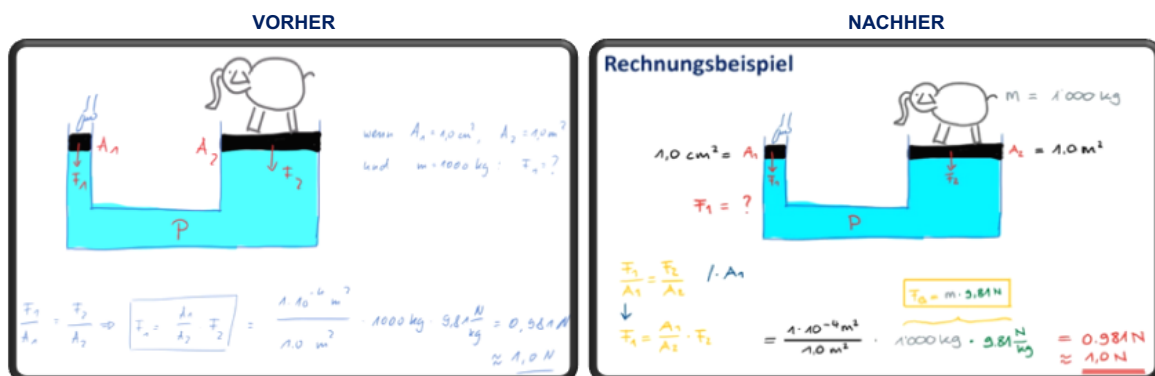


Abbildung 5: Ausschnitt aus Rohvideo (vor vs. nach Überarbeitung)

Während die ursprüngliche PowerPoint-Präsentation 26 Animationen zählte, verfügte die adaptierte Version über 54 Animationen. Abschliessend wurde in Anlehnung an Moreno und Mayer (2000a) die ursprüngliche Hintergrundmusik aus der Präsentation entfernt, um eine Überlastung des auditiven Kanals zu vermeiden. Nach der Dokumentenüberarbeitung wurde die PowerPoint-Präsentation mittels der Funktion *Bildschirmpräsentation aufzeichnen* durch den Versuchsleiter neu besprochen, bevor daraus das überarbeitete Rohvideo exportiert wurde. Das neue Rohvideo dauerte fünf Minuten und zwölf Sekunden.

### Videos für Vor- und Nachinstruktion

Vor dem Hintergrund, dass innerhalb jeder der vier Klassen gleichzeitig alle drei Bedingungen durchgeführt wurden, galten unterschiedliche standardisierte Instruktionen als unabdingbar (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2). Hierfür wurde ein Vor- und Nachinstruktionsvideo für *Bedingung 1* sowie ein weiteres Vor- und Nachinstruktionsvideo für die *Bedingungen 2 und 3* erarbeitet. Folglich wurden durch den Versuchsleiter wiederum Skripte geschrieben und PowerPoint-Präsentationen erstellt (vgl. Anhang E), die Folien mittels der Funktion *Bildschirmpräsentation aufzeichnen* besprochen und abschliessend die Rohvideos exportiert.

In Anbetracht der Tatsache, dass die Lernenden keine Erfahrung mit dem Videotool *ivideo.education* hatten, diente die Vorinstruktion zum einen als eine Einführung in die interaktiven Videofunktionen (z. B. Quiz). Zum anderen konnte mit den Vorinstruktionsvideos unterschiedlich zwischen den Bedingungen bezüglich des Vorgehens instruiert werden. Die Nachinstruktionsvideos dienten wiederum der standardisierten Darbietung von unterschiedlichen Instruktionen für die Bedingungen. *Tabelle 3* zeigt die Inhalte der Vor- und Nachinstruktionsvideos für *Bedingung 1* sowie *Bedingung 2* und *3*:

Tabelle 3: Inhalt der Vor- und Nachinstruktionsvideos je Bedingung

Bedingung	Inhalt Vorinstruktion	Inhalt Nachinstruktion
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick Video-Aufbau</li> <li>• Einführung in interaktive Videofunktionen <b>exkl.</b> Annotationsfunktion</li> <li>• Überleitung zum Lernvideo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick weiteres Vorgehen</li> <li>• Instruktion zur Annotationsfunktion</li> <li>• Instruktion zur Nachbefragung</li> </ul>
2 und 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick Video-Aufbau</li> <li>• Einführung in interaktive Videofunktionen <b>inkl.</b> Annotationsfunktion</li> <li>• Überleitung zum Lernvideo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktion zur Nachbefragung</li> </ul>

Nachdem alle Rohvideos vorbereitet waren, wurde einmal für die *Bedingung 1* und einmal für die *Bedingungen 2* und *3* jeweils das Vorinstruktions-, Lern- und Nachinstruktionsvideo zu einem Rohvideo zusammengefügt.

### Interaktive Videos produzieren

In einem weiteren Schritt ging es darum, aus den zusammengeführten Rohvideos interaktive Videos zu produzieren. Das heisst, die Rohvideos mit Quiz sowie Hotspots (roter blinkender Kreis) zu versehen. Letztere wurden ausschliesslich in den Teilen *Vor-* und *Nachinstruktion* eingefügt, um die Aufmerksamkeit der Lernenden an die entsprechende Stelle im Video zu lenken bzw. gesprochene Hinweise visuell zu ergänzen (z. B. „hier können Sie das Video starten“ = Hotspot auf Play-Symbol). Demzufolge wurden diese zwei Rohvideos in die Editor-Software ( $\neq$  Player) von *ivideo.education* hochgeladen. Obwohl das Rohvideo für die *Bedingungen 2* und *3* identisch war, mussten aufgrund der unterschiedlichen Quiz-Platzierungen (In- vs. Post-Video Quiz) mit diesem Rohvideo zwei respektive insgesamt drei unterschiedliche interaktive Videos produziert werden. Das interaktive Video für die *Bedingung 1* dauerte zehn Minuten und 21 Sekunden, während die interaktiven Videos für die *Bedingungen 2* und *3* jeweils zehn Minuten und zehn Sekunden dauerten.

### 3.3.2 Fragebogen

In diesem Kapitel wird der grüne Teil aus *Abbildung 4* beschrieben.

Die Operationalisierung der abhängigen Variablen *Lernerfolg* und *Interesse fürs Thema* sowie *Motivation* und *wahrgenommene Kompetenz beim Arbeiten in der Lernumgebung* erfolgte mittels Fragebogen. Demzufolge wurde in einem ersten Schritt ein Gesamtfragebogen (vgl. Anhang F) erarbeitet und anschliessend in einen Pre-, Post- und Delayed Post-Test aufgeteilt. In einem weiteren Schritt wurden die Tests einzeln in das Online-Umfragetool *QuestBack EFS Winter 2018* implementiert.

Was in den einzelnen Tests genau gemessen wurde und welche Fragebogeninstrumente dafür verwendet wurden, wird im *Kapitel 3.4* genau beschrieben.

### 3.3.3 Geräte: iPad, Tastatur, Touchpen & Kopfhörer

In diesem Kapitel wird auf den hellblauen Teil aus *Abbildung 4* eingegangen.

Während des herkömmlichen Physikunterrichts bearbeiten die Lernenden die interaktiven Videos auf ihrem Own Device (Smartphone, Laptop) und verfügen folglich über unterschiedliche technologische Voraussetzungen bei der Videobearbeitung. Mit dem Ziel, einerseits allen Lernenden dieselben technologischen Voraussetzungen zu bieten und andererseits eine technisch störungsfreie und standardisierte Datenerhebung gewährleisten zu können, wurden die Geräte für die Videobearbeitung vom Versuchsleiter bereitgestellt (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2).

### iPad

Den Lernenden wurde für die Videobearbeitung jeweils ein iPad (6. Generation, 9.7 Zoll) inklusive Schutzhülle für eine beliebige Device-Positionierung auf dem Tisch zur Verfügung gestellt. Es wurden insgesamt 30 iPads bzw. zehn iPads pro Bedingung mit Hilfe eines erarbeiteten Installationsprozesses vorbereitet, um sicherzustellen, dass alle iPads identisch eingestellt wurden (vgl. Anhang G). Damit die iPads der jeweiligen Bedingung zugeordnet werden konnten, wurden diese entweder mit einem roten, grünen oder blauen Kleber versehen und nummeriert. Auf allen iPads wurde das Videotool *ivideo.education* lokal installiert und abhängig von der jeweiligen Bedingung das passende interaktive Video heruntergeladen.

### Tastatur, Touchpen und Kopfhörer

Zusätzlich zum iPad erhielten die Lernenden jeweils eine Tastatur und einen Touchpen. Letzterer diente einer präziseren Bedienung des iPads. Zudem wurden 25 Kopfhörer mit AUX-Anschluss als Reserve mitgebracht. Ein AUX-Anschluss war insofern von Bedeutung, da nur so die Kopfhörer und Tastatur gleichzeitig am iPad angeschlossen werden konnten.

### Own Device

In Anbetracht dessen, dass die Videobearbeitung auf dem iPad im Offline-Modus stattgefunden hat, wurden die Lernenden vorab gebeten, ihr Own Device mitzubringen, um den Pre-, Post- und Delayed Post-Test im Online-Umfragetool *QuestBack* beantworten zu können.

### 3.3.4 Weitere Materialien

Dieses Kapitel bezieht sich auf den grauen Teil in *Abbildung 4* und beschreibt weitere Materialien, die für die Durchführung der Studie notwendig waren.

### QR-Code

Für den Pre-, Post- und Delayed Post-Test wurde jeweils im Online-Umfragetool *QuestBack* ein QR-Code erstellt, damit die Lernenden den jeweiligen Code mit dem Own Device scannen und die Befragungen beantworten konnten. Die QR-Codes für den Pre- und Post-Test wurden auf die Rückseite des iPads geklebt, während der QR-Code für den Delayed Post-Test per Mail an die Lehrperson gesendet und von dieser den Lernenden zur Verfügung gestellt wurde.

### Blatt und Kugelschreiber

Aus Datenschutzgründen einerseits und um die Anonymität der Lernenden gewährleisten zu können andererseits, wurden diese gebeten, ihren persönlichen Code zu erstellen. Hierfür wurde ihnen ein Code-Blatt (vgl. *Abbildung 6*) und ein Kugelschreiber zur Verfügung gestellt.

The image shows a form for creating a personal code. It is divided into two sections by a vertical dashed line. On the left side, there are four empty boxes for the 'Persönlicher Code'. Below these boxes is a section labeled 'Klasse' with four radio button options: A5, C5b, C5c, and W5b. To the right of the dashed line, there is a label 'iPad-Nr.' followed by one empty box. To the right of the dashed line, the text 'BITTE NOCH NICHTS ANFASSEN!' is written in large, bold, blue capital letters.

Abbildung 6: Code-Blatt (inkl. Rückseite)

Der persönliche Code setzte sich in Anlehnung an Pöge (2011) aus dem ersten Buchstaben des Vornamens des Vaters, dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter, dem ersten Buchstaben des eigenen Vornamens und dem Tag des eigenen Geburtstags (z. B. 23 für 23. Mai) zusammen. Die Lernenden wurden im Pre-, Post- und Delayed Post-Test sowie im Video aufgefordert, ihren persönlichen Code anzugeben, damit die Daten der unterschiedlichen Messzeitpunkten sowie die geschriebenen Annotationen einander zugeordnet werden konnten.

### Skript und Begleitpräsentation für die mündliche Instruktion

Als Einführung in die Studie erhielten die Lernenden vom Versuchsleiter eine ca. siebenminütige mündliche Instruktion mit Begleitpräsentation (vgl. Anhang H). Nebst einer Begrüssung und der Vorstellung des Versuchsleiters wurde damit das Ziel der Masterarbeit sowie das genaue Vorgehen erklärt. Zudem wurde darauf verwiesen, dass die Studienteilnahme freiwillig ist, die Daten vertraulich sowie anonymisiert behandelt werden und das im Video behandelte Thema nicht prüfungsrelevant ist bzw. keinen Einfluss auf die Physiknote hat (Ethik). Ausserdem wurde im Rahmen der mündlichen Instruktion gemeinsam der persönliche Code erstellt, bevor die Lernenden aufgefordert wurden, den QR-Code für den Pretest zu scannen und mit der Beantwortung zu beginnen.

### Informationsvideo (Head Cast)

Einerseits aus ethischen Gründen und andererseits vor dem Hintergrund, dass die Zeit für die Durchführung der Studie vor Ort auf 45 Minuten pro Klasse begrenzt war, wurden die Lernenden bereits eine Woche vor der Datenerhebung mittels eines Videos über die bevorstehende Studie informiert. Damit versprach sich der Versuchsleiter am Tag der Datenerhebung vor Ort Zeit zu gewinnen. Mit dem Video wurden die Lernenden zudem gebeten, ihr Own Device und ihre Kopfhörer zur Studie mitzubringen. Das dreieinhalbminütige Informationsvideo wurde den Lernenden von der Lehrperson während des Physikunterrichts gezeigt.

### 3.4 Messungen

Abbildung 7 bietet einen Überblick über die Messungen innerhalb des jeweiligen Messzeitpunkts, welche anschliessend im Detail beschrieben werden.

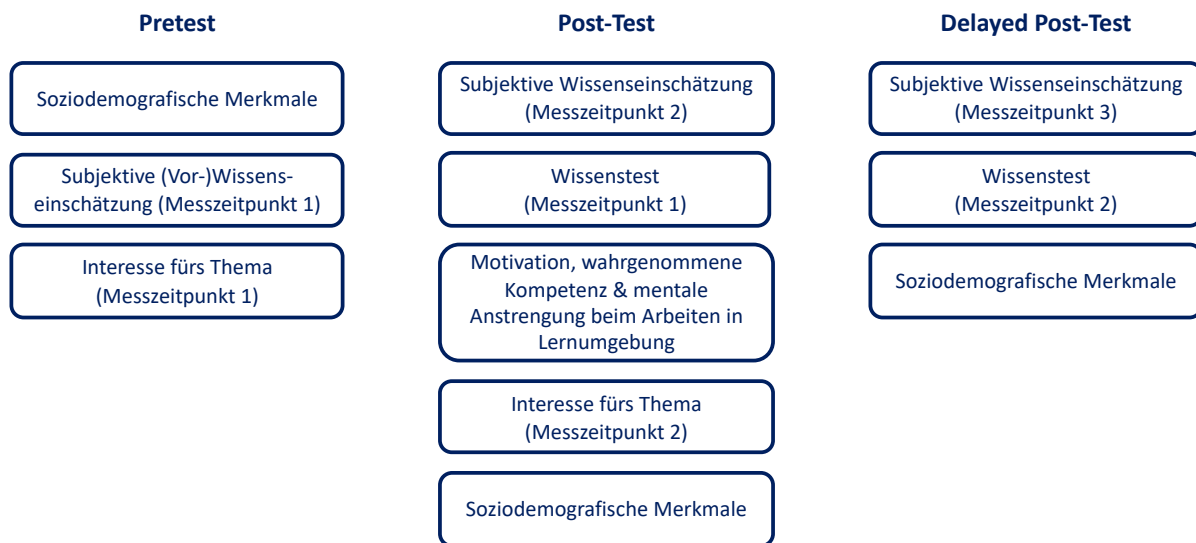


Abbildung 7: Messungen im Pre-, Post- und Delayed Post-Test (eigene Darstellung)

#### Soziodemografische Merkmale

Die soziodemografischen Merkmale *persönlicher Code*, *Klasse*, *Alter* und *Geschlecht* wurden zu jedem Messzeitpunkt erfasst. Im Rahmen des Pre- und Post-Tests wurde zudem die *iPad-Nummer* erfragt. Die erfassten Merkmale dienen einerseits der Stichprobekbeschreibung und andererseits der Datenzusammenführung aus den drei Messzeitpunkten.

#### Lernerfolg

Der Lernerfolg wurde zum einen mittels *subjektiver* und zum anderen mittels *objektiver* Messung erfasst.

Die **subjektive Messung** erfolgte mittels *subjektiver Wissenseseinschätzungen* zu drei Messzeitpunkten. Hierfür beantworteten die Lernenden jeweils das Item „*Ich weiss, was hydraulischer Energietransport ist*“ anhand einer fünfstufigen Likert-Skala von *stimmt gar nicht (1)* bis *stimmt völlig (5)*. Die erste Messung diente der Erfassung des Vorwissens (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2), während die zwei weiteren Messungen für die Erfassung des kurzfristigen und langfristigen subjektiven Lernerfolgs dienten.

Demgegenüber hat die **objektive Messung** des Lernerfolgs mittels *Wissenstests* im Rahmen des Post- und Delayed Post-Tests stattgefunden (vgl. Anhang I). Beim ersten Messzeitpunkt wurde damit der kurzfristige und beim zweiten der langfristige Lernerfolg gemessen, wobei zu beiden Messzeitpunkten dieselben Items abgefragt wurden. Der Wissenstest bestand aus zehn Fragen, die jeweils über vier Antwortoptionen (nur eine richtig) verfügten und in randomisierter Reihenfolge präsentiert wurden.

Die Fragen wurden von den Lehrpersonen der Kantonsschule Wetzikon formuliert und gewichtet. Je nach Schwierigkeitsgrad wurden den einzelnen Items ein bis vier Punkte attribuiert, sodass je Messzeitpunkt insgesamt 24 Punkte erreicht werden konnten. Der Wissenstest wurde bewusst nicht für die Messung des Vorwissens verwendet. Vor dem Hintergrund, dass das Lernvideo zum Thema *hydraulischer Energietransport* ca. fünf Minuten dauerte bzw. es sich um einen kurzen Lerninhalt handelte, konnten die Lehrpersonen nicht mehr als zehn Wissensfragen formulieren. Folglich hätten innerhalb von 20 bis 30 Minuten, zwischen Pre- und Post-Test, genau dieselben zehn Items präsentiert werden müssen. Darin wurde die Gefahr einer Einflussnahme auf den Fokus der Lernenden bezüglich des Lerninhalts zu Beginn der Studie und letztendlich einer Verzerrung der Ergebnisse bezüglich des Lernerfolgs gesehen. Darüber hinaus standen für die Durchführung des Experiments vor Ort nur 45 Minuten pro Klasse zur Verfügung, was ein weiterer Beweggrund für den Verzicht einer objektiven Messung des Vorwissens war. Ausserdem hat sich aus der Literaturrecherche gezeigt, dass beispielsweise Lernende in der Studie von Mayer (1999) ihr Vorwissen ebenfalls selbst eingeschätzt haben.

### Interesse fürs Thema

Das *Interesse fürs Thema* wurde zweimal gemessen (Pre- und Post-Test). Die erste Messung diente der Erfassung des präexperimentellen (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2) und die zweite des postexperimentellen Interesses. Ausserdem wurde damit der Interessenzuwachs zwischen beiden Messzeitpunkten erfasst.

Die Messung erfolgte anhand der Subskala *Interest/Enjoyment* (sieben Items) aus dem Fragebogeninstrument *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)* und einer fünfstufigen Likert-Skala von *stimmt gar nicht (1) bis stimmt völlig (5)*.

Das IMI ist ein mehrdimensionales Messinstrument in englischer Sprache, womit subjektive Erfahrungen hinsichtlich einer bestimmten Tätigkeit in Experimenten eingeschätzt werden können (Deci & Ryan, 2003). Die IMI-Langversion besteht aus sieben Subskalen (45 Items), während lediglich die Subskala *Interest/Enjoyment* als Selbstberichtswert für die intrinsische Motivation gilt. Deci und Ryan (2003) betonen, dass die Ordnungseffekte der Item-Präsentation marginal sind und die Inklusion oder Exklusion von bestimmten Subskalen keinen Einfluss auf die anderen haben. Demzufolge werden laut den Autoren selten alle Subskalen eingesetzt, sondern vielmehr diejenigen ausgewählt, die für die jeweilige Fragestellung von Relevanz sind. Darüber hinaus instruieren Deci und Ryan (2003) eine Anpassung der Items an die spezifische Tätigkeit. Demgegenüber wird die Problematik der Redundanz von Items innerhalb einer Subskala beschrieben, weshalb eine Randomisierung der Items empfohlen wird.

Damit die Items auf Deutsch eingesetzt werden konnten, wurde in einem ersten Schritt an die übersetzte Version von Stiller, Bachmeier und Köster (2013) angeknüpft. In einem weiteren Schritt

wurden die Items einerseits in Bezug auf das *Interesse fürs Thema* und andererseits bezüglich Messzeitpunkt bzw. Tempus (Futur vs. Perfekt) angepasst (vgl. Anhang J). Die Items wurden wie von den Autoren empfohlen jeweils randomisiert dargeboten.

### Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in der Lernumgebung

Im Post-Test wurden die *intrinsische Motivation*, *wahrgenommene Kompetenz* und *mentale Anstrengung* beim Arbeiten in der jeweiligen Lernumgebung (Bedingungen 1–3) erfasst.

Für die Messung der **intrinsischen Motivation** und **wahrgenommenen Kompetenz** beim Arbeiten in der Lernumgebung wurden zwei Subskalen aus der *Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM)* verwendet. Bei der KIM handelt es sich um eine adaptierte, zeitökonomische Version des IMI auf Deutsch, die von Wilde, Bätz, Kovaleva und Urhahne (2009) entwickelt wurde. Die KIM beinhaltet vier von sieben Subskalen des IMI, wobei jede Subskala drei Items zählt. Aus zeitökonomischen Gründen und aufgrund der Tatsache, dass es sich hierbei um ein deutschsprachiges Messinstrument handelt, wurde bewusst auf die Subskalen *Interesse/Vergnügen* und *wahrgenommene Kompetenz* aus der KIM zurückgegriffen. Folglich wurden die Items in Bezug auf die Lernumgebung angepasst (vgl. Anhang K) und ebenfalls in randomisierter Reihenfolge präsentiert.

Die **mentale Anstrengung** wurde anhand des Items „*Ich habe in die Bearbeitung des Videos in der Lernumgebung gar keine Aufmerksamkeit investiert*“ erfasst. Dabei handelt es sich um eine ins Deutsch übersetzte und in Bezug auf die Lernumgebung angepasste Version des vierten Items der Subskala *Interest/Enjoyment* aus dem IMI. Wie bei den Items zur Erfassung des Interesses fürs Thema wurde für dieses Item an der übersetzten Version von Stiller et al. (2013) angeknüpft. Die mentale Anstrengung wurde erfasst, damit die Lerneffizienz anhand der Formel von Paas und van Merriënboer (1993) berechnet werden konnte (vgl. Kapitel 2.1.1).

Alle Items wurden über eine fünfstufige Likert-Skala von *stimmt gar nicht (1)* bis *stimmt völlig (5)* beantwortet.

### Lernproduktqualität

Im Vergleich zu den oben beschriebenen Messungen, die mittels Fragebogen erfolgten, wurden für die Messung der Lernproduktqualität die geschriebenen Annotationen aus dem Videotool *ivideo.education* im PDF-Format heruntergeladen und im Anschluss durch den Versuchsleiter bewertet. Auf welcher Grundlage die Bewertung der Lernprodukte basierte und wie dabei vorgegangen wurde, wird im *Kapitel 3.7.1* beschrieben.

### 3.5 Vortest

Zwei Wochen vor der Durchführung des Experiments im Feld wurde ein Vortest mit insgesamt acht Personen an der Hochschule für Angewandte Psychologie (APS) in Olten durchgeführt. Bei den Teilnehmenden handelte es sich um Masterstudierende der APS und Universität Zürich. Der Vortest legte den Fokus auf das Zeitmanagement, technologische Aspekte sowie die Verständlichkeit von Instruktionen und Lernmaterialien.

Es hat sich gezeigt, dass 45 Minuten für die Durchführung des Vortests ausreichen und die Instruktionen als verständlich wahrgenommen wurden. Für den Vortest wurde die Ausrichtungssperre der iPads aktiviert, damit sich der Bildschirm nicht dreht. Es hat sich jedoch herauskristallisiert, dass die iPads für die Videobearbeitung unterschiedlich auf dem Tisch positioniert wurden, weshalb die Ausrichtungssperre für die Durchführung der Studie an der Kantonsschule Wetzikon vorab bei allen iPads deaktiviert wurde.

### 3.6 Durchführung

Das Feldexperiment bzw. die Datenerhebung vor Ort hat am 20. September 2019 während des 45-minütigen Physikunterrichts im gewöhnlichen Unterrichtsraum (vgl. Abbildung 8) an der Kantonsschule Wetzikon stattgefunden.



Abbildung 8: Raum für die Datenerhebung vor Ort (Pretest, Videobearbeitung, Post-Test)

Die vier Klassen haben nacheinander am Experiment teilgenommen: Klasse 1 von 07:30 bis 08:15 Uhr, Klasse 2 von 10:25 bis 11:10 Uhr, Klasse 3 von 12:25 bis 13:10 Uhr, Klasse 4 von 13:20 bis 14:05 Uhr. Die Lernenden haben sich den Arbeitsplatz selbständig ausgesucht, ohne zu wissen, dass je nach Platz eine unterschiedliche Videoversion (Bedingungen 1–3) auf dem iPad installiert war, womit eine randomisierte Bedingungs-zuteilung ermöglicht wurde (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2). Die iPads

wurden durch den Versuchsleiter so auf die Arbeitsplätze verteilt, dass nie zwei Personen aus derselben Bedingung nebeneinandersassen.

Abbildung 9 zeigt einen exemplarischen Arbeitsplatz, wie ihn die Lernenden vorgefunden haben.

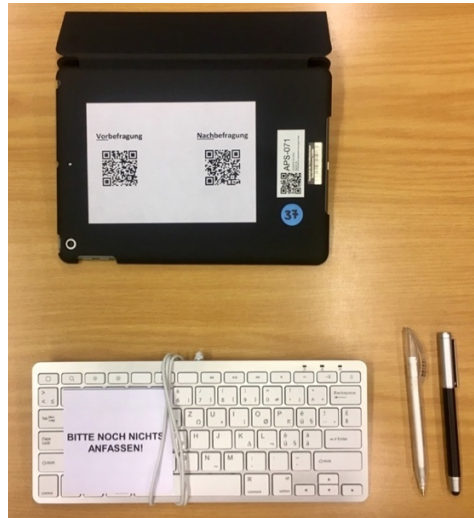


Abbildung 9: Arbeitsplatz mit iPad, Tastatur, Touchpen, Code-Blatt (Rückseite) & Kugelschreiber

Nachfolgend wird Schritt für Schritt beschrieben, wie die Durchführung des Experiments erfolgte, wobei die Nummerierungen jeweils den grünen Nummern in *Abbildung 3* entsprechen.

1. In einem ersten Schritt erhielten die Lernenden vom Versuchsleiter eine **mündliche Instruktion** begleitet von einer projizierten PowerPoint-Präsentation (vgl. Kapitel 3.3.4). Nach der mündlichen Instruktion arbeiteten die Lernenden selbständig weiter und erhielten alle weiteren Instruktionen im Pretest, Video und Post-Test.
2. Folglich beantworteten die Lernenden in einem weiteren Schritt den **Pretest** auf ihrem Own Device und wurden am Ende des Pretests dazu aufgefordert, mit der Videobearbeitung zu beginnen.
3. Im **Video** erhielten die Lernenden zuerst eine Vorinstruktion, die einerseits einen Überblick über das Video und andererseits eine Einführung in die Funktionen von *ivideo.education* beinhaltete. In einem weiteren Schritt bearbeiteten sie das Thema *hydraulischer Energietransport* und wurden abschliessend im Rahmen der Nachinstruktion dazu aufgefordert, den Post-Test zu beantworten.
4. Demzufolge haben die Lernenden am Tag der Datenerhebung vor Ort in einem letzten Schritt den **Post-Test** auf ihrem Own Device beantwortet. Am Ende des Tests wurden die Lernenden schriftlich darauf hingewiesen, dass sie am Ende der Studie angelangt sind, alles auf dem Tisch liegen lassen und den Raum verlassen sollen, ohne dabei ihre Kolleginnen und Kollegen zu stören.

5. Nach fünf Wochen haben die Lernenden im Rahmen des gewöhnlichen Physikunterrichts den **Delayed Post-Test** wiederum auf dem Own Device unter Aufsicht der Lehrperson beantwortet.

### 3.7 Datenauswertung

In diesem Kapitel wird im Einzelnen beschrieben, wie die erhobenen Daten aufbereitet und anschliessend ausgewertet wurden.

#### 3.7.1 Datenaufbereitung

In einem ersten Schritt wurden die beantworteten Fragebögen (Pre-, Post- und Delayed Post-Test) aus dem Online-Umfragetool *QuestBack* exportiert, bevor diese im Statistikprogramm *IBM SPSS Statistics 25* zusammengeführt wurden.

Anschliessend wurden die negativformulierten Items aus dem Intrinsic Motivation Inventory umgepolt, bevor zusätzliche Variablen berechnet wurden:

**Kurz- und langfristiger Lernerfolg (objektive Messung):** Für die Berechnung der beiden Variablen wurden jeweils die erreichten Punkte aus den Wissenstests addiert (Post- und Delayed Post-Test).

**Subjektiver Wissenszuwachs I:** Für diese Variable wurde die Differenz zwischen den Werten zur subjektiven Wissensschätzung zum zweiten (Post-Test) und zum ersten (Pretest) Messzeitpunkt berechnet.

**Subjektiver Wissenszuwachs II:** Die Berechnung dieser Variable geschah, indem die Werte zur subjektiven Wissensschätzung aus dem Pretest von den Werten aus dem Delayed Post-Test subtrahiert wurden.

Für die Variablen *Vorwissen* sowie *kurz- und langfristiger subjektiver Lernerfolg* mussten vorab keine Berechnungen gemacht werden, da diese jeweils auf einem Item basierten (subjektive Wissensschätzung).

**Präexperimentelles und postexperimentelles Interesse:** Das prä- und postexperimentelle Interesse fürs Thema wurde anhand der von Stiller et al. (2013) ins Deutsche übersetzte Subskala *Interest/Enjoyment* aus dem Intrinsic Motivation Inventory (IMI) erfasst, wobei die sieben Items zudem in Bezug auf das Interesse fürs Thema durch den Versuchsleiter angepasst wurden. Für die Verifizierung, ob die Übersetzung der Items einerseits und die Anpassung dieser andererseits keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatten, wurde in einem ersten Schritt Reliabilitätsanalysen für die Skala durchgeführt. In Anlehnung an Schmidt-Atzert und Amelang (2012) beschreibt die Reliabilität, ob die Items einer Skala das gleiche Konstrukt messen (interne Konsistenz). Eine konsistente Skala soll laut den Autoren mindestens einen Cronbachs  $\alpha$ -Wert von .70 aufweisen. Die durchgeführten Reliabilitätsanalysen zeigten einen Cronbachs  $\alpha$ -Wert von .85 für die Skala aus dem Pretest und einen

Wert von .88 für die Skala aus dem Post-Test. Das heisst, dass es sich jeweils um eine konsistente Skala handelte und weder die Übersetzung noch die Anpassung der Items einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Folglich wurde für die Skala jeweils der Skalenmittelwert und somit die beiden Variablen *präexperimentelles* und *postexperimentelles Interesse* berechnet.

**Interessenzuwachs:** Diese Variable wurde gebildet, indem die Differenz zwischen den Werten des postexperimentellen und des präexperimentellen Interesses berechnet wurde.

**Motivation und wahrgenommene Kompetenz:** Wie beim Interesse fürs Thema wurden für die Skalen *Interesse/Vergnügen* (Motivation) und *wahrgenommene Kompetenz* aus der Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM) zuerst Reliabilitätsanalysen durchgeführt, da die Items durch den Versuchsleiter in Bezug auf das Arbeiten in der Lernumgebung adaptiert wurden. Die Analysen zeigten einen Cronbachs  $\alpha$ -Wert von .86 für die Skala *Interesse/Vergnügen* und einen Wert von .70 für die Skala *wahrgenommene Kompetenz*. Demzufolge handelte es sich in Anlehnung an Schmidt-Atzert und Amelang (2012) ebenfalls um konsistente Skalen ( $\alpha \geq .70$ ), weshalb in einem weiteren Schritt jeweils die Skalenmittelwerte und somit die beiden Variablen berechnet wurden.

**Lerneffizienz:** Die Variable wurde mit der nachstehenden Formel zur Berechnung des Effizienzmasses ( $E$ ) nach Paas und van Merriënboer (1993) berechnet, wobei für den Lernerfolg die Variable *kurzfristiger Lernerfolg* (objektive Messung) verwendet wurde.

$$E = \frac{z(\text{Lernerfolg}) - z(\text{Mentale Anstrengung})}{\sqrt{2}}$$

**Lernproduktqualität:** Diese Variable wurde berechnet, indem die aus dem Videotool *ivideo.education* heruntergeladenen Lernprodukte durch den Versuchsleiter bewertet wurden. Damit eine möglichst objektive und reliabel Bewertung gewährleistet werden konnte, wurde auf ein bestehendes Bewertungsschema des SNF-Projekts zurückgegriffen. Daraus wurden allerdings lediglich vier für die vorliegende Studie relevante Kategorien ausgewählt und um eine weitere Kategorie *Abdeckung des Inhalts* erweitert (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Ausgewählte Kategorien zur Bewertung der Lernprodukte

	Beschreibung	Punkte
Korrektheit des Inhalts	wenn kein inhaltlicher Fehler vorliegt	1
	wenn Anzahl Fehler im Verhältnis zu Textlänge im Rahmen liegt	0.5
	bei mehreren Fehlern oder schwerwiegendem inhaltlichen Fehler	0
Nutzung eigener Worte	wenn kein Copy/Paste gemacht wurde	1
	wenn Text teilweise übernommen wurde	0.5
	wenn Text komplett übernommen wurde	0
Korrektheit Grammatik	wenn Annotationen gut lesbar sind	1
	wenn Annotationen grenzwertig lesbar sind	0.5
	wenn Annotationen nicht lesbar sind	0
Selber mit Information ergänzt	wenn Informationen niedergeschrieben wurden, die nicht im Video vorhanden waren	1
	wenn nur im Video vorhandene Informationen niedergeschrieben wurden	0
Abdeckung des Inhalts	wenn mehr als 60 % des Videoinhalts abgedeckt wurde	1
	wenn zwischen 40 % und 60 % des Videoinhalts abgedeckt wurde	0.5
	wenn weniger als 40 % des Videoinhalts abgedeckt wurde	0

### 3.7.2 Überprüfung auf Normalverteilung und Varianzhomogenität

Die **Normalverteilung** ist in der Statistik von entscheidender Bedeutung, mit der Begründung, dass dadurch die Auswahl von verschiedenen analytischen Tests bestimmt wird (Zöfel, 2003). Mit Bezug auf das zentrale Grenzwerttheorem wird laut Bortz und Schuster (2010) bei genug grossen Stichproben ( $n > 30$ ) die Normalität der Mittelwertverteilung garantiert. Demgegenüber erachtet die online Methodenberatung der Universität Zürich (2019) bereits bei einer Stichprobengrösse  $> 25$  Verletzungen der Normalverteilung für die Durchführung von ANOVAs als unproblematisch. Aufgrund der grenzwertigen Stichprobengrössen der vorliegenden Studie ( $n = 25$  bis  $n = 28$ ) wurden zur Absicherung alle Variablen nach der Datenaufbereitung pro Stichprobe (Bedingungen 1–3) mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Dabei hat sich gezeigt, dass der Grossteil der Variablen nicht normalverteilt war (vgl. Anhang L). Von einer Datentransformation wurde bewusst abgesehen, da diese laut Field (2009) sehr umstritten ist.

In einem weiteren Schritt wurden die normalverteilten Variablen anhand des Levene-Tests auf **Varianzhomogenität** geprüft. Diese konnte für alle geprüften Variablen angenommen werden (vgl. Anhang M).

### 3.7.3 Analytische Tests

**Tests auf signifikante Unterschiede:** Bei gegebener Normalverteilung und Varianzhomogenität wurde die einfaktorielle ANOVA bzw. zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung und bei nicht gegebener Normalverteilung der Kruskal-Wallis- bzw. asymptotische Wilcoxon-Test durchgeführt. Die Post-hoc-Tests erfolgten anhand der Bonferroni-Korrektur. Alle Tests wurden mit dem Signifikanzniveau  $p \leq .05$  evaluiert. Bei signifikanten Unterschieden wurden für die ANOVAs die Effektstärke von Cohen ( $d$ ) berechnet. Laut Cohen (1988) entspricht  $f = .10$  einem schwachen,  $f = .25$  einem mittleren und  $f = .40$  einem starken Effekt. Für die Kruskal-Wallis- bzw. asymptotischen Wilcoxon-Tests wurde der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) von Pearson berechnet, wobei  $r = .10$  für einen schwachen,  $r = .25$  für einen mittleren und  $r = .40$  für einen starken Effekt steht (Cohen, 1992).

**Zusammenhangsanalysen:** Aufgrund nicht gegebener Normalverteilung (vgl. Anhang L) wurde für die Untersuchung von Zusammenhängen die Rangkorrelation nach Spearman berechnet. Laut Cohen (1992) entspricht  $r = .10$  einem schwachen,  $r = .30$  einem mittleren und  $r = .50$  einem starken Effekt.

## 4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus der Datenerhebung präsentiert. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse bietet *Abbildung 10* nochmals einen Überblick über die drei Bedingungen:

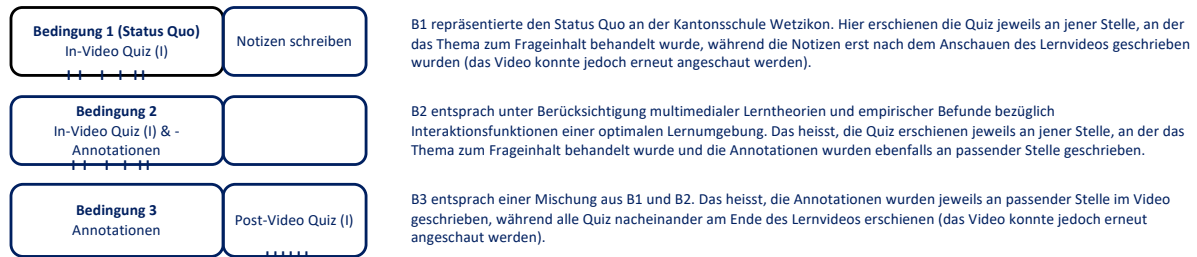


Abbildung 10: Bedingungen 1 bis 3 (eigene Darstellung)

### 4.1 Gruppenvergleiche

In einem ersten Schritt wurden die Variablen *Vorwissen* und *präexperimentelles Interesse* auf Unterschiede zwischen den drei Bedingungen getestet (Kontrolle Störvariable; vgl. Tabelle 2).

Der Kruskal-Wallis-Test für das Vorwissen zeigt, dass zwischen *Bedingung 1* ( $M = 2.04$ ,  $SD = .84$ ), *Bedingung 2* ( $M = 1.76$ ,  $SD = .72$ ) und *Bedingung 3* ( $M = 2.08$ ,  $SD = .81$ ) keine signifikanten Unterschiede vorliegen ( $\chi^2(2) = 2.319$ ,  $p = .314$ ,  $N = 78$ ). Die einfaktorielle ANOVA für das präexperimentelle Interesse zeigt ebenfalls, dass sich *Bedingung 1* ( $M = 2.99$ ,  $SD = .59$ ), *Bedingung 2* ( $M = 2.88$ ,  $SD = .57$ ) und *Bedingung 3* ( $M = 3.10$ ,  $SD = .67$ ) nicht signifikant voneinander unterscheiden ( $F(2,75) = .837$ ,  $p = .437$ , partielles  $\eta^2 = .022$ ,  $N = 78$ ).

Darüber hinaus zeigen die Chi-Quadrat-Tests keine Unterschiede für *Geschlecht* und *Klasse* zwischen den Bedingungen. Die Gruppen gelten somit als vergleichbar.

### 4.2 Lernerfolg

In diesem Kapitel wird der Lernerfolg zuerst anhand der Ergebnisse aus den Wissenstests (objektive Messung) aufgezeigt, bevor auf die Ergebnisse der subjektiven Wissens einschätzungen (subjektive Messung) eingegangen wird.

#### 4.2.1 Objektive Messung

*Tabelle 5* präsentiert die deskriptiven Daten (Mittelwert und Standardabweichung) aus den Wissenstests pro Bedingung bzw. zum kurz- und langfristigen Lernerfolg.

Tabelle 5: Deskriptive Daten zum Lernerfolg (objektive Messung): kurz- und langfristiger Lernerfolg<sup>10</sup>

	Messzeitpunkt					
	<i>n</i>	Post-Test			Delayed Post-Test	
		<i>M</i>	<i>SD</i>		<i>M</i>	<i>SD</i>
B1	28	13.36	4.46	9.86	4.45	
B2	25	15.60	3.71	10.96	4.99	
B3	25	14.32	3.50	10.24	4.04	

*Bemerkung: In den Wissenstests konnten jeweils 24 Punkte (10 Items) erreicht werden.*

Anschliessend werden die Ergebnisse zum Lernerfolg je Messzeitpunkt sowie zur Lerneffizienz umfassend beschrieben.

### Kurzfristiger Lernerfolg (Post-Test)

Durchschnittlich erreichen Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = 15.60$ ,  $SD = 3.71$ ) im Wissenstest zum ersten Messzeitpunkt eine höhere Punktzahl als Lernende aus der *Bedingung 3* ( $M = 14.32$ ,  $SD = 3.50$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 13.36$ ,  $SD = 4.46$ ).

Eine einfaktorielle ANOVA mit dem kurzfristigen Lernerfolg als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt hingegen keine signifikanten Unterschiede ( $F(2,75) = 2.153$ ,  $p = .123$ , partielles  $\eta^2 = .054$ ,  $N = 78$ ).

### Lerneffizienz

Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = .34$ ,  $SD = 1.07$ ) haben in Bezug auf den kurzfristigen Lernerfolg durchschnittlich effizienter gelernt als Lernende aus der *Bedingung 3* ( $M = -.09$ ,  $SD = .90$ ) und *Bedingung 1* ( $M = -.22$ ,  $SD = .88$ ).

Die Unterschiede sind marginal signifikant, wie eine einfaktorielle ANOVA mit der Lerneffizienz als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt ( $F(2,75) = 2.456$ ,  $p = .093$ , partielles  $\eta^2 = .061$ ,  $N = 78$ ). Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen gibt.

### Langfristiger Lernerfolg (Delayed Post-Test)

Im Wissenstest zum zweiten Messzeitpunkt erreichen Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = 10.96$ ,  $SD = 4.99$ ) einen höheren Durchschnittswert als Lernende aus der *Bedingung 3* ( $M = 10.24$ ,  $SD = 4.04$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 9.86$ ,  $SD = 4.45$ ).

Ein Kruskal-Wallis-Test mit dem langfristigen Lernerfolg als abhängige Variable und der Bedingung als

<sup>10</sup> B1–B3 = Bedingungen, *n* = Anzahl Teilnehmende, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung

between-subject-Faktor zeigt, dass keine signifikanten Unterschiede vorliegen ( $\chi^2(2) = .136, p = .934, N = 78$ ).

#### 4.2.2 Subjektive Messung

Tabelle 6 zeigt die deskriptiven Daten (Mittelwert und Standardabweichung) aus den subjektiven Wissenseneinschätzungen pro Bedingung. Neben der subjektiven Wissenseneinschätzung zum jeweiligen Messzeitpunkt werden der Wissenszuwachs I zwischen Pre- und Post-Test sowie der Wissenszuwachs II zwischen Pre- und Delayed Post-Test präsentiert.

Tabelle 6: Deskriptive Daten zum Lernerfolg (subjektive Messung): subjektiv eingeschätztes Vorwissen, kurz- und langfristiges Wissen sowie Wissenszuwachs I (zw. Pre- & Post-Test) und Wissenszuwachs II (zw. Pre- & Delayed-Post-Test)<sup>11</sup>

	Messzeitpunkt										
	Pretest			Post-Test		Delayed Post-Test		Wissenszuwachs I		Wissenszuwachs II	
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
B1	28	2.04	.84	4.14	.45	2.32	.98	2.11	.96	.29	.90
B2	25	1.76	.72	4.20	.87	2.84	.85	2.44	.96	1.08	1.04
B3	25	2.08	.81	4.28	.68	2.76	1.09	2.20	1.04	.68	1.25

*Bemerkung: Die subjektive Wissenseneinschätzung wurde mittels fünfstufiger Likert-Skala erfasst.*

Anschliessend wird detailliert auf den kurz- und langfristigen subjektiven Lernerfolg (Post- und Delayed Post-Test) sowie die subjektiven Wissenszuwächse I und II eingegangen.

#### Kurzfristiger subjektiver Lernerfolg (Post-Test)

Lernende aus der *Bedingung 3* ( $M = 4.28, SD = .68$ ) schätzen ihren kurzfristigen Lernerfolg im Durchschnitt höher ein als Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = 4.20, SD = .87$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 4.14, SD = .45$ ).

Gleichwohl sind die Unterschiede nicht signifikant, wie ein Kruskal-Wallis-Test mit dem kurzfristigen subjektiven Lernerfolg als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt ( $\chi^2(2) = 1.435, p = .488, N = 78$ ).

#### Subjektiver Wissenszuwachs I (zwischen Pre- und Post-Test)

Asymptotische Wilcoxon-Tests zeigen, dass die subjektive Wissenseneinschätzung zwischen erstem (*Median* = 2 für alle Bedingungen) und zweitem (*Median* = 4 für alle Bedingungen) Messzeitpunkt in der *Bedingung 1* ( $z = -4.604, p < .001, n = 28$ ), *Bedingung 2* ( $z = -4.364, p < .001, n = 25$ ) und *Bedingung 3* ( $z = -4.336, p < .001, n = 25$ ) signifikant mit jeweils starkem Effekt ( $r = .87$  für alle Bedingungen) zunimmt.

<sup>11</sup> B1–B3 = Bedingungen, *n* = Anzahl Teilnehmende, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung

*Tabelle 6* zeigt, dass der durchschnittliche subjektive Wissenszuwachs I zwischen Pre- und Post-Test in der *Bedingung 2* ( $M = 2.44, SD = .96$ ) im Vergleich zur *Bedingung 3* ( $M = 2.20, SD = 1.04$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 2.11, SD = .96$ ) am höchsten ist.

Ein Kruskal-Wallis-Tests mit dem subjektiven Wissenszuwachs I als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt jedoch, dass es keine signifikanten Unterschiede gibt ( $\chi^2(2) = 2.179, p = .336, N = 78$ ).

#### Langfristiger subjektiver Lernerfolg (Delayed Post-Test)

Durchschnittlich schätzen Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = 2.84, SD = .85$ ) im Vergleich zu Lernenden aus der *Bedingung 3* ( $M = 2.76, SD = 1.09$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 2.32, SD = .98$ ) ihren langfristigen Lernerfolg am höchsten ein.

Ein Kruskal-Wallis-Test mit dem langfristigen subjektiven Lernerfolg als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt allerdings keine signifikanten Unterschiede zum dritten Messzeitpunkt ( $\chi^2(2) = 4.885, p = .087, N = 78$ ).

#### Subjektiver Wissenszuwachs II (zwischen Pre- und Delayed Post-Test)

Asymptotische Wilcoxon-Tests zeigen, dass in der *Bedingung 2* ( $z = -3.675, p < .001, n = 25$ ) und in der *Bedingung 3* ( $z = -2.445, p = .015, n = 25$ ) die subjektive Wissenseneinschätzung zwischen Pre- (*Median* = 2 für beide Bedingungen) und Delayed Post-Test (*Median* = 3 für beide Bedingungen) signifikant mit starkem Effekt (*Bedingung 2*:  $r = .74$ ; *Bedingung 3*:  $r = .49$ ) zunimmt. Demgegenüber nimmt die subjektive Wissenseneinschätzung zwischen erstem (*Median* = 2) und dritten (*Median* = 2) Messzeitpunkt in der *Bedingung 1* ( $z = -1.606, p = .108, n = 28$ ) nicht signifikant zu.

Aus *Tabelle 6* geht hervor, dass der subjektive Wissenszuwachs II zwischen Pre- und Delayed Post-Test in der *Bedingung 2* ( $M = 1.08, SD = 1.04$ ) im Vergleich zur *Bedingung 3* ( $M = .68, SD = 1.25$ ) und *Bedingung 1* ( $M = .29, SD = .90$ ) durchschnittlich am höchsten ist.

Ein Kruskal-Wallis-Tests mit dem subjektiven Wissenszuwachs II als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt, dass es signifikante Unterschiede gibt ( $\chi^2(2) = 7.953, p = .019, N = 78$ ). Anschliessende Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni) geben an, dass sich lediglich die *Bedingung 1* und *Bedingung 2* signifikant ( $z = -2.819, p = .014$ ) mit mittlerem Effekt ( $r = .39$ ) unterscheiden.

### 4.3 Lernproduktqualität

Aus den Bewertungen zur Lernproduktqualität (Annotationen) geht hervor, dass die durchschnittlich erreichte Punktzahl bei Lernenden aus der *Bedingung 1* ( $M = 2.23, SD = 1.31$ ) höher ist als bei Lernenden aus der *Bedingung 2* ( $M = 1.90, SD = 2.05$ ) und *Bedingung 3* ( $M = 1.68, SD = 1.06$ ).

Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant, wie ein Kruskal-Wallis-Test mit der

Lernproduktqualität als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt ( $\chi^2(2) = 3.762, p = .152, N = 78$ ).

#### Zusammenhang zwischen Lernproduktqualität und Lernerfolg (objektive Messung)

Die Rangkorrelation nach Spearman zeigt, dass es weder zwischen Lernproduktqualität und kurzfristigem Lernerfolg ( $r_s = .017, p = .884, N = 78$ ) noch zwischen Lernproduktqualität und langfristigem Lernerfolg ( $r_s = .027, p = .812, N = 78$ ) eine signifikante Korrelation gibt.

#### 4.4 Interesse fürs Thema

In *Tabelle 7* werden die deskriptiven Daten (Mittelwert und Standardabweichung) aus den Angaben zum prä- und *postexperimentellen Interesse fürs Thema* veranschaulicht. Nebst den Daten zum jeweiligen Messzeitpunkt wird in der rechten Spalte der *Interessenszuwachs* zwischen Pre- und Post-Test aufgezeigt.

Tabelle 7: Deskriptive Daten zum Interesse fürs Thema: prä- und postexperimentelles Interesse sowie Interessenszuwachs (zw. Pre- & Post-Tes)<sup>12</sup>

	<i>n</i>	Messzeitpunkt				Interessenszuwachs	
		Pretest		Post-Test		<i>M</i>	<i>SD</i>
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
B1	28	2.99	.59	3.32	.68	.33	.68
B2	25	2.88	.57	3.59	.75	.71	.74
B3	25	3.10	.67	3.63	.73	.53	.53

*Bemerkung: Das Interesse fürs Thema wurde mittels 7 Items & fünfstufiger Likert-Skala erfasst.*

Im Anschluss wird zuerst ein detail auf das postexperimentelle Interesse und den Interessenszuwachs eingegangen, bevor der Zusammenhang zwischen Interesse und Lernerfolg (objektive Messung) aufgezeigt wird.

#### Postexperimentelles Interesse fürs Thema (Post-Test)

Durchschnittlich zeigen Lernende aus der *Bedingung 3* ( $M = 3.63, SD = .73$ ) zum zweiten Messzeitpunkt ein höheres Interesse fürs Thema als Lernende aus der *Bedingung 2* ( $M = 3.59, SD = .75$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 3.32, SD = .68$ ).

Eine einfaktorielle ANOVA mit dem postexperimentellen Interesse als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt, dass es sich dabei um keine signifikanten Unterschiede handelt ( $F(2,75) = 1.532, p = .223, \text{partielles } \eta^2 = .039, N = 78$ ).

<sup>12</sup> B1–B3 = Bedingungen, *n* = Anzahl Teilnehmende, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung

### Interessenzuwachs (zwischen Pre- und Post-Test)

Der durchschnittliche Interessenzuwachs ist bei Lernenden aus der *Bedingung 2* ( $M = .71, SD = .74$ ) höher als bei Lernenden aus der *Bedingung 3* ( $M = .53, SD = .53$ ) und *Bedingung 1* ( $M = .33, SD = .68$ ). Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit der Bedingung als between-subject-Faktor und dem Messzeitpunkt als within-subject-Faktor (zwei Stufen) zeigt, dass es einen signifikanten Interessenzuwachs über die Zeit gibt ( $F(2,75) = 49.417, p < .001$ , partielles  $\eta^2 = .397, N = 78$ ). Die Effektstärke liegt bei  $f = 0.81$  und entspricht nach Cohen (1988) einem starken Effekt. Demgegenüber besteht keine signifikante Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Bedingung ( $F(2,75) = 2.319, p = .105$ , partielles  $\eta^2 = .058, N = 78$ ). Zudem wird bestätigt, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen bezüglich des Interessenzuwachses gibt ( $F(2,75) = .897, p = .412$ , partielles  $\eta^2 = .023, N = 78$ ).

### Zusammenhang zwischen präexperimentellem Interesse und Lernerfolg (objektive Messung)

Die Rangkorrelation nach Spearman bestätigt eine signifikant positive Korrelation mit schwachem Effekt zwischen präexperimentellem Interesse und dem kurzfristigen Lernerfolg ( $r_s = .242, p = .033, N = 78$ ). Es wird ebenfalls eine signifikant positive Korrelation mit schwachem Effekt zwischen präexperimentellem Interesse und dem langfristigen Lernerfolg bestätigt ( $r_s = .246, p = .033, N = 78$ ).

## 4.5 Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in der Lernumgebung

Tabelle 8 zeigt die deskriptiven Daten (Mittelwert und Standardabweichung) zur *Motivation* und *wahrgenommenen Kompetenz* beim Arbeiten in der Lernumgebung, die im Rahmen des Post-Tests erfasst wurden.

Tabelle 8: Deskriptive Daten zur Motivation und wahrgenommene Kompetenz in der Lernumgebung<sup>13</sup>

	Motivation			Wahrgenommene Kompetenz	
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
B1	28	3.20	.72	3.29	.75
B2	25	3.28	.88	3.69	.62
B3	25	3.45	.86	3.59	.63

*Bemerkung: Die Konstrukte wurden jeweils mittels 3 Items und fünfstufiger Likert-Skala erfasst.*

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Motivation und wahrgenommenen Kompetenz näher ausgeführt.

<sup>13</sup> B1–B3 = Bedingungen, *n* = Anzahl Teilnehmende, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung

### Motivation beim Arbeiten in der Lernumgebung

Die durchschnittliche Motivation beim Arbeiten in der Lernumgebung ist bei Lernenden aus der *Bedingung 3* ( $M = 3.45, SD = .86$ ) höhere als bei Lernenden aus der *Bedingung 2* ( $M = 3.28, SD = .88$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 3.20, SD = .72$ ).

Die Durchführung eines Kruskal-Wallis-Tests mit der Motivation als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt keine signifikanten Unterschiede ( $\chi^2(2) = 1.098, p = .578, N = 78$ ).

### Wahrgenommene Kompetenz beim Arbeiten in der Lernumgebung

Die selbst eingeschätzte Kompetenz beim Arbeiten in der Lernumgebung ist bei Lernenden aus der *Bedingung 2* ( $M = 3.69, SD = .62$ ) im Vergleich zu Lernenden aus der *Bedingung 3* ( $M = 3.59, SD = .63$ ) und *Bedingung 1* ( $M = 3.29, SD = .75$ ) im Durchschnitt am höchsten.

Allerdings handelt es sich hierbei um keine signifikanten Unterschiede, wie die Durchführung eines Kruskal-Wallis-Test mit der wahrgenommenen Kompetenz als abhängige Variable und der Bedingung als between-subject-Faktor zeigt ( $\chi^2(2) = 5.856, p = .054, N = 78$ ). Anschliessende Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni) zeigen ebenfalls, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen gibt.

## 5. Diskussion

In diesem Kapitel werden zuerst die Ergebnisse zusammengefasst und unter Berücksichtigung des theoretischen Hintergrunds sowie der empirischen Befunde diskutiert, bevor die Fragestellung beantwortet wird. Anschliessend werden die Limitationen der vorliegenden Studie aufgegriffen und mögliche Implikationen für Forschung und Praxis erläutert. Ein Fazit rundet das Kapitel ab.

### 5.1 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden Studie war, einen Beitrag zum Verständnis bezüglich Gestaltung von interaktiven Videos, die das Lernen von Physikthemen verbessern kann, zu leisten. Konkret wurde der Einfluss dreier unterschiedlich gestalteten interaktiven Lernvideos auf das Lernen im Physikunterricht der Sekundarstufe II aus systemischer Perspektive untersucht. Dabei repräsentierte *Bedingung 1* den Status Quo der Gestaltung von interaktiven Videos an der Kantonsschule Wetzikon, während das interaktive Video in *Bedingung 2* unter Berücksichtigung empirischer Befunde einem optimal gestalteten Video entsprach und *Bedingung 3* eine Kombination der ersten beiden Bedingungen darstellte.

Die vorliegende Studie ist der Fragestellung „**Inwiefern haben unterschiedliche Positionen von Quizfragen und unterschiedliche Zeitpunkte von Aufforderungen zum Schreiben von Annotationen in interaktiven Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II einen Einfluss auf Lernerfolg, Lernproduktqualität und Interesse?**“ nachgegangen. Zur Beantwortung der Fragestellung wurden Hypothesen hergeleitet, zu welchen anschliessend jeweils die dazugehörigen Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert werden:

**H1:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (Bedingung 2), führt dies zu signifikant höherem Lernerfolg. Das Gegenteil ist zu erwarten, wenn entweder nur In-Video Quiz vorhanden sind (Bedingung 1) oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (Bedingung 3).

Bei der Betrachtung der Mittelwerte aus der **objektiven Messung des Lernerfolgs** wird ersichtlich, dass Lernende aus *Bedingung 3* durchschnittlich einen höheren kurz- und langfristigen Lernerfolg erzielten als Lernende aus *Bedingung 1* und Lernende aus *Bedingung 2* im Durchschnitt den höchsten kurz- und langfristigen Lernerfolg erzielten. Allgemein hat sich allerdings gezeigt, dass der kurz- sowie langfristige Lernerfolg durchschnittlich eher gering ausfiel. Das bedeutet, im Durchschnitt wurden im Post-Test 60 % und im Delayed Post-Test 43 % der Punkte erreicht, während die Werte stark um den Mittelwert streuten.

Nichtsdestotrotz könnten die höheren Werte in *Bedingung 2* und *Bedingung 3* im Vergleich zu *Bedingung 1* mit der Erkenntnis von Zahn et al. (2012) erklärt werden, dass das kontinuierliche Schreiben von Annotationen *in Videos* die Herstellung von Beziehungen zwischen Vorwissen sowie neuen Informationen bzw. das konzeptuelle Verständnis fördert.

Zugleich steht der durchschnittlich höhere Lernerfolg in *Bedingung 3* im Vergleich zu *Bedingung 1* im Widerspruch zum Befund von Rowe und Wood (2008), dass unmittelbares Feedback bei In-Video Quiz zu höherem Lernerfolg führt. Dies könnte beispielsweise darauf zurückzuführen sein, dass die Quizfragen teilweise den Fragen im Wissenstest ähnlich waren und Lernende aus *Bedingung 3* unmittelbar vor der Beantwortung des Wissenstests alle Quiz nacheinander beantwortet sowie Feedback erhalten und folglich die richtigen Antworten besser erinnert haben. Allerdings würde diese Argumentation der Gegebenheit widersprechen, dass Lernende aus *Bedingung 2*, die wie Lernende aus *Bedingung 1* In-Video Quiz beantwortet und kontinuierlich Feedback erhalten haben, den höchsten Lernerfolg erzielten. Daraus resultiert in erster Linie, dass kontinuierliches Schreiben von Annotationen einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg hat. Wird darüber hinaus die Tatsache berücksichtigt, dass Lernende aus *Bedingung 2* im Vergleich zu Lernenden aus *Bedingung 3* durchschnittlich einen höheren kurz- und langfristigen Lernerfolg erzielten, kann somit einzig und allein konkludiert werden, dass die Kombination aus In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen zu höherem Lernerfolg führt. Mit anderen Worten: eine evidenzbasierte Gestaltung der interaktiven Videos führt im Vergleich zum Status Quo an der Kantonsschule Wetzikon zu höherem Lernerfolg. Diese Schlussfolgerung kann ausserdem mit dem Faktum untermauert werden, dass *Bedingung 2* in Anlehnung an Paas und van Merriënboer (1993) durchschnittlich die höchste Instruktionseffizienz aufwies.

Demgegenüber geht in Anbetracht der Mittelwerte aus der **subjektiven Messung des Lernerfolgs** interessanterweise hervor, dass Lernende aus *Bedingung 3* ihren kurzfristigen Lernerfolg durchschnittlich am höchsten eingeschätzt haben. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Lernende aus *Bedingung 3* unmittelbar vor der subjektiven Wissens einschätzung alle Quiz beantwortet sowie Feedbacks erhalten haben und sich deshalb am versiertesten fühlten. Eine weitere Erklärung für den im Durchschnitt tiefer eingeschätzten kurzfristigen Lernerfolg in *Bedingung 2* und *Bedingung 1* könnte sein, dass sich Lernende durch In-Video Quiz abgelenkt fühlten oder sogar das Gefühl hatten, die Hauptbotschaft des Lernvideos verpasst zu haben (Shelton et al., 2016; Rice et al., 2019). Diese Argumentation widerspricht allerdings der Tatsache, dass die In-Video Quiz in der vorliegenden Studie eine Fortsetzung und keine Erweiterung des Videoinhalts darstellten, was laut Rice et al. (2019) eine Ablenkung vermeiden und den Lernerfolg unterstützen sollte. Basierend auf den Befunden von Shelton et al. (2016) und Rice et al. (2019) können In-Video Quiz auch Unsicherheit bei den Lernenden auslösen und folglich den Lernfortschritt beeinträchtigen. Allerdings wird für die

vorliegende Studie von diesen Befunden abgesehen, da es sich die Lernenden der Kantonsschule Wetzikon gewohnt sind, mit In-Video Quiz zu arbeiten.

Demgegenüber zeigten Lernende aus *Bedingung 2* durchschnittlich den höchsten langfristigen Lernerfolg gefolgt von Lernenden aus *Bedingung 3*. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch die Kombination von In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen unter Berücksichtigung von Swellers (1999) *Cognitive Load Theory* in *Bedingung 2* eine höhere lernprozessbezogene Belastung (Germane Cognitive Load) resultierte. Dies könnte bedeuten, dass die erbrachte Leistung während der Videobearbeitung bei Lernenden aus *Bedingung 2* im Vergleich zu Lernenden aus den anderen Bedingungen fünf Wochen später stärker präsent war, was sich folglich in ihrer höheren Selbsteinschätzung im Delayed Post-Test widerspiegelte.

Zusammengefasst lässt sich aus den Interpretationen zum subjektiv gemessenen Lernerfolg zum einen wiederum schlussfolgern, dass das kontinuierliche Schreiben von Annotationen den Lernerfolg positiv beeinflusst. Zum anderen führt abgesehen vom kurzfristigen Lernerfolg auch wiederum die Kombination von In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen zum höchsten Lernerfolg.

Die durchgeführten Tests auf Mittelwertunterschiede bzw. auf Unterschiede der zentralen Tendenz zum kurz- und langfristigen Lernerfolg haben gezeigt, dass Lernende aus allen Bedingungen einen signifikanten Wissenszuwachs zwischen Pre- und Post-Test erzielt haben. Des Weiteren ging hervor, dass Lernende aus *Bedingung 2* und *Bedingung 3* ebenfalls einen signifikanten Wissenszuwachs und Lernende aus *Bedingung 1* keinen signifikanten Wissenszuwachs zwischen Pre- und Delayed Post-Test verzeichnet haben. Daraus resultiert, dass Lernende aus *Bedingung 2* sogar einen signifikant höheren Wissenszuwachs zwischen Pre- und Delayed Post-Test erzielt haben als Lernende aus *Bedingung 1*. Diese Tatsache spricht einmal mehr für das kontinuierliche Schreiben von Annotationen. Abgesehen davon hat es weder bezüglich objektiver noch subjektiver Messung signifikante Unterschiede zwischen den drei Bedingungen gegeben. Ein Indiz dafür könnte sein, dass laut Pilegard und Fiorella (2016) generative Aktivitäten die Selbstregulation von Lernenden fördern und in der vorliegenden Studie die Lernenden in allen drei Bedingungen, zwar zu unterschiedlichen Zeitpunkten, aber dennoch zu generativen Aktivitäten bzw. zum Schreiben von Annotationen aufgefordert wurden. Folglich konnte *Hypothese 1* nicht bestätigt werden. Allerdings kann laut Blömeke (2003) bei fehlenden signifikanten Unterschieden nicht schlussgefolgert werden, dass ein bestimmtes Treatment unwirksam war, da Lernende suboptimalere Lernbedingungen mit ihren Lernstrategien kompensieren können. Demzufolge ist die Falsifizierung von *Hypothese 1* zu relativieren und die obenstehenden Interpretationen zu den deskriptiven Ergebnissen nicht zu vernachlässigen.

**H2:** Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen präexperimentellem Interesse und kurz- sowie langfristigem Lernerfolg (objektive Messung).

Die Ergebnisse zu *Hypothese 2* haben bestätigt, dass es einen signifikant positiven Zusammenhang mit schwachem Effekt sowohl zwischen präexperimentellem Interesse und kurzfristigem Lernerfolg als auch zwischen präexperimentellem Interesse und langfristigem Lernerfolg gibt. Dies könnte mit früheren Befunden erklärt werden, die besagen, dass thematisches Interesse positiv mit elaborativen Lernstrategien (Schiefele & Krapp, 1991) sowie Anstrengungs- und Lernbereitschaft (Müller, 2006) korreliert, was schlussendlich in höherem Lernerfolg resultiert.

In Anbetracht der Tatsache, dass einerseits der durchschnittliche Lernerfolg eher gering ausfiel und andererseits ein signifikanter Zusammenhang vorhanden ist, muss logischerweise das präexperimentelle Interesse ebenfalls eher gering ausgefallen sein. Dieses wurde durchschnittlich mit einer klaren Tendenz zur Mitte beantwortet, wobei die Werte gleichzeitig stark um den Mittelwert streuten. Dies wiederum erklärt, weshalb es lediglich einen Zusammenhang mit schwachem Effekt gegeben hat.

Das eher geringe präexperimentelle Interesse ist stimmig mit der Gegebenheit, dass das Interesse für MINT-Fächer grundsätzlich nicht sehr hoch ist.

**H3:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (Bedingung 2), führt dies zu signifikant höherer Lernproduktqualität. Das Gegenteil ist zu erwarten, wenn entweder nur In-Video Quiz (Bedingung 1) vorhanden sind oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (Bedingung 3).

Die Lernenden konnten insgesamt fünf Punkte mit ihren Lernprodukten erreichen. Die Ergebnisse haben allerdings gezeigt, dass sich die Bedingungen in Bezug auf die Lernproduktqualität nicht signifikant voneinander unterscheiden, weshalb *Hypothese 3* nicht bestätigt werden konnte.

Nichtsdestotrotz gibt es einige interessante Erkenntnisse bezüglich der Lernproduktqualität. Überraschenderweise haben Lernende aus *Bedingung 1*, die erst am Ende des Videos dazu aufgefordert wurden, Notizen zu schreiben, mit durchschnittlich 2.23 Punkten die höchste Lernproduktqualität aufgewiesen. Dies impliziert, dass es bezüglich Lernproduktqualität von Vorteil ist, wenn zuerst das Video ganz angeschaut wird und erst anschliessend Notizen geschrieben werden. Die höhere Produktqualität könnte allerdings auch auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass es sich die Lernenden aus dem regulären Physikunterricht gewohnt sind, ihre Notizen erst am Ende des Videos zu schreiben oder andersrum: die Lernenden aus *Bedingung 2* und *Bedingung 3* es sich nicht gewohnt waren, kontinuierlich Annotationen zu schreiben. Diese Argumentation stützt sich auf Kim et

al. (2014), die betonen, dass eine effiziente Nutzung von Interaktionsfunktionen eine Übungseinheit voraussetzt. Des Weiteren könnte die durchschnittlich geringere Lernproduktqualität in *Bedingung 2* und *Bedingung 3* damit begründet werden, dass beim kontinuierlichen Schreiben von Annotationen das Gesamtbild der geschriebenen Notizen nicht ersichtlich ist und deshalb die Qualität im Vergleich zu einer Gesamtzusammenfassung geringer ausfällt. Zudem könnte die geringere Lernproduktqualität in den zwei Bedingungen auch damit erklärt werden, dass beim kontinuierlichen Schreiben von Annotationen in Videos der dazugehörige thematische Kontext gegeben ist und deshalb weniger detaillierte Annotationen nötig sind. Dies wird von der Tatsache untermauert, dass obwohl Lernende aus *Bedingung 1* trotz durchschnittlich höchster Lernproduktqualität, im Durchschnitt den niedrigsten Lernerfolg erzielten, was folglich wiederum für das kontinuierliche Schreiben von Annotationen plädiert und nicht für die Lernproduktqualität per se.

**H4:** Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen Lernproduktqualität und kurz- sowie langfristigem Lernerfolg (objektive Messung).

Wie aus den abschliessenden Interpretationen zu Ergebnissen der *Hypothese 3* implizit hervorgeht, haben die Ergebnisse zu *Hypothese 4* gezeigt, dass es keinen positiv signifikanten Zusammenhang weder zwischen Lernproduktqualität und kurzfristigem Lernerfolg noch zwischen Lernproduktqualität und langfristigem Lernerfolg gibt.

An dieser Stelle ist allerdings zu betonen, dass die Produktqualität in allen Bedingungen durchschnittlich (1.94 von fünf Punkten) gering ausfiel. Daraus kann geschlossen werden, dass die Lernenden ihre eigenen Lernstrategien angewendet haben wie beispielsweise eine mehr oder weniger intensive Nutzung der Steuerungsfunktionen und durch diese Aktivitäten die geringe Lernproduktqualität kompensiert haben (Blömeke, 2003). Die Nutzungsintensität der Steuerungsfunktionen wurde in der vorliegenden Studie jedoch nicht erfasst, weshalb diese Schlussfolgerung lediglich einen Hinweischarakter innehat.

**H5:** Wenn in interaktiven Lernvideos In-Video Quiz vorhanden sind und die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (*Bedingung 2*), führt dies nicht zu signifikant höherem Interessenszuwachs, als wenn entweder nur In-Video Quiz (*Bedingung 1*) vorhanden sind oder nur die Möglichkeit besteht, kontinuierlich Annotationen zu schreiben (*Bedingung 3*).

Bei der Betrachtung der Mittelwerte zum Interessenszuwachs zwischen Pre- und Post-Test wird ersichtlich, dass Lernende aus *Bedingung 2* im Mittel den höchsten Interessenszuwachs verzeichnet haben. Dies ist stimmig mit der Erkenntnis von Corbalan et al. (2009), dass unverzügliches Feedback in In-Video Quiz zu erhöhtem Interesse führt. Folgerichtig hätte der Interessenszuwachs in *Bedingung 1*

durchschnittlich ebenfalls höher sein sollen als in *Bedingung 3*, was jedoch nicht der Fall war. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass kontinuierliches Schreiben von Annotationen neben höherem Lernerfolg ebenfalls zu höherem Interesse führt.

Die zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung hat jedoch gezeigt, dass das Interesse fürs Thema in allen Bedingungen zwischen Pre- und Post-Test signifikant zugenommen hat und bestätigt, dass sich die Interessenszunahme zwischen den Bedingungen nicht signifikant unterschieden hat. Dies stützt die Befunde von Montazemi (2006) sowie Heuvelman und Verhagen (2011), dass interaktive Videos grundsätzlich einen positiven Einfluss auf das Interesse von Lernenden haben. Diese Befunde werden weiter davon unterstützt, dass sich die Ergebnisse zur Motivation und zur wahrgenommenen Kompetenz beim Arbeiten in der Lernumgebung zwischen den Bedingungen nicht signifikant unterschieden haben.

## 5.2 Beantwortung der Fragestellung

In Anbetracht der dargestellten Ergebnisse kann zunächst einmal gesagt werden, dass das Lernen zum Thema *hydraulischer Energietransport* unabhängig von der Bedingung zu signifikantem Wissenszuwachs einerseits und signifikantem Interessenszuwachs andererseits geführt hat. Konkret bedeutet das, jedes der drei unterschiedlich gestalteten interaktiven Videos begünstigte den Lernerfolg und das Interesse fürs Thema. Nichtsdestotrotz hat sich gezeigt, dass es zwar zwischen den drei Bedingungen keine signifikanten Unterschiede bezüglich Lernerfolg, Lernproduktqualität und Interesse gab, sich allerdings eine klare Tendenz herauskristallisiert hat. Abgesehen vom selbst eingeschätzten kurzfristigen Lernerfolg, der Lernproduktqualität und dem postexperimentellen Interesse deutet alles darauf hin, dass in interaktiven Videos die Kombination von In-Video Quiz und die Möglichkeit kontinuierlich Annotationen zu schreiben (Kombination), den Lernerfolg und das Interesse fürs Thema am stärksten fördert. Mit anderen Worten: eine evidenzbasierte Gestaltung von interaktiven Videos ist wegweisend für effektives Lernen.

## 5.3 Limitationen

Die Limitationen der vorliegenden Studie liegen primär im gewählten Forschungsdesign. Obwohl Feldexperimenten eine hohe externe Validität zugeschrieben wird und die daraus resultierenden Ergebnisse im Vergleich zu Laborexperimenten eine höhere Generalisierbarkeit aufweisen, bergen Feldexperimente diverse Herausforderungen, die einen Einfluss auf das Ergebnis haben können (Brosius et al., 2012). Aus ethischen Überlegungen wurde für die Studie ein Lernvideo ausgewählt, das keinen Einfluss auf die Physiknote der Lernenden hatte, was ihnen vorab klar kommuniziert wurde. Zudem war die Teilnahme am Experiment freiwillig. Dementsprechend bestand keine Aussicht, für gute Leistung belohnt zu werden, weshalb die Performance der Lernenden einzig und allein aus ihrer intrinsischen Motivation resultierte. Dadurch können sich mögliche Effekte bezüglich

unterschiedlicher Gestaltung der interaktiven Videos verringert haben. Bei der Planung der vorliegenden Studie wurde jedoch bewusst davon abgesehen, extrinsische Anreize wie beispielsweise ein Gutschein für die drei höchsten Lernerfolge zu schaffen, um die externe Validität der vorliegenden Studie möglichst hoch zu halten. Darüber hinaus ist nicht zu vernachlässigen, dass trotz identifizierter Störvariablen und abgeleiteter Kontrollmassnahmen (vgl. Tabelle 2) weitere Faktoren eingewirkt haben und folglich die Kausalinterpretation des Einflusses der unterschiedlich gestalteten interaktiven Lernvideos auf Lernerfolg, Lernproduktqualität und Interesse beeinträchtigt wurde (Brosius et al., 2012). Zudem wurden den Lernenden für die Videobearbeitung in der vorliegenden Studie identische technologische Voraussetzungen geboten (Kontrolle Störvariable), was paradoxerweise zugleich dazu führte, dass sie in einer für sie unbekannteren Lernumgebung lernten. Obwohl mit den Vor- bzw. Nachinstruktionsvideos eine Einführung in die relevanten Device- und interaktiven Videofunktionen geboten wurde, konnte keine Übungseinheit durchgeführt werden, was allenfalls mögliche Effekte bezüglich unterschiedlicher Gestaltung der interaktiven Videos ebenfalls beeinträchtigt hat. Eine weitere Limitation der vorliegenden Studie wird folglich darin gesehen, dass für die Durchführung des Feldexperiments wenig Zeit zur Verfügung stand. Dies führte dazu, dass die Befragungen (Pre-, Post- und Delayed Post-Test) nicht erweitert werden konnten. Beispielsweise hätten durch die Erfassung von angewendeten Lernstrategien weitere statistische Berechnungen erfolgen können und vielleicht zu anderen Ergebnissen geführt. Darüber hinaus konnte die Nutzungsintensität der Steuerungsfunktionen im Videotool *ivideo.education* nicht erfasst werden. Diese Daten hätten wie die Erfassung von Lernstrategien zu weiteren Erkenntnissen beigetragen. Mit Blick auf die Lernprodukte stellt sich die Frage, inwiefern die zusätzliche Kategorie *Abdeckung des Inhalts* aus dem Bewertungsschema für einen direkten Vergleich von Gesamtzusammenfassungen und Annotationen sinnvoll ist. Dies wird damit begründet, dass beispielsweise beim kontinuierlichen Schreiben von Annotationen in Videos Kontextinformationen enthalten sind, die im Vergleich zu einer Gesamtzusammenfassung nicht geschrieben werden müssen, um Inhalte vollständig abbilden zu können. Abschliessend ist darauf zu verweisen, dass sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf eine Kantonsschule stützen und diese folglich nicht bedenkenlos auf die gesamte Sekundarstufe II zu übertragen sind.

## 5.4 Implikationen für Forschung und Praxis

In diesem Kapitel wird auf die Implikationen für Forschung und Praxis eingegangen, die sich aus den dargestellten Ergebnissen ergeben haben.

### 5.4.1 Forschung

**Mehr Zeit für die Durchführung:** Ein Feldexperiment im Bildungsbereich ist an die Unterrichtszeiten gebunden. Es hat sich zwar gezeigt, dass 45 Minuten für die Durchführung dieses Experiments gerade ausreichen, aber dennoch wird empfohlen, wenn möglich mehr Zeit einzuplanen. Folglich bestünde einerseits mehr Zeit für die Kennenlernphase zwischen Versuchsleitung und Lernenden, wodurch allenfalls die intrinsische Motivation zur Teilnahme bzw. die Anstrengungsbereitschaft erhöht werden könnte. Andererseits könnte mit mehr Zeit eine Übungseinheit bezüglich Interaktionsfunktionen geboten werden.

**Lernstrategien & Nutzungsintensität:** Es konnten bis auf den Wissenszuwachs zwischen Pre- und Post keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen gefunden werden, was auf die individuellen Lernstrategien der Lernenden zurückzuführen sein könnte. Folglich ist es für weitere Forschung lohnenswert, die Lernstrategien der Lernenden bzw. die Nutzungsintensität von Steuerungsfunktionen zu erfassen, um nicht signifikante Unterschiede bezüglich Gestaltungsparameter relativieren zu können.

**Kognitive Belastung erfassen:** In der vorliegenden Studie wurde die kognitive Belastung bzw. mentale Anstrengung mittels Selbsteinschätzung erfasst. Dies setzt allerdings voraus, dass Lernenden im Stande sein müssen, ihre erfahrene kognitive Belastung retrospektiv beurteilen zu können. Für zukünftige Forschung wäre es demzufolge zielführend, die kognitive Belastung mittels objektiver Methoden zu erfassen. Stebner (2012) verweist hierfür beispielsweise darauf, die Blickabfolge der Lernenden mittels *Eye-Tracking* zu erfassen oder die sogenannte *Dual Task-Methode* anzuwenden (für einen Überblick vgl. Brünken, Steinbacher, Plass & Leutner, 2002).

### 5.4.2 Praxis

Für die Praxis grundsätzlich und speziell für die Lehrpersonen der Kantonsschule Wetzikon lassen sich aus den präsentierten Ergebnissen folgende Implikationen ableiten:

**Berücksichtigung kognitiver Verarbeitungsprozesse:** Aufgrund dessen, dass physikalische Themen durch ihre Komplexität einen hohen Intrinsic Cognitive Load innehaben, ist die Berücksichtigung von Mayers (2009) Gestaltungsprinzipien bereits bei der Vorbereitung der Rohvideos von hoher Relevanz, um den Extraneous Cognitive Load möglichst gering zu halten. Konkret haben die Ergebnisse aus der Vorstudie gezeigt, dass die Lernenden im Sinne des *Personifizierungsprinzips* in den Videos verstärkt direkt angesprochen werden sollten, um den sozialen Bezug zur Lehrperson zu schaffen. Obwohl das

Videotool *Edpuzzle* über Steuerungsfunktionen verfügt, sollten zudem die Prinzipien *räumliche-* und *zeitliche Kontiguität*, *Segmentierung* und *Signalisierung* verstärkt berücksichtigt werden. Gerade bei mathematischen Formeln ist es hilfreich, diese Schritt für Schritt zu präsentieren.

**Interaktionsfunktionen:** Die Verwendung von In-Video Quiz sollte beibehalten und stets darauf geachtet werden, dass die Quiz eine Fortsetzung und keine Erweiterung des Videoinhalts darstellen, um eine Ablenkung vom gewünschten Lernziel zu vermeiden. Die Ergebnisse haben tendenziell gezeigt, dass die Kombination von In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen für Lernerfolg und Interesse von Vorteil ist. Obwohl Notizen im Lernjournal *OneNote* parallel zur Videobearbeitung bzw. kontinuierlich geschrieben werden können, würde das Schreiben von Annotationen in Videos dennoch Vorteile bieten. Konkret könnten die Lernenden das Video mittels Annotationsfunktion in eine für sie bereichernde Informationsstruktur transformieren und folglich wäre das Lernprodukt nicht losgelöst vom Video bzw. wären alle Informationen in ein und demselben Medium zusammengestellt.

**Aufgabe:** Wie aus den theoretischen Erläuterungen einerseits und den Ergebnissen andererseits hervorging, wird Lernen mit interaktiven Videos nicht alleine durch das Vorhandensein von Interaktionsfunktionen (z. B. Annotationsfunktion) unterstützt, sondern hängt zentral von sinnvollen Aufgaben ab. Das bedeutet, die Lernenden sollten bereits zu Beginn der Videos explizit zu generativen Aktivitäten bzw. zum kontinuierlichen Schreiben von Notizen aufgefordert werden.

## 5.5 Fazit

Mit vorliegender Studie wurde ein erster Schritt zur Erhöhung der ökologischen Validität des SNF-Projekts getätigt und zugleich aus systemischer Perspektive untersucht, wie interaktive Videos im Physikunterricht der Sekundarstufe II für effektives selbständiges Lernen eingesetzt werden können. Obwohl keine signifikanten Effekte von unterschiedlich gestalteten interaktiven Lernvideos auf Lernerfolg und Interesse resultierten, war in den deskriptiven Daten eine klare Tendenz zu erkennen. Eine evidenzbasierte Gestaltung bzw. die Kombination aus In-Video Quiz und kontinuierlichem Schreiben von Annotationen führt durchschnittlich zu höherem Lernerfolg und Interesse. In Bezug zu generativen Lernaktivitäten bedeutet das, dass der Aufforderungszeitpunkt zu generativen Aktivitäten für effektives Lernen entscheidend ist. Allerdings stützen sich die Ergebnisse dieser Studie auf eine Kantonsschule und können folglich nicht bedenkenlos auf die gesamte Sekundarstufe II übertragen werden. Demzufolge wäre es zukünftig spannend, das Lernen mit interaktiven Videos in weiteren Bildungsinstitutionen auf Ebene Sekundarstufe II zu untersuchen, um die Ergebnisse vergleichen zu können.

## 6. Literaturverzeichnis

- Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Baker, A. (2016). Active learning with interactive videos: Creating student-guided learning materials. *Journal of Library & Information Services in Distance Learning*, 10(3–4), 79–87.
- Bangert-Drowns, R. L., Hurley, M. M. & Wilkinson, B. (2004). The effects of school-based writing-to-learn interventions on academic achievement: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 74(1), 29–58.
- Blömeke, S. (2003). Lehren und Lernen mit neuen Medien-Forschungsstand und Forschungsperspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 31(1), 57–82.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Brosius, H. B., Haas, A. & Koschel, F. (2012). *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung. Eine Einführung* (6., erweiterte und aktualisierte Aufl.). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Brünken, R., Steinbacher, S., Plass, J. L. & Leutner, D. (2002). Assessment of cognitive load in multimedia learning using dual-task methodology. *Experimental psychology*, 49(2), 109–119.
- Cachia, R., Ferrari, A., Ala-Mutka, K. & Punie, Y. (2010). *Creative learning and innovative teaching: Final report on the study on creativity and innovation in education in EU member states*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Calandra, B., Brantley-Dias, L. & Dias, M. (2006). Using digital video for professional development in urban schools: A preservice teacher's experience with reflection. *Journal of Computing in Teacher Education*, 22(4), 137–145.
- Carswell, L. (1997). Teaching via the Internet: the impact of the Internet as a communication medium on distance learning introductory computing students. In *Proceedings of the 2nd Conference on Integrating Technology into Computer Science Education* (pp. 1–5). Uppsala, Sweden.
- Cattaneo, A. A. P., Nguyen, A.-T., Sauli, F., & Aprea, C. (2015). Scuolavisione: Teaching and learning with hypervideo in the Swiss vocational system. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 11(2), 27–47.
- Cattaneo, A. A. P., van der Meij, H., Aprea, C., Sauli, F. & Zahn, C. (2019). A model for designing hypervideo-based instructional scenarios. *Interactive learning environments*, 27(4), 508–529.

- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Cierniak, G., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load?. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 315–324.
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21–29.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 122(1), 155–159.
- Corbalan, G., Kester, L. & van Merriënboer, J. J. (2009). Dynamic task selection: Effects of feedback and learner control on efficiency and motivation. *Learning and Instruction*, 19(6), 455–465.
- Cummins, S., Beresford, A. R. & Rice, A. (2016). Investigating engagement with in-video quiz questions in a programming course. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(1), 57–66.
- Dale, E. (1969). *Audiovisual methods in teaching* (3rd ed.). New York: The Dryden Press.
- Davis, D., Hauff, C. & Houben, G. J. (2018). Evaluating Crowdworkers as a Proxy for Online Learners in Video-Based Learning Contexts. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2(CSCW), 42. ACM.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. A. Dienstbier (Ed.), *Perspectives on motivation* (pp. 237–288). Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R.M. (2003). *Intrinsic Motivation Inventory*. Verfügbar unter: [https://gih.instructure.com/files/2040/download?download\\_frd=1](https://gih.instructure.com/files/2040/download?download_frd=1)
- Delen, E., Liew, J. & Wilson, V. (2014). Effects of interactivity and instructional scaffolding on learning: Self-regulation in online video-based environments. *Computers & Education*, 78, 312–320.
- Doctorow, M., Wittrock, M. C. & Marks, C. (1978). Generative processes in reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 70(2) 109–118.
- Donkor, F. (2010). The comparative instructional effectiveness of print-based and video-based instructional materials for teaching practical skills at a distance. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11(1), 96–116.
- Edpuzzle (2019). *Make any video you lesson*. Verfügbar unter <https://edpuzzle.com>

- Field, A. P. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3rd ed.). London: Sage Publications Ltd.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741.
- Gerjets, P., Scheiter, K. & Cierniak, G. (2009). The scientific value of cognitive load theory: A research agenda based on the structuralist view of theories. *Educational Psychology Review*, 21(1), 43–54.
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and instruction*, 16(6), 511–525.
- Greeno, J. G. & Engeström, Y. (2014). Learning in Activity. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. 2nd ed. (pp. 129–150). Cambridge: Cambridge University Press.
- Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014, March). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference* (pp. 41–50). ACM.
- Hone, K. S. & El Said, G. R. (2016). Exploring the factors affecting MOOC retention: A survey study. *Computers & Education*, 98, 157–168.
- Kantonsschule Zürcher Oberland in Wetzikon (2019): *6.13 Physik: Richtziele*. Verfügbar unter <https://www.kzo.ch/index.php?id=102>
- Kay, R. & Edwards, J. (2012). Examining the Use of Worked Example Video Podcasts in Middle School Mathematics Classrooms: A Formative Analysis. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 38(3).
- Keller, S., Ogrin, S., Ruppert, W. & Schmitz, B. (2013). *Gelingendes Lernen durch Selbstregulation. Ein Trainingsprogramm für die Sekundarstufe II*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung* (2. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Khurana, K. & Chandak, M. B. (2013). Study of various video annotation techniques. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 2(1), 909–914.
- Kim, J., Li, S. W., Cai, C. J., Gajos, K. Z. & Miller, R. C. (2014). Leveraging video interaction data and content analysis to improve video learning. In *Proceedings of the CHI 2014 Learning Innovation at Scale workshop*.
- Kovacs, G. (2016, April). Effects of in-video quizzes on MOOC lecture viewing. In *Proceedings of the third ACM conference on Learning@ Scale* (pp. 31–40). ACM.

- Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development* 42(2), 7–19.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International journal of science education*, 33(1), 27–50.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212–218.
- Krauskopf, K., Zahn, C., Hesse, F. W. & Pea, R. D. (2014). Understanding video tools for teaching: Mental models of technology affordances as inhibitors and facilitators of lesson planning in history and language arts. *Studies in Educational Evaluation*, 43, 230–243. doi: 10.1016/j.stueduc.2014.05.002
- Langston, W. (2011). *Research methods laboratory manual for psychology* (3rd ed). Wadsworth: Cengage Learning.
- Leutner, D. & Rammsayer, T. (1995). Complex trait-treatment-interaction analysis: A powerful approach for analysing individual differences in experimental designs. *Personality and Individual Differences*, 19(4), 493–511.
- Lin, C. C. & Tseng, Y. F. (2012). Videos and Animations for Vocabulary Learning: A Study on Difficult Words. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(4), 346–355.
- Lindgren, R., Pea, R., Lewis, S. & Rosen, J. (2007, July). Learning from digital video: An exploration of how interactions affect outcomes. In *Proceedings of the 8th international conference on Computer supported collaborative learning* (pp. 447–449). International Society of the Learning Sciences.
- Marold, K. A., Larsen, G. & Moreno, A. (2000). Web-based learning: Is it working? A comparison of student performance and achievement in Web-based courses and their in-classroom counterparts. In *Proceedings of the 2000 information resources management association international conference on Challenges of information technology management in the 21st century* (pp. 350–353).
- Mayer, R. E. (1999). Multimedia aids to problem-solving transfer. *International Journal of Educational Research*, 31(7), 611–623.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist*, 63(8), 760–769.

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Dow, G. T. & Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds?. *Journal of Educational Psychology, 95*(4), 806–812.
- McAllister, N. C. & McAllister, D. F. (1996). Providing education electronically to nontraditional sites: new delivery to a new audience. In *Proceedings of the 14th annual international conference on Systems documentation: Marshaling new technological forces: building a corporate, academic, and user-oriented triangle* (pp. 187–193). North Carolina, USA.
- Merkt, M., Weigand, S., Heier, A. & Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. *Learning and Instruction, 21*(6), 687–704.
- Montazemi, A. R. (2006). The effect of video presentation in a CBT environment. *Educational Technology & Society, 9*(4), 123–138.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*(2), 358–368.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2000a). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology, 92*(1), 117–125.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2000b). A learner-centered approach to multimedia explanations: Deriving instructional design principles from cognitive theory. *Interactive multimedia electronic journal of computer-enhanced learning, 2*(2), 12–20.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of Educational Psychology, 94*(3), 598–610.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2004). Personalized messages that promote science learning in virtual environments. *Journal of Educational Psychology, 96*(1), 165–173.
- Müller, F. H. (2006). Interesse und Lernen. *Report-Zeitschrift für Weiterbildungsforschung, 29*(1), 48–62.
- Nikopoulou-Smyrni, P. & Nikopoulos, C. (2010). Evaluating the impact of video-based versus traditional lectures on student learning. *Educational Research, 1*(8), 2010, 304–311.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. & Van Gerven, P. W. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational psychologist, 38*(1), 63–71.
- Paas, F. G. & van Merriënboer, J. J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human factors, 35*(4), 737–743.

- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Pilegard, C. & Fiorella, L. (2016). Helping students help themselves: Generative learning strategies improve middle school students' self-regulation in a cognitive tutor. *Computers in Human Behavior, 65*, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.020>
- Plass, J. L., Moreno, R. & Brünken, R. (2010). *Cognitive load theory*. Cambridge: University Press.
- Pöge, A. (2011). Persönliche Codes bei Längsschnittuntersuchungen III: fehlertolerante Zuordnung unverschlüsselter und verschlüsselter selbstgenerierter Codes im empirischen Test. *Methoden, Daten, Analysen (mda), 5*(1), 109–134.
- Pursel, B. K., Zhang, L., Jablokow, K. W., Choi, G. W. & Velegol, D. (2016). Understanding MOOC students: Motivations and behaviours indicative of MOOC completion. *Journal of Computer Assisted Learning, 32*(3), 202–217.
- Rice, P., Beeson, P. & Blackmore-Wright, J. (2019). Evaluating the Impact of a Quiz Question within an Educational Video. *TechTrends, 63*, 522–532.
- Rich, P. J. & Hannafin, M. (2009). Video Annotation Tools Technologies to Scaffold, Structure, and Transform Teacher Reflection. *Journal of Teacher Education, 60*(1), 52–67.
- Rowe, A. & Wood, L. (2008). What feedback do students want?. In *Australian Association for Research in Education, Conference* (pp. 1–9). Australian Association for Research in Education.
- Santagata, R. (2009). Designing video-based professional development for mathematics teachers in low-performing schools. *Journal of teacher education, 60*(1), 38–51.
- Schiefele, U. & Krapp, A. (1991, April). The effects of topic interest and cognitive characteristics on different indicators of free recall of expository text. In *annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago*.
- Schmidt-Atzert, L. & Amelang, M. (2012). *Psychologische Diagnostik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schön, S. (2013). Klappe zu! Film ab! – Gute Lernvideos kinderleicht erstellen. In J. Pauschenwein (Hrsg.), *Lernen mit Videos und Spielen* (S. 3-10). Tagungsband zum 12. E-Learning Tag der FH JOANNEUM am 18.09.2013.
- Schwan, S. & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction, 14*(3), 293–305.
- Seidel, N. (2018). *Interaction Design Patterns und CSCL-Scripts für Videolernumgebungen* (Dissertation). Technische Universität Dresden. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-233756>

- Sembill, D. (1992). *Problemlösefähigkeit, Handlungskompetenz und emotionale Befindlichkeit: Zielgrößen forschenden Lernen*. Göttingen: Hogrefe.
- Shelton, C. C., Warren, A. E. & Archambault, L. M. (2016). Exploring the use of interactive digital storytelling video: Promoting student engagement and learning in a university hybrid course. *Tech Trends*, 60(5), 465–474.
- Stebner, F. (2012). *Kompensierende Effekte beim Lernen mit Multimedia* (Dissertation). Ruhr Universität Bochum. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/profile/Ferdinand\\_Stebner/publication/268808159\\_Kompensierende\\_Effekte\\_beim\\_Lernen\\_mit\\_Multimedia/links/54771ac40cf245eb43729d3e/Kompensierende-Effekte-beim-Lernen-mit-Multimedia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ferdinand_Stebner/publication/268808159_Kompensierende_Effekte_beim_Lernen_mit_Multimedia/links/54771ac40cf245eb43729d3e/Kompensierende-Effekte-beim-Lernen-mit-Multimedia.pdf)
- Stiller, K. D., Bachmaier, R. & Köster, A. (2013). *NiceDesign4KMU. Online-Weiterbildung „Mediengestaltung“*. Evaluationsbericht. Regensburg: Universität Regensburg, Institut für Pädagogik.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell: ACER Press.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19–30). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251–296.
- Swinnerton, B., Hotchkiss, S. & Morris, N. P. (2017). Comments in MOOCs: Who is doing the talking and does it help?. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(1), 51–64.
- Szpunar, K., Jing, H. & Schacter, L. (2014). Overcoming overconfidence in learning from video-recorded lectures: Implications of interpolated testing for online educators. *Journal of applied research in memory Cognition*, 3(3), 161–164.
- Tiernan, P. (2015). An inquiry into the current and future uses of digital video in University teaching. *Education and Information Technology* 20(1), 75–90.
- Tobias, S. (1994). Interest, prior knowledge, and learning. *Review of Educational Research*, 64(1), 37–54.
- Tseng, S.-F., Tsao, Y.-W., Yu, L.-C., Chan, C.-L. & Lai, K. R. (2016). Who will pass? Analyzing learner behaviors in MOOCs. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(1), 8.

- Universität Zürich (2019). *Einfaktorielle Varianzanalyse (mit Messwiederholung)*. Verfügbar unter [https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse\\_spss/unterschiede/zentral/evarianzme/ssw.html](https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/evarianzme/ssw.html)
- Van Merriënboer, J. J. & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional studies: Design principles and strategies. *Medical Education*, 44(1), 85–93.
- Verleur, R., Heuvelman, A., & Verhagen, P. W. (2011). Trigger videos on the web: impact of audiovisual design. *British journal of educational technology*, 42(4), 573–582.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.
- Wittrock, M. C. (1992). Generative learning processes of the brain. *Educational Psychologist*, 27(4), 531–541.
- Wolbring, T. & Keuschnigg, M. (2015). Feldexperiment in den Sozialwissenschaften: Grundlagen, Herausforderungen, Beispiele. In M. Keuschnigg & T. Wolbring (Hrsg.), *Experimente in den Sozialwissenschaften* (S. 219–245). Baden-Baden: Nomos.
- Yousef, A. M. F., Chatti, M. A. & Schroeder, U. (2014). The state of video-based learning: A review and future perspectives. *International Journal on Advances in Life Sciences*, 6(3/4), 122–135.
- Yousef, A. M. F., Chatti, M. A., Danoyan, N., Thüs, H. & Schroeder, U. (2015). Video-Mapper: A Video Annotation Tool to Support Collaborative Learning in MOOCs. *Proceedings of the Third European MOOCs Stakeholders Summit EMOOCs*, 131–140.
- Zahn, C., Barquero, B. & Schwan, S. (2004). Learning with Hyperlinked Videos – Design Criteria and Efficient Strategies of Using Audiovisual Hypermedia. *Learning and Instruction*, 14(3), 275–291.
- Zahn, C., Pea, R., Hesse, F. W. & Rosen, J. (2010). Comparing simple and advanced video tools as supports for complex collaborative design processes. *The Journal of Learning Sciences*, 19(3), 403–440.
- Zahn, C., Krauskopf, K., Hesse, F. W. & Pea, R. (2012). How to improve collaborative learning with video tools in the classroom? Social vs. cognitive guidance for student teams. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 7(2), 259–285.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen im Klartext*. München: Pearson Studium.

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systemisches Modell des aktiven Lernens (nach Greeno & Engeström, 2014, S. 131).....	5
Abbildung 2: Cognitive Theory of Multimedia Learning (nach Mayer, 2005, S. 37).....	10
Abbildung 3: Überblick der Studiendurchführung (eigene Darstellung).....	22
Abbildung 4: Verwendete Apparate, Materialien und Geräte (eigene Darstellung).....	25
Abbildung 5: Ausschnitt aus Rohvideo (vor vs. nach Überarbeitung).....	27
Abbildung 6: Code-Blatt (inkl. Rückseite).....	31
Abbildung 7: Messungen im Pre-, Post- und Delayed Post-Test (eigene Darstellung).....	32
Abbildung 8: Raum für die Datenerhebung vor Ort (Pretest, Videobearbeitung, Post-Test) .....	35
Abbildung 9: Arbeitsplatz mit iPad, Tastatur, Touchpen, Code-Blatt (Rückseite) & Kugelschreiber.....	36
Abbildung 10: Bedingungen 1 bis 3 (eigene Darstellung) .....	41

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stichprobe .....	21
Tabelle 2: Störvariablen und Kontrollmassnahmen .....	23
Tabelle 3: Inhalt der Vor- und Nachinstruktionsvideos je Bedingung .....	28
Tabelle 4: Ausgewählte Kategorien zur Bewertung der Lernprodukte .....	39
Tabelle 5: Deskriptive Daten zum Lernerfolg (objektive Messung) .....	42
Tabelle 6: Deskriptive Daten zum Lernerfolg (subjektive Messung) .....	43
Tabelle 7: Deskriptive Daten zum Interesse fürs Thema .....	45
Tabelle 8: Deskriptive Daten zur Motivation und wahrgenommene Kompetenz.....	46

## 9. Anhang: Inhaltsverzeichnis

A	Skript & PowerPoint-Präsentation für Status-Quo-Lernvideo.....	1
B	Zusammenfassung der fünf Gestaltungsprinzipien für Videolernumgebungen.....	6
C	Begleitpräsentation für Expertengruppe.....	11
D	Überarbeitetes Skript und überarbeitete PowerPoint-Präsentation für Rohvideo.....	13
E	Skripte & PowerPoint-Präsentationen für Instruktionvideos .....	19
F	Gesamtfragebogen .....	29
G	iPad-Installationsprozess.....	39
H	Skript und Begleitpräsentation für mündliche Instruktion.....	40
I	Wissenstest .....	43
J	Interesses fürs Thema: Items aus Subskala <i>Interest/Enjoyment</i> (IMI) .....	45
K	Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in Lernumgebung: Items aus KIM-Subskalen .....	47
L	Überprüfung auf Normalverteilung.....	48
M	Überprüfung auf Varianzhomogenität .....	51

## A Skript & PowerPoint-Präsentation für Status-Quo-Lernvideo

### Skript

#### Folie 1

In vielen Maschinen gibt es hydraulische Systeme. So werden Kräfte mit Hilfe von Hydrauliköl und geschickten Kolbenverhältnissen vervielfacht, was sehr nützlich ist, wenn man schwere Lasten heben muss. Wie wollen in diesem Video verstehen, wie man mit einer kleinen Kraft mit einem hydraulischen System eine grössere ausüben kann.

#### Folie 2

Drückt man mit der Kraft  $F_1$  auf den kleinen Kolben der Fläche  $A_1$ , ergibt sich ein bestimmter Druck in der Flüssigkeit, der auch auf den grossen Kolben wirkt (**Frage 1:** Wie war die Formel für den Druck?  $p = F \cdot A$ ,  $p = \frac{F}{A}$ ). Es muss also gelten:  $F_2$  auf die Fläche  $A_2$  ist gleich gross wie der Druck  $p_1$ . Da die Fläche  $A_2$  grösser ist als die Fläche  $A_1$ , muss also die Kraft  $F_2$  grösser sein als die Kraft  $F_1$ .

Dies können wir in einem Experiment demonstrieren. Zwei Kolben sind mit einem Schlauch voller Wasser verbunden. Die Fläche des linken Kolbens ist viermal kleiner als die des rechten.

Wenn man also ein Gewicht von 50g auf den linken Kolben hinstellt, kann man ihn (**Frage 2:** Welches Gewicht muss auf den rechten Kolben platziert werden, damit beide im Gleichgewicht sind? 12.5 g, 50 g, 200g) mit einem Gewicht von 200g auf dem rechten Kolben im Gleichgewicht stellen. Das ist die Idee eines hydraulischen Systems. Mit einer kleinen Kraft auf einen kleinen Kolben kann man eine grosse Kraft auf den grossen Kolben ausüben.

#### Folie 3

Schauen wir ein konkretes Beispiel an: Wäre es möglich einen Elefanten der Masse Tausend Kilogramm mit einem Finger hochzuheben? Die Fläche  $A_1$  des kleinen Kolbens beträgt 1 Quadrat Zentimeter und die Fläche des grossen Kolbens misst 1 Quadrat Meter. Die kleine Fläche ist also 10 Tausend mal kleiner als die grosse.

Da der Druck überall gleich ist gilt: (**Frage 3:** Was gilt für die beiden Kolben?  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ ,  $F_1 A_1 = F_2 A_2$ )

$F_1$  durch  $A_1$  gleich  $F_2$  durch  $A_2$ . Wir formen nach  $F_1$  um \*\*\* und setzen die Zahlen ein. \*\*\*

Wir erhalten ca. 1 N, was tatsächlich 10 Tausend mal kleiner als die Gewichtskraft des Elefanten ist.

Somit ist es tatsächlich möglich den Elefanten mit einem Finger hochzuheben. Ist das jetzt ein

Geheimtipp wie man Energie bei der Arbeit sparen kann? Nicht ganz.

**Folie 4**

Mit einem hydraulischen System kann man sozusagen Kraft sparen, jedoch keine Energie. Wenn man mit der Hand die Kraft  $F_1$  ausübt, bewegt sich der Kolben um die Strecke  $\Delta s_1$ . Der grosse Kolben hat sich aber sehr wenig bewegt: nur um die Strecke  $\Delta s_2$ .

Das Produkt aus Kraft und zurückgelegte Strecke (**Frage 4 «offen»**: Welche Grösse beschreibt das Produkt  $F \cdot \Delta s$  ?) ist die Energie, die für die Verschiebung des Kolbens gebraucht wurde. Beide Produkte lassen sich auch mit dem Druck anders ausdrücken. Wir schreiben die Kraft als Produkt von Druck und Fläche.

Somit finden wir in den beiden Energietermen das Volumen der verschobenen Flüssigkeit. Da die Flüssigkeit nicht zusammendrückbar ist, können wir beide Volumina gleichsetzen (**Note**: Die Flüssigkeit wurde von der einen Seite auf die andere verschoben: das Volumen ist aber dasselbe. Der Druck ist ebenfalls auf beiden Seiten gleich.) Somit sind auch beide Energieterme gleich. Obwohl man keine Energie spart, sind solche Systeme sehr hilfreich. So ist es möglich mit relativ kleiner Kraft und einem hydraulischen Wagenheber ein Auto hochzuheben, um z.B. ein Rad zu wechseln.

**Folie 5**

Fassen wir zusammen:

Mit einem hydraulischen System wird eine kleine Kraft auf einen kleinen Kolben ausgeübt. Da der Druck in der ganzen Flüssigkeit gleich ist, ergibt sich so eine grössere Kraft auf die grössere Fläche. Die Kräfte verhalten sich dann wie die Kolbenflächen.

Wenn wir den kleinen Kolben verschieben, brauchen wir eine bestimmte Energiemenge. Das hydraulische System überträgt diese Energiemenge auf den grösseren Kolben. Die zurückgelegten Strecken der Kolben sind dabei umgekehrt proportional zu den Flächen. Je kleiner also die Fläche, desto mehr Weg muss man zurücklegen.

PowerPoint-Präsentation

Folie 1

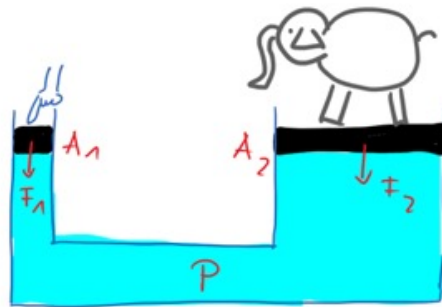


Folie 2

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = P_2$$

50g      200g

Folie 3



wenn  $A_1 = 1,0 \text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 1,0 \text{ m}^2$   
 und  $m = 1000 \text{ kg}$ :  $F_1 = ?$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \boxed{F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{1,0 \text{ m}^2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0,981 \text{ N} \approx \underline{1,0 \text{ N}}$$

Folie 4

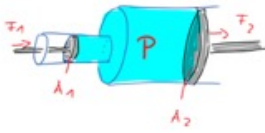


$$\Delta E_1 = \underbrace{P_1 A_1}_{\Delta V_1} \cdot \Delta S_1 \qquad \Delta E_2 = \underbrace{P_2 A_2}_{\Delta V_2} \cdot \Delta S_2$$

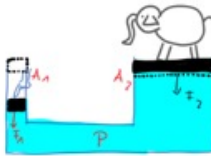
$$\boxed{\Delta E_1 = \Delta E_2}$$

## Folie 5

## Zusammenfassung



$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$



$$\Delta s_1 \cdot A_1 = \Delta s_2 \cdot A_2$$

## B Zusammenfassung der fünf Gestaltungsprinzipien für Videolernumgebungen

### Kognitive Theorie des Lernens mit Multimedia

Bei der Kognitiven Theorie des Lernens mit Multimedia von Richard E. Mayer und Kollegen handelt es sich um eine evidenzbasierte Richtlinie im Bereich des multimedialen Lernens, die auf eine effektivere Gestaltung von dynamischen Visualisierungen, also auch Videos, abzielt. Der Theorie liegen drei Annahmen zugrunde: (1) Menschen verarbeiten in zwei voneinander getrennten Kanälen auditive und visuelle Informationen; (2) jeder dieser beiden Kanäle hat eine begrenzte Verarbeitungskapazität; und (3) Lernen erfordert eine substantielle kognitive Verarbeitung im auditiven und visuellen Kanal (Mayer und Moreno 2003, S. 44). Darin zu erkennen sind Bezüge zur *Cognitive Load Theory* und *Dual Coding Theory* (Paivio 1990). Letztere besteht aus der Annahme, dass verbale und bildliche Codes in zwei voneinander unabhängigen Kanälen verarbeitet und Schritt für Schritt im Gedächtnis integriert werden (vgl. Abbildung 1).

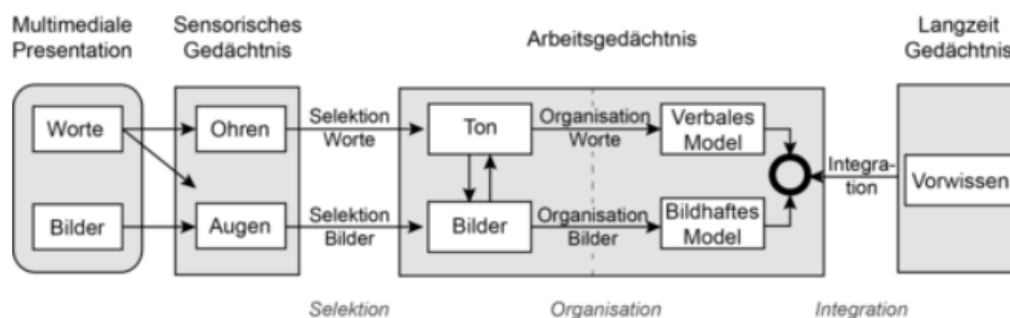


Abbildung 1: Veranschaulichung des Multimedialernens nach Mayer (2009). Informationen werden zunächst kanalspezifisch verarbeitet und anschliessend mit dem Vorwissen kombiniert.

Aus der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens hat Mayer (2009) zwölf grundlegende Prinzipien für die Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen abgeleitet. Aus Sicht der Gestaltung beziehen sich die Prinzipien einerseits auf narrative und visuelle Aspekte der Medienrepräsentation und andererseits auf die Sequenzierung von Lerninhalten. Für die Gestaltung graphischer Benutzerschnittstellen sowie für eine adäquate Usability bieten diese Gestaltungsprinzipien einen theoretischen Bezugsrahmen, der durch randomisierte und kontrollierte Experimente validiert ist. Die experimentellen Belege beruhen jedoch zum grossen Teil auf Lernressourcen, die nur einen Teil der dem Video zugeschriebenen Eigenschaften auf sich vereinen. Niegemann et al. (2008) und Zahn (2004) teilen jedoch die Ansicht, dass die evidenzbasierten Richtlinien auf das Lernen mit Videos übertragen werden können. Folglich wurden aus den insgesamt zwölf Prinzipien des kognitiven Lernens mit Multimedia fünf Anforderungen speziell für Videolernumgebungen abgeleitet, die in den nachfolgenden Absätzen vorgestellt werden.

## 1. Prinzip der Segmentierung

Präsentationen multimedialer Informationen erzielen eine lernförderlichere Wirkung, wenn sie sequenziell segmentiert sind und ihre Wiedergabegeschwindigkeit und -reihenfolge durch den Lernenden kontrolliert werden können (Mayer 2009, S. 176). Dieses Prinzip gilt insbesondere für komplexe Lerninhalte, schnell ablaufende Darbietungen und für Lernende mit wenig Vorwissen (Mayer 2009, S. 176ff). Im Kontext von Lernvideos bedeutet das beispielsweise komplexe Grafiken oder mathematische Formeln, ähnlich wie beim Erstellen eines Tafelbildes, schrittweise zu einem Gesamtbild zu ergänzen (vgl. Abbildung 2). Ein weiteres Beispiel sind kurze, mehrmals abspielbare Videoszenen, die sich als Lernressource besser eignen als eine zusammenhängende Abfolge derselben (Hatsidimitris und Allen 2010). Innerhalb eines Videoplayers lässt sich dies etwa durch zeitgenaue Sprungmarken eines Inhaltsverzeichnisses erreichen.

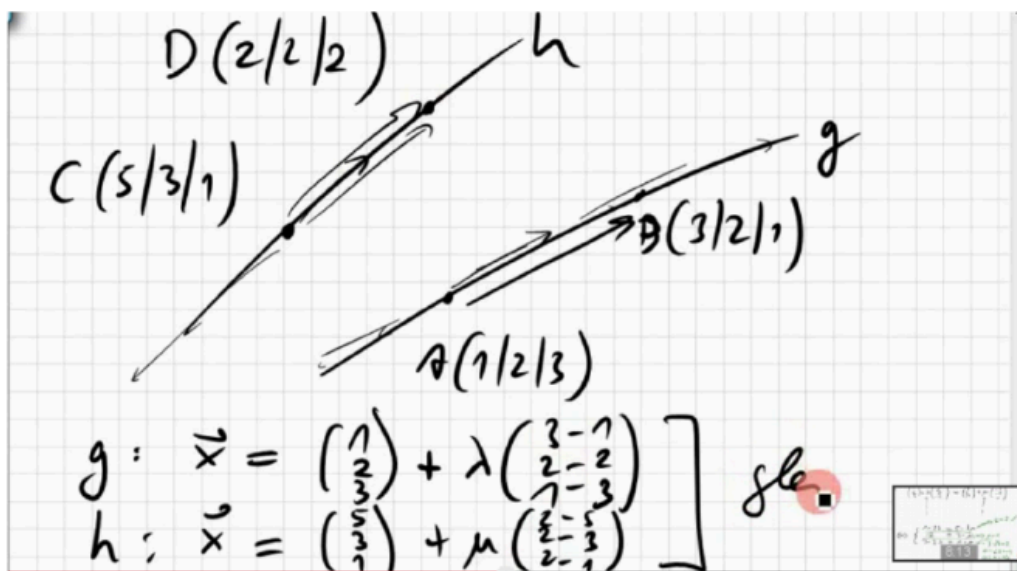


Abbildung 2: Beispiel eines Lernvideos, bei dem Formeln per Stifteingabe auf einem tablet computer

## 2. Prinzip der Signalisierung

Lernende verstehen multimediale Präsentationen besser, wenn darin Hinweise enthalten sind, wie die Informationen zu verarbeiten sind (Mayer und Moreno 2003). Werden essentielle Informationen hervorgehoben oder betont, fördert dies den Wissenserwerb und mindert gleichzeitig die Verarbeitung irrelevanter Fakten bzw. irrelevanter Aspekte von Grafiken (extraneous load). Die Anwendung des Signalisierungsprinzips lenkt die Aufmerksamkeit der Rezipienten auf die Schlüsselemente, die dadurch miteinander in Beziehung gebracht werden. Hervorhebungen bzw. Betonungen unterstützen die mentale Auswahl und Organisation des Lernmaterials. Dies ist umso wichtiger, wenn es nicht möglich ist irrelevante Informationen weg zu lassen (Mayer 2009, S. 108). Verbale und visuelle Signale sind jedoch nur dann wirksam, wenn man sparsam von ihnen Gebrauch macht. Die *Abbildung 3* zeigt eine Möglichkeit den Fokus der

Aufmerksamkeit auf einen Bildausschnitt zu legen. Weitere verbale und visuelle Techniken zur Anwendung des Signalisierungsprinzips in Videos sind Gegenstand der folgenden Aufzählung (Mayer 2009, S. 110/112):

#### Verbale Signale

- Kurzfassung / Überblick zu Beginn
- Überschriften mit Bezug zur Kurzfassung
- sprachliche Betonung durch lautes oder langsames Sprechen
- Schlüsselwörter
- Signalwörter: z.B. Aufzählungen („erstens, zweitens, . . .“)
- Zusammenfassung

#### Visuelle Signale

- Schaubilder („visual organizer“)
- Auflistungen
- Pfeile, Rahmen
- Farbcodes
- blinkende Schlüsselkomponenten
- hinweisende Gesten durch den Sprecher
- zentrale Elemente durch „Ausgrauen“ der Umgebung oder Heranzoomen hervorheben

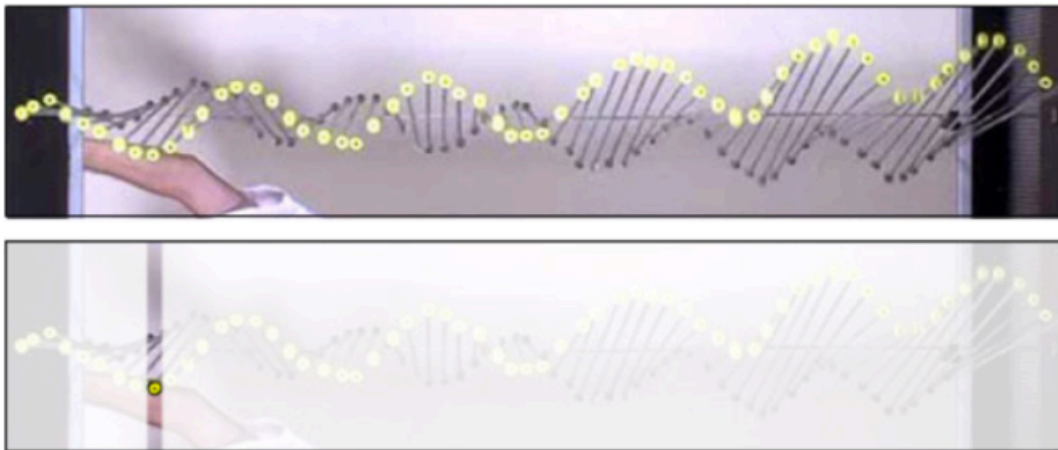


Abbildung 3: Ein Beispiel eines Lernvideos ohne und mit einer Hervorhebung

### 3. Redundanz-Prinzip

Die redundante, parallele Darstellung von geschriebenem und gesprochenem Text stellt für den Lernenden eine Doppelbelastung dar. Die redundante Information erhöht die kognitive Last durch Irrelevantes und bindet unnötig viele kognitive Ressourcen. Während über den visuellen Kanal Bilder und Texte verarbeitet werden, erfolgt über den auditiven Kanal ein Abgleich des gesprochenen mit dem geschriebenen Wort. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Sprecher in einer Vortragsaufzeichnung nur das wiedergibt, was auf den simultan gezeigten Präsentationsfolien zu lesen ist. Dies überfordert den Rezipienten, weshalb die redundanten Informationen zugunsten des gesprochenen Texts zu vermeiden sind. Für dieses Prinzip gelten jedoch eine Reihe von Ausnahmen, falls:

- keine bildlichen Informationen dargeboten werden und der Text kurz ist
- die Wissenspräsentation sehr langsam erfolgt bzw. durch den Lernenden gesteuert werden kann
- unbekannte oder fachspezifische Begriffe auftreten
- der gesprochene Text vor dem angezeigten Text erscheint
- Nicht-Muttersprachler oder Menschen mit Lernschwierigkeiten zum besseren Verstehen der Lerninhalte Untertitel benötigen. (Mayer 2009, S. 118)

#### 4. Prinzip der Räumlichen Kontiguität

Es ist lernförderlich, korrespondierende Worte und Bilder nah beieinander zu präsentieren, anstatt sie auf verschiedene Seiten oder Frames zu verteilen. Wenn sich eine enge semantische Beziehung zwischen Informationseinheiten auch durch ihre räumliche Nähe ausdrückt, wird dem Rezipienten die Herstellung dieser Beziehung erleichtert. Dies gilt insbesondere für Relationen zwischen bildlichen und verbalen Informationen, deren kognitive Verarbeitung über den bildlichen Kanal erfolgt. Suchprozesse, die das Arbeitsgedächtnis beanspruchen, lassen sich somit vermeiden. Das Prinzip der räumlichen Nähe ist insbesondere dann anzuwenden, wenn die Darstellung von Illustrationen bzw. Animationen komplex oder nicht selbsterklärend ist. Beispielsweise ist es lernförderlicher, Objekte bzw. Abläufe direkt im Bild zu beschriften, anstatt in einer separaten Legende (vgl. Abbildung 4). Das Prinzip der räumlichen Nähe begründet beispielsweise, warum Videos besser direkt in einer Webseite eingebettet, anstatt verlinkt werden sollten. Lernende mit wenig Vorwissen profitieren besonders von diesem Gestaltungsprinzip.

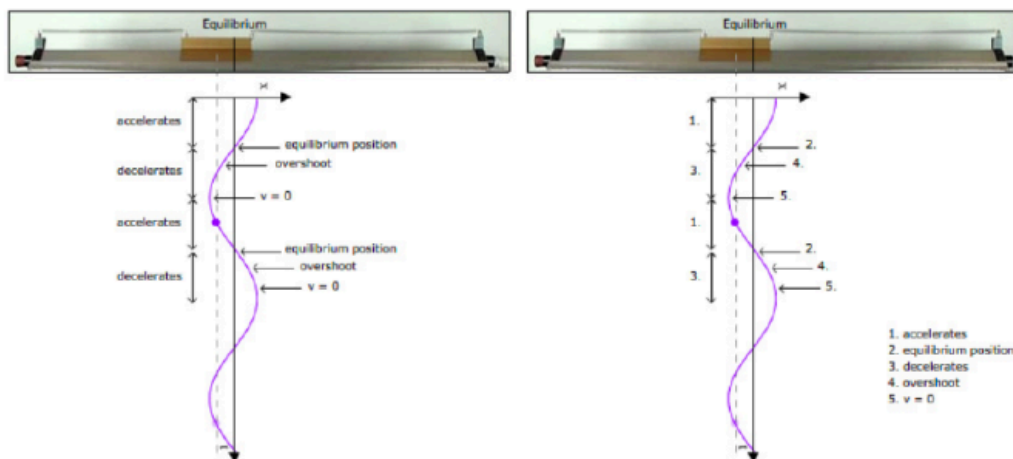


Abbildung 4: Ein Beispiel eines Lernvideos mit und ohne räumliche Nähe von Bild und Text

## 5. Prinzip der zeitlichen Kontiguität

Es ist lernförderlicher, wenn korrespondierende bildliche und narrative Informationen gleichzeitig statt nacheinander präsentiert werden (Mayer 2009, S. 156). Im Hinblick auf die Entlastung des Arbeitsgedächtnisses erleichtert die Anwendung dieses Prinzips die Bildung mentaler Verbindungen zwischen visuellen und auditiven Repräsentationen. Das Prinzip kommt jedoch nicht zum Tragen, wenn es sich um kurze Animationen bzw. Videosequenzen handelt, deren Information der Rezipient ohne größere Schwierigkeiten bis zur verbalen Erklärung memorieren kann. Auch wenn es dem Lernenden freisteht, die Reihenfolge und Geschwindigkeit der Darbietung zu bestimmen, ist eine zeitliche Nähe bildlicher und textuell-sprachlicher Informationen nicht unbedingt erforderlich. (Mayer 2009, S. 156ff) Anwendung findet dieses Prinzips beispielsweise in Screencasts, in denen ein Sprecher etwa die Verwendung eines Computerprogramms kommentiert und beschreibt. Ein weiteres Beispiel für zeitlich synchrone Bild- und Sprachpräsentation sind Präsentationsfolien, die parallel zur Audio- oder Videoaufzeichnung eines Sprechers ablaufen.

C Begleitpräsentation für Expertengruppe

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Fokusgruppe: Evaluation audio-visuelles Design**  
Vorstudie Masterarbeit «Lernvideos im Physikunterricht - Sek.-Stufe II»

1

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**AGENDA**

- ✓ Begrüssung & kurze Vorstellungsrunde
- ✓ Überblick Masterarbeit
- ✓ Theoretischer Input
- ✓ **Evaluation audio-visuelles Design Lernvideo (Status Quo)**
- ✓ Abschluss

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 2

2

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Vorstellungsrunde**

NAME

Beruflicher  
Hintergrund /  
Funktion

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 3

3

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Überblick Masterarbeit I**

- ✓ **Thema**  
*Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II*
- ✓ **Praxispartnerin**  
*Kantonsschule Wetzikon (4 Klassen)*
- ✓ **Zielgruppe**  
*ca. 90 Lernende / 17–18-jährig / 2 Jahre vor Matura*

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 4

4

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Überblick Masterarbeit II**

**Ausgangslage**

- ✓ 2 Lehrende produzieren selbständig interaktive Lernvideos (ca. 5 Min.)
- ✓ Skript
- ✓ PowerPoint
- ✓ Präsentations-Aufzeichnung
- ✓ Export als Video
- ✓ Upload in Youtube
- ✓ Import in Edpuzzle
- ✓ interaktive Elemente

} ca. 1 Std. / Video-Minute

**→ Ohne spezifische Expertise bzw. ohne Berücksichtigung von kognitionspsychologischen Modellen & Interface Ästhetik!**

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 5

5

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Überblick Masterarbeit III**

**Forschungsinteresse**

- ✓ Interaktive Lernvideos mit einfachen Mitteln (PowerPoint) & adäquatem Zeitaufwand produzieren, damit der Lernerfolg bestmöglich positiv beeinflusst wird.

**Audio-visuelle vs. interaktive Gestaltung**

- ✓ Vorstudie (heute) = audio-visuelle Gestaltung
- ✓ Hauptstudie = interaktive Gestaltung

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 6

6

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Theoretischer Input I**

**Kognitive Theorie des Lernens mit Multimedia (Mayer, 2009)**

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 7

7

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**Theoretischer Input II**

**5 Prinzipien für Videolernumgebungen (Mayer, 2009)**

- ✓ Prinzip der Segmentierung
- ✓ Prinzip der Signalisierung
- ✓ Redundanz-Prinzip
- ✓ Prinzip der räumlichen Kontiguität
- ✓ Prinzip der zeitlichen Kontiguität

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 8

8

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

## Theoretischer Input III

### Interface Ästhetik

Similarities	Differences
Context that is considered to be similar between the two designs, in order to ensure optimal learning conditions	Context that can be distinct between the two designs, since they do not meet learning conditions
General composition: similar position and order of images and text elements	Colorfulness: different color combinations, e.g. black and white vs. colorful
Quality: similar readability, e.g. the position of the design is visible in both designs	Typography: different typography, e.g. font
Zeitgeist: both designs are modern and contemporary	Illustrations: different designs of illustrations, e.g. photographical vs. abstract
Custom Design: both designs are customer specific	Content: graphically less (if grouping) detailed vs. full
Conceptual Basis: similar underlying conceptual ideas	Reference to previous experiences: the design triggers explicitly or implicitly reactions
Major principles for usability/usability: usability, readability, understandability and consistency	Expressivity: the design is either classical or futuristic, innovative, creative
Text content & structure: similar text content and structure	Orientation: the design is either playful or more technical
User group orientation: addressing similar professional professions of the target group	Cognitive stimulation: the design evokes interest, curiosity or boredom
Usability: similar usability	Emotional stimulation: the design evokes positive or negative emotions

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 9


9

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

## Evaluation audio-visuelles Design Status Quo

Lern-Design-Kriterien

Interface-Ästhetik-Kriterien



Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 10

10

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

# Vielen herzlichen Dank!

Institut für Kooperationsforschung & -entwicklung 25.11.19 11

11

## D Überarbeitetes Skript und überarbeitete PowerPoint-Präsentation für Rohvideo

Skript (grün = adaptiert bzw. neu)

### Folie 1 (Titelfolie)

In vielen Maschinen gibt es hydraulische Systeme. So werden Kräfte mit Hilfe von Hydrauliköl und geschickten Kolbenverhältnissen vervielfacht, was sehr nützlich ist, wenn ~~man~~ Sie schwere Lasten heben ~~muss~~ müssen (KLICK).

### Folie 2 (neu Lernziel)

Wir Sie ~~wollen~~ sollen ~~in~~ mit diesem Video verstehen, wie ~~man~~ Sie mit (KLICK) einer kleinen Kraft ~~mit~~ und (KLICK) einem hydraulischen System (KLICK) eine grössere Kraft ausüben ~~kann~~ können.

### Folie 3 (neu Überblick)

Hierfür wird Ihnen (KLICK) in einem ersten Schritt die hydraulische Waage erklärt (KLICK), gefolgt von einem konkreten Rechnungsbeispiel.

In einem weiteren Schritt wird Ihnen gezeigt, was dabei genau mit der Energie passiert, bevor eine Zusammenfassung das Thema abrundet.

### Folie 4 (vorher 2)

~~Drückt man~~ Wenn Sie beim kleinen Kolben mit der Kraft (KLICK)  $F_1$  auf ~~den kleinen Kolben der die~~ Fläche (KLICK)  $A_1$  drücken, ergibt sich ein bestimmter (KLICK) Druck in der Flüssigkeit, der auch auf die (KLICK) Fläche  $A_2$  des grossen Kolbens wirkt (KLICK).

Es muss also gelten: (KLICK)  $F_2$  auf die Fläche (KLICK)  $A_2$  ist gleich gross wie der (KLICK) Druck  $p_1$ . Da die Fläche  $A_2$  grösser ist als die Fläche  $A_1$ , muss also die Kraft  $F_2$  grösser sein als die Kraft  $F_1$ .

Dies ~~können wir in einem~~ kann Ihnen mit folgendem Experiment ~~demonstrieren~~ demonstriert werden. (KLICK) Zwei Kolben sind mit einem Schlauch voller Wasser verbunden. Die (KLICK) Fläche des linken Kolbens ist viermal kleiner als die des rechten Kolbens.

Wenn ~~man~~ Sie also ein (KLICK) Gewicht von 50g auf den linken Kolben ~~hinstellt~~ hinstellen, ~~kann man~~ können Sie ihn mit einem (KLICK) Gewicht von 200g auf dem rechten Kolben ins Gleichgewicht stellen. Das ist die Idee eines hydraulischen Systems (KLICK). Mit einer (KLICK) kleinen Kraft auf einen kleinen Kolben ~~kann man~~ können Sie eine grosse Kraft auf den grossen Kolben ausüben.

### Folie 5 (vorher 3)

Schauen ~~wir ein~~ Sie sich das konkrete Beispiel an: Wäre es möglich, dass Sie einen (KLICK) Elefanten der Masse Tausend Kilogramm mit einem Finger hoch~~zu~~heben? Die (KLICK) Fläche  $A_1$  des kleinen

Kolbens beträgt 1 Quadrat Zentimeter und die **(KLICK)** Fläche des grossen Kolbens misst 1 Quadrat Meter. Die kleine Fläche ist also 10 Tausend mal kleiner als die grosse **Fläche**.

Da **(KLICK)** der Druck überall gleich ist gilt **(KLICK)**  $F_1$  **(KLICK)** durch  $A_1$  **(KLICK)** gleich  $F_2$  **(KLICK)** durch  $A_2$ . ~~Wir~~ Formen **Sie** nach **(KLICK)**  $F_1$  um \*\*\* und setzen **Sie** die Zahlen ein. **(KLICK)** **(KLICK)** **(KLICK)** \*\*\* ~~Wir~~ **Sie** erhalten **(KLICK)** ca. 1 N, was tatsächlich 10 Tausend mal kleiner als die Gewichtskraft des Elefanten ist. Somit ist es tatsächlich möglich, **dass Sie** den Elefanten mit einem Finger hoch**zu**heben **können**. Ist das jetzt ein Geheimtipp wie ~~man~~ **Sie** Energie bei der Arbeit sparen ~~kann~~ **können**? Nicht ganz.

#### Folie 6 (vorher 4)

Mit einem hydraulischen System ~~kann-man~~ **können Sie** sozusagen Kraft sparen, jedoch keine Energie. Wenn ~~man~~ **Sie** mit der **(KLICK)** Hand die Kraft  $F_1$  ~~ausübt~~ **ausüben**, bewegt sich der Kolben um die Strecke **(KLICK)**  $\Delta s_1$ . Der grosse Kolben hat sich aber sehr wenig bewegt: nur um die Strecke **(KLICK)**  $\Delta s_2$ .

Das **(KLICK)** Produkt aus Kraft und zurückgelegter Strecke ist **(KLICK)** die Energie, die **Sie** für die Verschiebung des Kolbens gebraucht ~~wurde~~ **haben**. Beide Produkte lassen sich auch mit dem Druck anders ausdrücken. ~~Wir~~ **Schreiben Sie** **(KLICK)** die Kraft als Produkt von Druck und Fläche.

Somit finden ~~wir~~ **Sie** in beiden Energietermen **(KLICK)** das Volumen der verschobenen Flüssigkeit. Da die Flüssigkeit nicht zusammendrückbar ist, können ~~wir~~ **Sie** **(KLICK)** beide Volumina gleichsetzen. Somit sind **(KLICK)** auch beide Energieterme gleich. Obwohl ~~man~~ **Sie** keine Energie ~~spart~~ **sparen**, sind solche Systeme sehr hilfreich. So ist es möglich, **(KLICK)** **dass Sie** mit **einer** relativ kleinen Kraft und einem hydraulischen Wagenheber ein Auto ~~hochzuheben~~ **hochheben können**, um z.B. ein Rad zu wechseln.

#### Folie 7 (vorher 5)

Fassen wir zusammen:

Mit einem hydraulischen System wird eine **(KLICK)** kleine Kraft auf einen **(KLICK)** kleinen Kolben ausgeübt. Da **(KLICK)** der Druck in der ganzen Flüssigkeit gleich ist, ergibt sich so eine **(KLICK)** grössere Kraft auf die **(KLICK)** grössere Fläche. Die **(KLICK)** Kräfte verhalten sich dann wie die **(KLICK)** Kolbenflächen **(KLICK)**.

Wenn ~~wir~~ **Sie** den **(KLICK)** kleinen Kolben verschieben, brauchen ~~wir~~ **Sie** eine bestimmte Energiemenge. Das hydraulische System überträgt diese Energiemenge auf den grösseren Kolben. Die **(KLICK)** zurückgelegten Strecken der Kolben sind dabei umgekehrt proportional zu den Flächen. Je kleiner also die Fläche, desto mehr Weg ~~muss-man~~ **müssen Sie** zurücklegen.

PowerPoint-Präsentation

Folie 1



Folie 2



**Lernziel**

## Folie 3

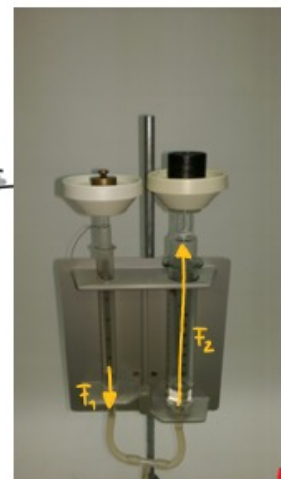
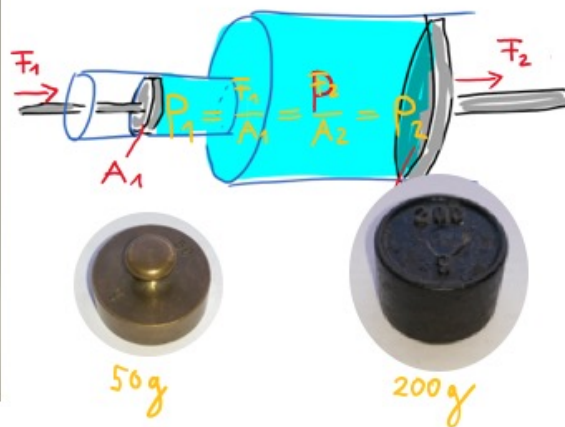
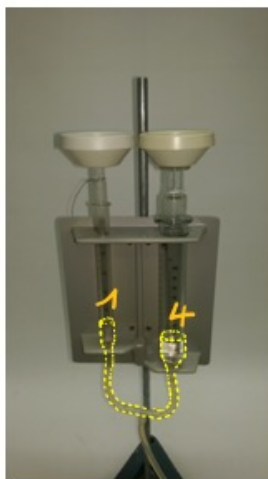


## Überblick

- ✓ Hydraulische Waage
- ✓ Rechnungsbeispiel
- ✓ Energiebetrachtung
- ✓ Zusammenfassung

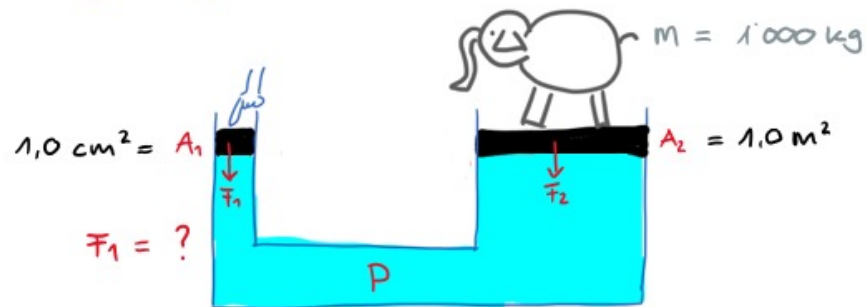
## Folie 4

## Hydraulische Waage



## Folie 5

## Rechnungsbeispiel



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad | \cdot A_1$$

↓

$$F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2$$

$$= \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{1,0 \text{ m}^2} \cdot$$

$$F_G = m \cdot 9,81 \text{ N}$$

$$1'000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$= 0,981 \text{ N}$$

$$\approx \underline{\underline{1,0 \text{ N}}}$$

## Folie 6

## Energiebetrachtung

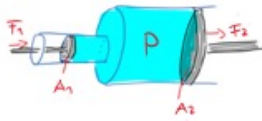


$$\Delta E_1 = \underbrace{F_1 A_1}_{\Delta V_1} \cdot \Delta S_1$$

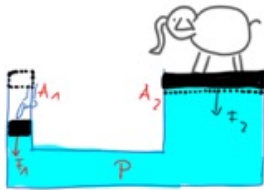
$$\Delta E_1 = \Delta E_2$$

$$\Delta E_2 = \underbrace{F_2 A_2}_{\Delta V_2} \cdot \Delta S_2$$

## Zusammenfassung



$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$



$$\Delta S_1 \cdot A_1 = \Delta S_2 \cdot A_2$$

## E Skripte & PowerPoint-Präsentationen für Instruktionsvideos

### Skript Vorinstruktion für Bedingung 1

#### **Startseite in ivideo.education (Didaktische Hinweise)**

Bitte schauen Sie sich das Video **von Anfang bis zum Schluss** an, damit Sie alle nötigen Informationen erhalten.

Sobald Sie bereit sind, tippen Sie auf **Weiter** & dann auf **Play**, um das Video zu starten.

#### **Folie 1**

Herzlich willkommen im Tool *ivideo.education* - kurz gesagt *ivideo*.

#### **Folie 2**

Dieses Video besteht aus drei Teilen.

Zuerst erhalten Sie eine Einführung in die Funktionen von *ivideo* und wie Sie das Tool nutzen sollen.

In einem weiteren Schritt werden Sie das Thema *hydraulischer Energietransport* bearbeiten.

Abschliessend erhalten Sie eine Instruktion für das weitere Vorgehen.

#### **Folie 3**

Bitte schauen Sie das Video mindestens einmal ganz an, weil nur so erhalten Sie alle nötigen Informationen.

#### **Folie 4**

Jetzt erhalten Sie eine Einführung in die Funktionen von *ivideo* und wie Sie das Tool nutzen sollen.

#### **Folie 5 (Screen Cast)**

Hier (**Hotspot**) können Sie das Video starten oder pausieren und hier (**Hotspot**) auf der Zeitleiste im Video beliebig vor- und rückwärtsgehen.

Wenn Sie hier (**2x Hotspot**) auf das Rechteck tippen, können Sie von der Standardansicht in den Vollbildmodus wechseln und umgekehrt.

#### **Folie 6**

Im Verlauf dieses Videos werden Sie diesen drei Symbolen begegnen.

#### **Folie 7 (Screen Cast)**

Die Symbole erscheinen jeweils blinkend oberhalb der Zeitleiste und das Video wird automatisch pausiert. Zudem wird automatisch vom Vollbildmodus in die Standardansicht gewechselt, damit hier unten (**Hotspot**) alle nötigen Informationen für Sie ersichtlich werden.

Der *grüne Block* signalisiert eine Aufgabe, die Sie erledigen sollen. Lesen Sie hierfür jeweils hier unten (**Hotspot**), was Sie genau machen sollen und folgen Sie der Instruktion.

**Folie 8 (Screen Cast)**

Das *blaue Dreieck* signalisiert eine Zusatzinformation (**Hotspot**). Lesen Sie diese und tippen Sie anschliessend auf Play (**Hotspot**), um fortfahren zu können.

**Folie 9 (Screen Cast)**

Beim *orangenen Fragezeichen* erscheint sofort ein Fenster mit einer Frage, die Sie beantworten sollen.

Das Fragezeichen (**Hotspot**) ist dann nur im Hintergrund des Fragefensters ersichtlich. Obwohl jeweils nur eine Antwort richtig ist (**Hotspot**), müssen Sie jede Antwortoption mit *Richtig* oder *Falsch* beantworten. Indem Sie dann auf *Kontrollieren* (**Hotspot**) tippen, wird Ihnen die Lösung (**Hotspot**) angezeigt. Tippen Sie anschliessend jeweils auf *Abbrechen* (**Hotspot**) und auf *Play* (**Hotspot**), um fortfahren zu können.

**Folie 10**

Es ist WICHTIG, dass Sie nur die gezeigten Funktionen nutzen, alle anderen sind für diese Studie nicht relevant!

**Folie 11**

Bitte bearbeiten Sie jetzt das Thema *hydraulischer Energietransport*.

**PowerPoint-Präsentation Vorinstruktion für Bedingung 1**



1



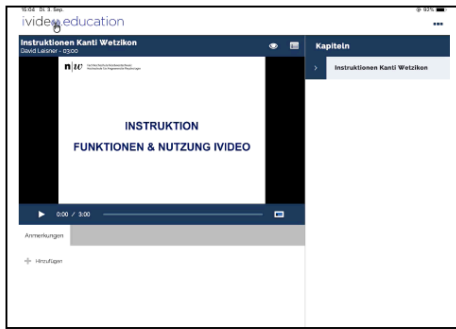
2



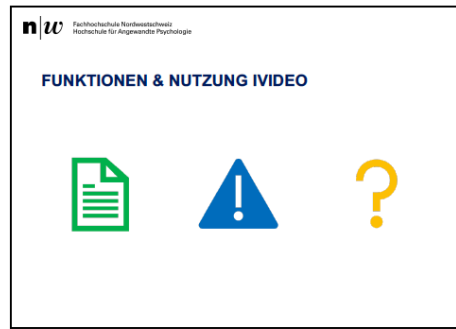
3



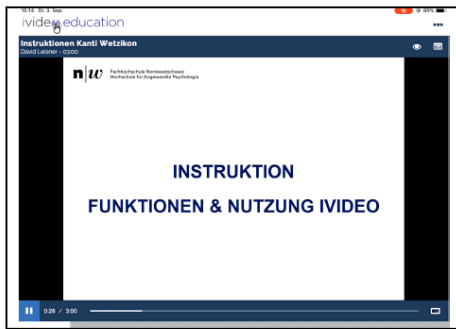
4



5



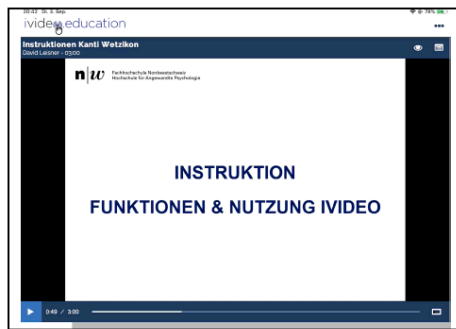
6



7



8



9



10



11

**Skript Nachinstruktion für Bedingung 1**

**Folie 1**

Jetzt erhalten Sie eine Instruktion für das weitere Vorgehen.

**Folie 2**

Bitte schauen Sie sich das Video bis zum Schluss an, damit Sie alle nötigen Informationen für das weitere Vorgehen erhalten.

Sie erhalten zuerst eine Instruktion zum Notizenschreiben in *ivideo* sowie eine Instruktion für die Nachbefragung.

Nachdem Sie die Instruktionen angeschaut haben, machen Sie Notizen direkt in *ivideo* und beantworten abschliessend die Nachbefragung.

### Folie 3

Im Vergleich zum gewöhnlichen Physikunterricht, wo Sie Ihre Notizen nach der Videobearbeitung ins Lernjournal schreiben, können Sie in *ivideo* Ihre Notizen direkt ins Tool schreiben.

Beginnen Sie aber erst dann mit dem Notizenschreiben, wenn Sie die Instruktionen zu den Notizen und zur Nachbefragung angeschaut haben und explizit dazu aufgefordert werden.

### Folie 4 (Screen Cast)

Genau gleich wie Sie zuvor mittels des Symbols *grünes Blatt* aufgefordert wurden, Ihren persönlichen Code einzugeben, werden Sie nach der Instruktion zur Nachbefragung mittels des grünen Symbols dazu aufgefordert, eine Anmerkung hinzuzufügen (**Hotspot**), um Ihre Notizen reinzuschreiben.

Es ist WICHTIG, dass Sie alle Ihre Notizen in dieselbe Anmerkung (**Hotspot**) bzw. in dasselbe Textfeld schreiben und keine weiteren Anmerkungen hinzufügen!

Bei Bedarf können Sie während dem Notizenschreiben jederzeit bestimmte Inhalte zum Thema *hydraulischen Energietransport* nochmals anschauen. Navigieren Sie hierfür einfach auf der Zeitleiste (**Hotspot**) zur gewünschten Stelle im Video.

Sobald Sie mit dem Notizenschreiben fertig sind, ist es WICHTIG (**Hotspot**), dass Sie diese speichern, indem Sie hier auf *Speichern* tippen.

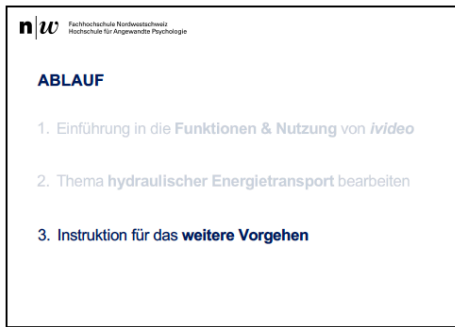
### Folie 5

Nachdem Sie Ihre Notizen geschrieben und gespeichert haben, beantworten Sie bitte die Nachbefragung.

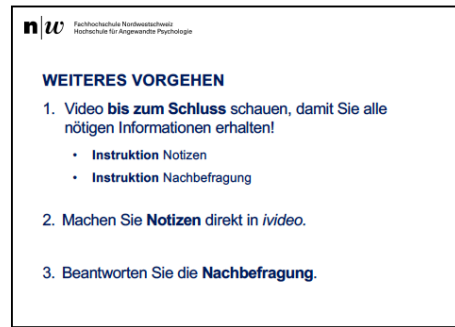
### Folie 6

Decken Sie hierfür das iPad mit der Schutzklappe zu und legen Sie es mit dem Bildschirm nach unten auf den Tisch, sodass Sie mit Ihrem persönlichen Smartphone/Tablet den QR-Code (**Hotspot**) mit dem Titel *Nachbefragung* scannen und mit der Beantwortung der Fragen beginnen können. (**Grünes Blatt: Notizen:** Machen Sie jetzt Notizen. **Instruktion:** Tippen Sie im grauen Feld auf **Anmerkungen** & dann auf **Hinzufügen**. Tippen Sie anschliessend in das **leere Textfeld** & schreiben Sie **ALLE** Ihre Notizen in **DASSELBE** Textfeld hinein. Tippen Sie ganz am Schluss auf **Speichern** & starten Sie mit der Nachbefragung.)

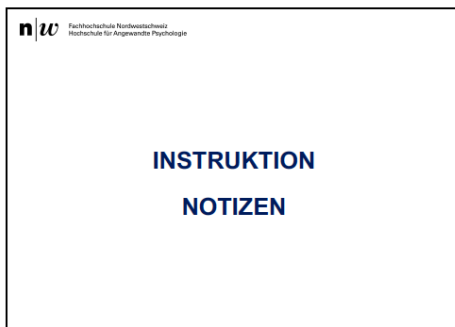
**PowerPoint-Präsentation Nachinstruktion für Bedingung 1**



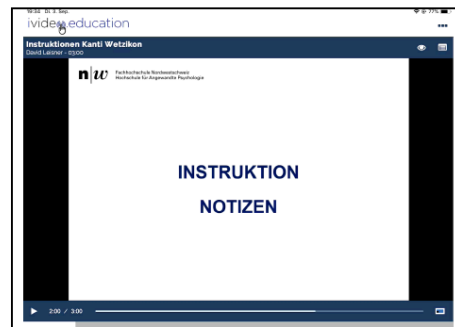
1



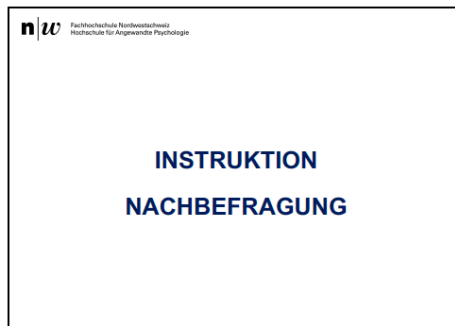
2



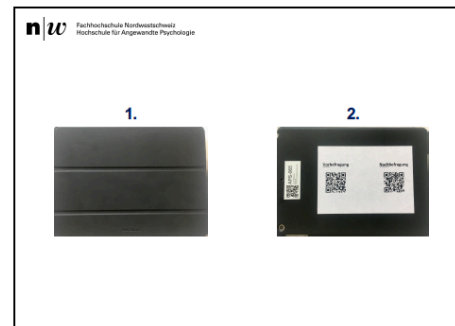
3



4



5



6

## Skript Vorinstruktion für Bedingung 2 und 3

### **Startseite in ivideo (Didaktische Hinweise)**

Bitte schauen Sie sich das Video **von Anfang bis zum Schluss** an, damit Sie alle nötigen Informationen erhalten.

Sobald Sie bereit sind, tippen Sie auf **Weiter** & dann auf **Play**, um das Video zu starten.

### **Folie 1**

Herzlich willkommen im Tool *ivideo.education* - kurz gesagt *ivideo*.

### **Folie 2**

Dieses Video besteht aus drei Teilen.

Zuerst erhalten Sie eine Einführung in die Funktionen von *ivideo* und wie Sie das Tool nutzen sollen.

In einem weiteren Schritt werden Sie das Thema *hydraulischer Energietransport* bearbeiten.

Abschliessend erhalten Sie eine Instruktion für das weitere Vorgehen.

### **Folie 3**

Bitte schauen Sie das Video mindestens einmal ganz an, weil nur so erhalten Sie alle nötigen Informationen.

### **Folie 4**

Jetzt erhalten Sie eine Einführung in die Funktionen von *ivideo* und wie Sie das Tool nutzen sollen.

### **Folie 5 (Screen Cast)**

Hier (**Hotspot**) können Sie das Video starten oder pausieren und hier (**Hotspot**) auf der Zeitleiste im Video beliebig vor- und rückwärtsgehen.

Wenn Sie hier (**2x Hotspot**) auf das Rechteck tippen, können Sie von der Standardansicht in den Vollbildmodus wechseln und umgekehrt.

### **Folie 6**

Im Verlauf dieses Videos werden Sie diesen drei Symbolen begegnen.

### **Folie 7 (Screen Cast)**

Die Symbole erscheinen jeweils blinkend oberhalb der Zeitleiste und das Video wird automatisch pausiert. Zudem wird automatisch vom Vollbildmodus in die Standardansicht gewechselt, damit hier unten (**Hotspot**) alle nötigen Informationen für Sie ersichtlich werden.

Der *gründe Block* signalisiert eine Aufgabe, die Sie erledigen sollen. Lesen Sie hierfür jeweils hier unten (**Hotspot**), was Sie genau machen sollen und folgen Sie der Instruktion.

### Folie 8 (Screen Cast)

Das *blaue Dreieck* signalisiert eine Zusatzinformation (**Hotspot**). Lesen Sie diese und tippen Sie anschliessend auf Play (**Hotspot**), um fortfahren zu können.

### Folie 9 (Screen Cast)

Beim *orangenen Fragezeichen* erscheint sofort ein Fenster mit einer Frage, die Sie beantworten sollen. Das Fragezeichen (**Hotspot**) ist dann nur im Hintergrund des Fragefensters ersichtlich. Obwohl jeweils nur eine Antwort richtig ist (**Hotspot**), müssen Sie jede Antwortoption mit *Richtig* oder *Falsch* beantworten. Indem Sie dann auf *Kontrollieren* (**Hotspot**) tippen, wird Ihnen die Lösung (**Hotspot**) angezeigt. Tippen Sie anschliessend jeweils auf *Abbrechen* (**Hotspot**) und auf *Play* (**Hotspot**), um fortfahren zu können.

### Folie 10

Im Vergleich zum gewöhnlichen Physikunterricht, wo Sie Ihre Notizen nach der Videobearbeitung ins Lernjournal schreiben, können Sie in *ivideo* Ihre Notizen kontinuierlich an beliebiger Stelle direkt ins Tool schreiben.

### Folie 11 (Screen Cast)

Sobald Sie an einer bestimmten Stelle im Video eine Notiz schreiben möchten, ist es wichtig, dass Sie zuerst (**Hotspot**) den Vollbildmodus verlassen, damit Sie hier unten (**Hotspot**) das Feld Anmerkungen sehen können und dann sofort auf Hinzufügen (**Hotspot**) tippen.

Das Video wird automatisch pausiert und ein leeres Textfeld (**Hotspot**) wird geöffnet. Tippen Sie dann in das Textfeld und schreiben Sie Ihre Notiz hinein.

Sobald Sie die Notiz fertiggeschrieben haben, tippen Sie (**Hotspot**) auf Speichern.

Sie sehen jetzt (**Hotspot**) hier unten Ihre geschriebene Notiz inklusive Zeitmarke bzw. Ihre geschriebenen Notizen, falls Sie schon welche geschrieben haben.

Sie können jede geschriebene Notiz jederzeit bearbeiten, indem Sie entweder direkt in die gewünschte (**Hotspot**) Notizzeile oder hier rechts (**Hotspot**) auf das Bearbeitungs-Symbols tippen. Es ist wichtig (**Hotspot**), dass Sie die Notiz nach der Bearbeitung wieder Speichern.

Sie können eine geschriebene Notiz auch löschen, indem Sie hier rechts (**Hotspot**) auf das Papierkorb-Symbol tippen und mit Löschen (**Hotspot**) bestätigen.

Sie können beliebig viele Notizen schreiben, indem Sie das gezeigte Vorgehen an gewünschter Stelle wiederholen.

### Folie 12

Es ist WICHTIG, dass Sie nur die gezeigten Funktionen nutzen, alle anderen sind für diese Studie nicht relevant!

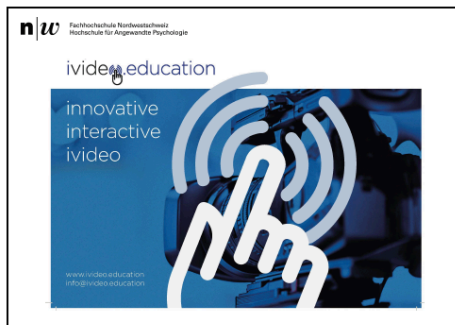
**Folie 13**

Bitte bearbeiten Sie jetzt das Thema *hydraulischer Energietransport*

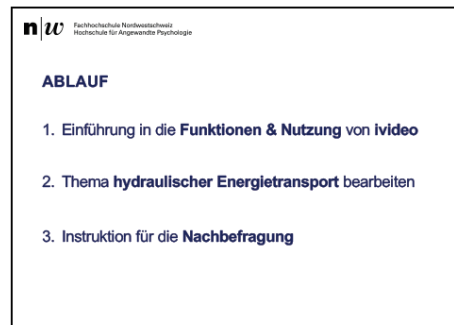
**Folie 14**

Vergessen Sie dabei nicht, Ihre Notizen kontinuierlich direkt in *ivideo* bzw. jeweils an der passenden Stelle zu schreiben.

**PowerPoint-Präsentation Vorinstruktion für Bedingung 2 und 3**



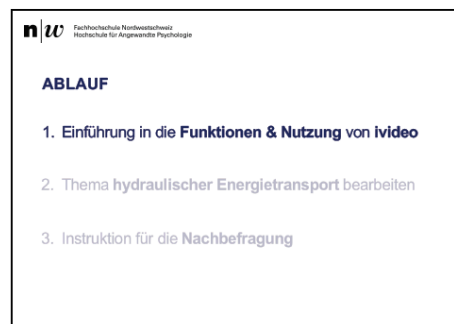
1



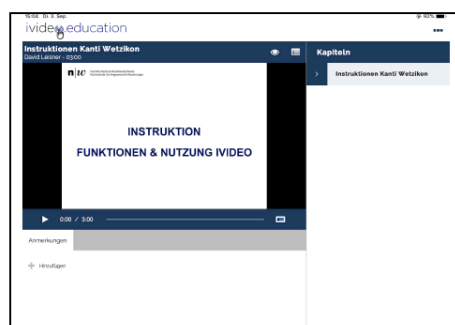
2



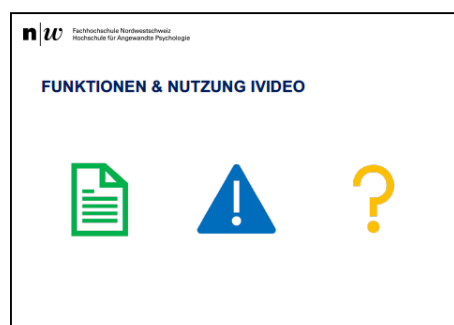
3



4



5



6



7



8



9



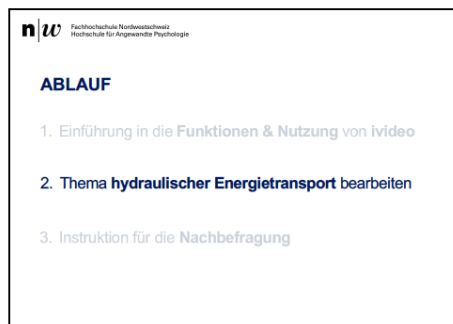
10



11



12



13



14

**Skript Nachinstruktion für Bedingung 2 und 3**

**Folie 1**

Jetzt erhalten Sie eine Instruktion für die Nachbefragung.

**Folie 2**

Bitte decken Sie das iPad mit der Schutzklappe zu und legen Sie es mit dem Bildschirm nach unten auf den Tisch, sodass Sie mit Ihrem persönlichen Smartphone/Tablet den QR-Code (**Hotspot**) mit dem Titel Nachbefragung scannen und mit der Beantwortung der Fragen beginnen können

PowerPoint-Präsentation Nachinstruktion für Bedingung 2 und 3

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie


**ABLAUF**

1. Einführung in die Funktionen & Nutzung von *ivideo*
2. Thema hydraulischer Energie transport bearbeiten
3. Instruktion für die **Nachbefragung**


1

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**1.**



**2.**



2

## F Gesamtfragebogen

Pretest	
Demografische Daten	Antwortoptionen
<b>Persönlicher Code</b> Schreiben Sie bitte Ihren persönlichen Code (siehe Blatt) in das leere Feld.	max. Länge der Eingabe = 5
<b>iPad-Nummer</b> Schreiben Sie bitte Ihre iPad-Nummer (siehe Blatt) in das leere Feld.	max. Länge der Eingabe = 2 (B1 = 10-19, B2 = 20-20, B3 = 30-39)
<b>Klasse</b> Kreuzen Sie bitte Ihre Klasse an.	A5
	C5b
	C5c
	W5b
<b>Geschlecht</b> Kreuzen Sie bitte Ihr Geschlecht an.	weiblich
	männlich
	Anders, und zwar:
<b>Alter in Jahren</b> Geben Sie bitte Ihr Alter an.	Drop-Down (15–25)
<b>Überleitung zu den Fragen zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i></b>	
<p>Anschliessend werden Sie anhand eines Videos einiges über den hydraulischen Energietransport lernen.</p> <p>Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen in Bezug auf diesen Lerninhalt.</p>	
Subjektive Wissens einschätzung zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i>	Antwortoptionen
<p>Bitte geben Sie an, als wie gross Sie Ihr Wissen zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> einschätzen.</p>	

<p>Ich weiss, was <i>hydraulischer Energietransport</i> ist.</p>	<p>1– stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig, 3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich, 5 – stimmt völlig</p>
<p><b>Präexperimentelles Interesse</b></p>	<p><b>Antwortoptionen</b></p>
<p>Bitte geben Sie an, als wie gross Sie Ihr Interesse am Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> einschätzen.</p>	
<p>Ich denke, dass mir das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> sehr gefallen wird.</p>	<p>1– stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig, 3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich, 5 – stimmt völlig</p>
<p>Ich denke, dass es mir sehr viel Spass machen wird, das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> zu bearbeiten.</p>	
<p>Ich denke, dass das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> sehr langweilig für mich sein wird.</p>	
<p>Ich denke, dass ich in die Bearbeitung des Themas <i>hydraulischer Energietransport</i> gar keine Aufmerksamkeit investieren werde.</p>	
<p>Ich denke, dass das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> bestimmt sehr interessant für mich wird.</p>	
<p>Ich denke, dass die Bearbeitung des Themas <i>hydraulischer Energietransport</i> für mich sehr unterhaltsam wird.</p>	
<p>Ich denke, dass ich kein Vergnügen an dem Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> haben werde.</p>	
<p><b>Überleitung zum Video</b></p>	
<p><b>Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen!</b></p> <p>Bitte gehen Sie jetzt wie folgt vor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sperren Sie das Smartphone/Tablet &amp; legen Sie es hinter das iPad (Bildschirm nach unten).</li> <li>2. Drehen Sie das iPad um &amp; schliessen Sie die Tastatur und Kopfhörer an</li> </ol> <div data-bbox="542 1675 1045 1993" style="text-align: center;"> <p>Das Diagramm zeigt ein iPad, das horizontal liegt. Links ist eine Tastatur angeschlossen, beschriftet mit 'Tastatur'. Rechts ist ein Kopfhörer angeschlossen, beschriftet mit 'Kopfhörer'. Unten rechts ist ein Lautstärkeregler beschriftet mit 'Lautstärke'.</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Folgen Sie den Instruktionen auf dem Bildschirm.</li> </ol>	

Post-Test	
<b>Einführung Post-Test</b>	
<p><b>Willkommen bei der Nachbefragung!</b></p> <p>Tippen Sie bitte auf den <b>Pfeil</b> unten rechts, um mit der Beantwortung der Fragen zu beginnen.</p>	
<b>Subjektive Wissens einschätzung zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i></b>	<b>Antwortoptionen</b>
<p>Bitte geben Sie nun rückblickend an, als wie gross Sie Ihr Wissen zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> einschätzen.</p>	
Ich weiss, was <i>hydraulischer Energietransport</i> ist.	1– stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig, 3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich, 5 – stimmt völlig
<b>Wissenstest I (10 Fragen / 24 Punkte)</b>	<b>Antwortoptionen</b>
<p>Bitte beantworten Sie die folgenden Wissensfragen zum Thema <i>hydraulischer Energietransport</i>, <b>OHNE</b> das iPad bzw. Ihre Notizen zu nutzen.</p>	
1. Wie lautet die Definition des Druckes?	Druck = Kraft * Fläche
	Druck = Fläche/Kraft
	Druck = Impuls/Fläche
	Druck = Kraft/Fläche
2. Was ist die Grundidee einer hydraulischen Maschine?	Man kann mit einem kleinen Druck einen grösseren erzeugen
	Man kann mit einer kleinen Kraft eine grössere ausüben
	Je grösser die Fläche, desto grösser der Druck
	Man kann mit einem grossen Druck eine kleine Kraft ausüben
3. Welche Beziehung stimmt bei einer hydraulischen Maschine?	Die Kräfte verhalten sich wie die Drücke

	Die Kraft ist umgekehrt proportional zur Fläche
	Die Kräfte verhalten sich wie die Flächen
	Die Flächen sind umgekehrt proportional zu den Drücke
4. Mit einer hydraulischen Maschine kann man:	Kraft sparen
	Druck sparen
	Energie sparen
	Impuls sparen
5. Welcher Ausdruck ist eine Energie?	Kraft * Fläche
	Kraft * Weg
	Druck * Fläche
	Druck * Weg
6. Welcher Ausdruck ist eine Kraft?	Fläche/Druck
	Druck/Fläche
	Impuls/Fläche
	Druck * Fläche
7. Welche Grösse bleibt bei einem hydraulischen System NICHT konstant?	Der Druck
	Die Energie
	Die Kraft
	Der Impuls
8. Ein kleiner Kolben mit Fläche A1 drückt via Flüssigkeit auf einen viermal grösseren Kolben der Fläche A2. Welche Aussage stimmt?	Die zurückgelegte Strecke des Kolbens 2 ist viermal kleiner als diejenige des Kolbens 1
	Die Kraft F1 ist viermal grösser als die Kraft F2
	Der Druck beim Kolben 2 ist viermal grösser als beim Kolben 1

	Der Druck beim Kolben 2 ist viermal kleiner als beim Kolben 1
9. Mit einer Kraft von 1 N kann man mit einem hydraulischen System einen Elefanten der Gewichtskraft 10'000N hochheben. Man drückt den kleinen Kolben 10cm nach unten. Wie hoch kommt der grosse Kolben?	1 mm
	0.1 mm
	0.01 mm
	0.001 mm
10. Man drückt einen Kolben der Fläche 1 Quadratcentimeter um 10 cm. Der Druck der Flüssigkeit beträgt 1 MPa (MegaPascal). Wie viel Energie hat man in das hydraulische System übertragen?	10 J
	100 J
	1'000 J
	10'000 J
<b>Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in der Lernumgebung</b>	<b>Antwortoptionen</b>
Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen bezüglich des Arbeitens in der Lernumgebung	
Das Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung hat mir Spass gemacht.	1– stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig, 3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich, 5 – stimmt völlig
Ich fand das Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung sehr interessant.	
Das Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung war unterhaltsam.	
Ich habe in die Bearbeitung des Videos in der Lernumgebung gar keine Aufmerksamkeit investiert.	
Mit meiner Leistung beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung bin ich zufrieden.	
Beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung stellte ich mich geschickt an.	
Ich glaube, ich war beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung ziemlich gut.	
<b>Postexperimentelles Interesse</b>	<b>Antwortoptionen</b>
Bitte geben Sie nun rückblickend an, als wie gross Sie Ihr Interesse am Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> einschätzen.	

Das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> hat mir sehr gefallen.	1– stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig, 3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich, 5 – stimmt völlig
Es hat mir sehr viel Spass gemacht, das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> zu bearbeiten.	
Das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> war sehr langweilig für mich.	
Ich habe bei der Bearbeitung des Themas <i>hydraulischer Energietransport</i> keine Aufmerksamkeit investiert.	
Das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> war sehr interessant für mich.	
Das Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> war sehr unterhaltsam für mich.	
Ich hatte kein Vergnügen an dem Thema <i>hydraulischer Energietransport</i> .	
<b>Demografische Daten</b>	<b>Antwortoptionen</b>
<b>Persönlicher Code</b> Schreiben Sie bitte Ihren persönlichen Code (siehe Blatt) in das leere Feld.	max. Länge der Eingabe = 5
<b>iPad-Nummer</b> Schreiben Sie bitte Ihre iPad-Nummer (siehe Blatt) in das leere Feld.	max. Länge der Eingabe = 2 (B1 = 10-19, B2 = 20-20, B3 = 30-39)
<b>Klasse</b> Kreuzen Sie bitte Ihre Klasse an.	A5
	C5b
	C5c
	W5b
<b>Geschlecht</b> Kreuzen Sie bitte Ihr Geschlecht an.	weiblich
	männlich
	Anders, und zwar:
<b>Alter in Jahren</b> Geben Sie bitte Ihr Alter an.	Drop-Down (15–25)
<b>Allgemeine Bemerkungen</b>	<b>Antwortoption</b>
Gibt es Ihrerseits noch Bemerkungen?	offenes Antwortfeld
<b>Abschluss Post-Test</b>	

**Die Studie ist nun zu Ende!**

**Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!**

**Lassen Sie bitte alles (ausser den persönlichen Gegenständen), so wie es ist, auf dem Tisch liegen und verlassen Sie den Raum, ohne die anderen zu stören!**

Falls Sie noch Fragen zur Studie haben, dann können Sie mich jederzeit gerne kontaktieren:

**Kontakt**

David Leisner

E-Mail: david.leisner@fhnw.ch

**Delayed Post-Test**

**Einführung Delayed Post-Test**

**Willkommen bei der zweiten Nachbefragung!**

Am 20. September 2019 haben Sie an der Studie für meine Masterarbeit teilgenommen.

Heute bzw. ca. fünf Wochen nachdem Sie das Video zum Thema hydraulischer Energietransport bearbeitet haben, sollen Sie noch einmal Fragen dazu beantworten.

Bitte beantworten Sie die Fragen alleine!

**Wichtig:** Ihre Antworten haben keinen Einfluss auf Ihre Physiknote!

Tippen Sie bitte auf den **Pfeil** unten rechts, um mit der Beantwortung der Fragen zu beginnen.

**Subjektive Wissens einschätzung zum Thema hydraulischer Energietransport**

**Antwortoptionen**

Bitte geben Sie an, als wie gross Sie Ihr Wissen zum Thema *hydraulischer Energietransport* einschätzen.

Ich weiss, was *hydraulischer Energietransport* ist.

1 – stimmt gar nicht, 2 – stimmt wenig,  
3 – stimmt teils-teils, 4 – stimmt ziemlich,  
5 – stimmt völlig

**Wissenstest II (10 Fragen / 24 Punkte)**

**Antwortoptionen**

Bitte beantworten Sie die folgenden Wissensfragen zum Thema *hydraulischer Energietransport*.

1. Wie lautet die Definition des Druckes?

Druck = Kraft \* Fläche

	Druck = Fläche/Kraft
	Druck = Impuls/Fläche
	Druck = Kraft/Fläche
2. Was ist die Grundidee einer hydraulischen Maschine?	Man kann mit einem kleinen Druck einen grösseren erzeugen
	Man kann mit einer kleinen Kraft eine grössere ausüben
	Je grösser die Fläche, desto grösser der Druck
	Man kann mit einem grossen Druck eine kleine Kraft ausüben
3. Welche Beziehung stimmt bei einer hydraulischen Maschine?	Die Kräfte verhalten sich wie die Drücke
	Die Kraft ist umgekehrt proportional zur Fläche
	Die Kräfte verhalten sich wie die Flächen
	Die Flächen sind umgekehrt proportional zu den Drücke
4. Mit einer hydraulischen Maschine kann man:	Kraft sparen
	Druck sparen
	Energie sparen
	Impuls sparen
5. Welcher Ausdruck ist eine Energie?	Kraft * Fläche
	Kraft * Weg
	Druck * Fläche
	Druck * Weg
6. Welcher Ausdruck ist eine Kraft?	Fläche/Druck
	Druck/Fläche
	Impuls/Fläche

	Druck * Fläche
7. Welche Grösse bleibt bei einem hydraulischen System NICHT konstant?	Der Druck
	Die Energie
	Die Kraft
	Der Impuls
8. Ein kleiner Kolben mit Fläche A1 drückt via Flüssigkeit auf einen viermal grösseren Kolben der Fläche A2. Welche Aussage stimmt?	Die zurückgelegte Strecke des Kolbens 2 ist viermal kleiner als diejenige des Kolbens 1
	Die Kraft F1 ist viermal grösser als die Kraft F2
	Der Druck beim Kolben 2 ist viermal grösser als beim Kolben 1
	Der Druck beim Kolben 2 ist viermal kleiner als beim Kolben 1
9. Mit einer Kraft von 1 N kann man mit einem hydraulischen System einen Elefanten der Gewichtskraft 10'000N hochheben. Man drückt den kleinen Kolben 10cm nach unten. Wie hoch kommt der grosse Kolben?	1 mm
	0.1 mm
	0.01 mm
	0.001 mm
10. Man drückt einen Kolben der Fläche 1 Quadratcentimeter um 10 cm. Der Druck der Flüssigkeit beträgt 1 MPa (MegaPascal). Wie viel Energie hat man in das hydraulische System übertragen?	10 J
	100 J
	1'000 J
	10'000 J
<b>Soziodemografische Daten</b>	<b>Antwortoptionen</b>

<p><b>Persönlicher Code</b></p> <p>Füllen Sie bitte die vier Felder aus:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erster Buchstaben des <b>Vornamens</b> Ihres <b>Vaters</b> oder einer Person, die für Sie einem Vater am nächsten kommt (z. B. Marco = M)</li> <li>2. Erster Buchstaben des <b>Vornamens</b> Ihrer <b>Mutter</b> oder einer Person, die für Sie einer Mutter am nächsten kommt (z. B. Sandra = S)</li> <li>3. Erster Buchstaben <b>Ihres Vornamens</b></li> <li>4. <b>Tag</b> Ihres Geburtstags (z. B. 2. Juni = 2; 20. Februar = 20)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. max. Länge der Eingabe = 1</li> <li>2. max. Länge der Eingabe = 1</li> <li>3. max. Länge der Eingabe = 1</li> <li>4. max. Länge der Eingabe = 2</li> </ol>
<p><b>Klasse</b></p> <p>Kreuzen Sie bitte Ihre Klasse an.</p>	<p>A5</p> <p>C5b</p> <p>C5c</p> <p>W5b</p>
<p><b>Geschlecht</b></p> <p>Kreuzen Sie bitte Ihr Geschlecht an.</p>	<p>weiblich</p> <p>männlich</p> <p>Anders, und zwar:</p>
<p><b>Alter in Jahren</b></p> <p>Geben Sie bitte Ihr Alter an.</p>	<p>Drop-Down (15–25)</p>
<p><b>Abschluss Delayed Post-Test</b></p>	
<p><b>Die Befragung ist nun zu Ende!</b></p> <p><b>Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme und dass Sie mich bei meiner Masterarbeit unterstützt haben!</b></p> <p>Die Daten werden nun ausgewertet und anschliessend in einem Abschlussbericht festgehalten. Bei Interesse können die Ergebnisse der Studie ab März 2020 eingesehen werden.</p> <p>Falls Sie noch Fragen zur Studie haben, dann können Sie mich jederzeit gerne kontaktieren:</p> <p><b>Kontakt</b>  David Leisner  E-Mail: david.leisner@fhnw.ch</p>	

## G iPad-Installationsprozess

1. Home-Taste drücken
2. Mit Versuchsleiter-iPad synchronisieren (Bild scannen)
3. Entfernte Verwaltung auf WEITER drücken
  - Tastatur anschliessen
  - Benutzername:           Arbeitsmail
  - Passwort:                Arbeitspasswort
4. Ortungsdienste deaktivieren drücken und mit OK bestätigen
5. App App *Portal* öffnen und Adobe herunterladen (oben rechts INSTALL drücken)
6. Einstellungen öffnen
  - Mitteilungen
    - Vorschauen zeigen = Nie
  - Allgemein
    - Multitasking & Dock – Vorgeschlagene und letzte Apps anzeigen = Aus
    - Bedienungshilfen – Geführter Zugriff = Ein
    - Tastatur – Hardwaretastatur – prüfen, dass DE & EN = Schweiz, deutsch
    - Tastatur – ALLE TASTATUREN = 10 x Aus
  - Anzeige & Helligkeit
    - Automatische Sperre = Ni
7. Alle Apps sammeln (ausser Adobe, Safari, Einstellungen) und zu einem Ordner zusammenfügen. Ordner auf zweiter Seite platzieren (1. Seite leer lassen).
8. Adobe, Safari und Einstellungen (diese Reihenfolge) in Dock platzieren
9. Safari öffnen und [ivideo.education](http://ivideo.education) eingeben
  - Login: [david.leisner@fhnw.ch](mailto:david.leisner@fhnw.ch) / Fhnw2019
  - App für iOS-Mobile herunterladen
  - Mit Apple-ID anmelden: [Masterarbeit119/219/319@gmx.ch](mailto:Masterarbeit119/219/319@gmx.ch) / Fhnw2019)
10. App in Dock platzieren (Reihenfolge Dock: ivideo, Adobe, Safari, Eistellungen)
11. Softwareupdate installieren und danach iPad wieder öffnen
12. Alle Apps schliessen, iPad abdecken und laden

## H Skript und Begleitpräsentation für mündliche Instruktion

### Skript

#### Titelfolie

Liebe Lernende

Ich heisse Sie ganz herzlich willkommen und möchte mich bedanken, dass Sie heute da sind, um an der Studie teilzunehmen.

Wie Sie bereits im Vorstellungs-Video von letzter Woche gesehen und gehört haben, heisse ich David Leisner und studiere im Master für Arbeits- & Organisationspsychologie an der Fachhochschule Nordwestschweiz im letzten Semester **(KLICK)**.

#### Folie 2

In erster Linie bitte ich Sie, Ihr persönliches Smartphone oder Tablet auf lautlos zu stellen und zu prüfen, dass Sie eine Internetverbindung haben. Legen Sie es dann – mit dem Bildschirm nach unten – links neben das iPad **(KLICK)**.

Legen Sie anschliessend Ihre persönlichen Kopfhörer (mit AUX-Anschluss) ebenfalls links neben das iPad.

Hat jemand keine Kopfhörer mit AUX-Anschluss? *Bei Bedarf aushändigen.* **(KLICK)**

#### Folie 3

Ziel meiner Masterarbeit ist es, zu untersuchen, wie interaktive Lernvideos im Physikunterricht an der Kantonsschule Wetzikon gestaltet werden sollen, damit diese den Lernerfolg bestmöglich positiv beeinflussen **(KLICK)**.

Hierfür darf ich heute mit vier Klassen der Kantonsschule Wetzikon eine Studie durchführen **(KLICK)**.

Die Studie nimmt pro Klasse eine Lektion in Anspruch **(KLICK)**.

#### Folie 4

- Wie wird heute vorgegangen? **(KLICK)**
- In einem ersten Schritt werden wir zusammen das Blatt auf der Tastatur ausfüllen, das Sie im Verlauf der Studie benötigen werden **(KLICK)**.
- Anschliessend werden Sie auf dem persönlichen Smartphone oder Tablet einen Fragebogen beantworten **(KLICK)**. Können Sie alle mit Ihrem Smartphone/Tablet einen QR-Code scannen? Wenn nein, dann laden Sie jetzt bitte eine App herunter.
- Danach werden Sie ein Video zum Thema *hydraulischer Energietransport* auf dem iPad bearbeiten. Nebst dem iPad und der Tastatur steht Ihnen hierfür ein Stift zur Verfügung (rechts vom iPad: kurz zeigen), den Sie anstelle Ihrer Finger nutzen können **(KLICK)**.

- Abschliessend werden Sie wiederum auf dem persönlichen Smartphone oder Tablet einen Fragebogen beantworten.
- Herr Cappelli und ich werden während der gesamten Zeit im Raum anwesend sein und Sie bei Unklarheiten unterstützen (**KLICK**).

#### Folie 5

Wie Sie sicher schon bemerkt haben, sitzen Sie heute etwas anders als während des gewohnten Physik-Unterrichts.

Obwohl es wie nach einer Prüfungs-Sitzordnung aussieht, handelt es sich heute NICHT um eine Prüfung.

Ich bitte Sie dennoch, die Fragebögen und das Video «alleine» zu bearbeiten und dass Sie sich gleich viel Mühe geben, wie bei einer Prüfung (**KLICK**).

#### Folie 6

- Wichtig! (**KLICK**)
- Mit der Teilnahme an der Studie leisten Sie einen wertvollen Beitrag zur Forschung im Bereich Videolernen und ermöglichen dadurch, das Lernen mit Videos im Physikunterricht der Kantonsschule Wetzikon zu optimieren (**KLICK**).
- Das Thema *hydraulischer Energietransport*, das Sie heute bearbeiten werden, ist nicht prüfungsrelevant und hat somit keinen Einfluss auf Ihre Physik-Note (**KLICK**).
- Die Daten aus den Befragungen und der Videobearbeitung werden selbstverständlich absolut vertraulich behandelt und anonymisiert (**KLICK**).
- Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können also die Teilnahme an der Studie jederzeit ohne Konsequenzen beenden (**KLICK**).
- Falls etwas unklar ist oder Sie auf die Toilette müssen, dann teilen Sie mir das bitte jederzeit mit (**KLICK**).
- Haben Sie zu diesem Zeitpunkt Fragen? (**KLICK**)

#### Folie 7

- Jetzt geht es darum, auf der Rückseite des Blatts «*Bitte noch nichts anfassen!*» Ihren persönlichen Code zu erstellen. Dieser steht stellvertretend für Ihren Namen. Damit werden die Daten aus den Befragungen und der Videobearbeitung anonymisiert und können so am Schluss der Studie zusammengeführt werden. Drehen Sie das Blatt jetzt um und...
  - Schreiben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters oder einer Person, die für Sie einem Vater am nächsten kommt in das **erste** leere Feld (z. B. Marco = M).
  - Schreiben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter oder einer Person, die für Sie einer Mutter am nächsten kommt in das **zweite** leere Feld (z. B. Sandra = S).
  - Schreiben Sie den ersten Buchstaben Ihres Vornamens in das **dritte** leere Feld.
  - Schreiben Sie den Tag Ihres Geburtstags in das **vierte** leere Feld (z. B. Geburtstag am 7. Januar = 7).
  - Sie werden jeweils explizit dazu aufgefordert, wenn Sie Ihren persönlichen Code angeben sollen.
- Kreuzen Sie jetzt bitte noch Ihre Klasse an und schreiben Sie Ihre iPad-Nummer in das leere Feld. Die Nummer finden Sie im farbigen Kreis auf der iPad-Rückseite.

Folie 8

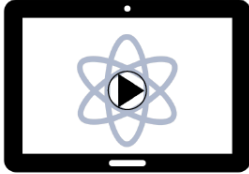
- Scannen Sie jetzt bitte mit Ihrer persönlichen Smartphone- oder Tablet-Kamera den QR-Code mit dem Titel *Vorbefragung (KLICK)*.
- Folgen Sie ab jetzt jeweils den Instruktionen in den Befragungen und im Video.

Ich wünsche Ihnen viel Spass und Erfolg!

**Begleitpräsentation**

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie


**Lernvideos im Physikunterricht der Sekundarstufe II**



Masterarbeit im Bereich Arbeits- & Organisationspsychologie | David Leisner

1

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie



AUX-Anschluss

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 2

2

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**ZIEL DER STUDIE**

*Untersuchen, wie interaktive Lernvideos im Physikunterricht an der Kantonsschule Wetzikon gestaltet werden sollen, damit diese den Lernerfolg bestmöglich positiv beeinflussen.*

- ✓ Studie mit vier Klassen (Kanti Wetzikon)
- ✓ Eine Lektion / Klasse

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 3

3

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**VORGEHEN**


1. Blatt gemeinsam ausfüllen
2. Fragebogen
3. Lernvideo zum Thema *hydraulischer Energietransport*
4. Fragebogen

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 4

4

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**SITZORDNUNG**



Quelle: wikipedia.de

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 5

5

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**WICHTIG!**

- ✓ Wertvoller Beitrag zur Forschung im Bereich Videolemen
- ✓ Thema *hydraulischer Energietransport* ist NICHT prüfungsrelevant
- ✓ Daten werden **vertraulich** behandelt & **anonymisiert**
- ✓ Teilnahme ist **freiwillig**
- ✓ Bei Unklarheiten und für WC-Nutzung jederzeit melden
- ✓ Fragen?

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 6

6

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie

**PERSÖNLICHER CODE (BLATT)**

Persönlicher Code  
□ □ □ □ □


Klasse  
 AS  
 CSa  
 CSs  
 WSt

iPad-Nr. □

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 7

7

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Angewandte Psychologie



Vorbefragung Nachbefragung

Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung (IK) 13.12.19 8

8

## I Wissenstest

Grün = richtige Antwort

Frage (inkl. Gewichtung)	Antwortoptionen (grün = richtig)
1. Wie lautet die Definition des Druckes? (1 Punkt)	Druck = Kraft * Fläche
	Druck = Fläche/Kraft
	Druck = Impuls/Fläche
	Druck = Kraft/Fläche
2. Was ist die Grundidee einer hydraulischen Maschine? (2 Punkte)	Man kann mit einem kleinen Druck einen grösseren erzeugen
	Man kann mit einer kleinen Kraft eine grössere ausüben
	Je grösser die Fläche, desto grösser der Druck
	Man kann mit einem grossen Druck eine kleine Kraft ausüben
3. Welche Beziehung stimmt bei einer hydraulischen Maschine? (3 Punkte)	Die Kräfte verhalten sich wie die Drücke
	Die Kraft ist umgekehrt proportional zur Fläche
	Die Kräfte verhalten sich wie die Flächen
	Die Flächen sind umgekehrt proportional zu den Drücke
4. Mit einer hydraulischen Maschine kann man... (2 Punkte)	Kraft sparen
	Druck sparen
	Energie sparen
	Impuls sparen
5. Welcher Ausdruck ist eine Energie? (2 Punkte)	Kraft * Fläche
	Kraft * Weg
	Druck * Fläche
	Druck * Weg
6. Welcher Ausdruck ist eine Kraft? (2 Punkte)	Fläche/Druck
	Druck/Fläche
	Impuls/Fläche
	Druck * Fläche
	Der Druck

7. Welche Grösse bleibt bei einem hydraulischen System NICHT konstant? (2 Punkte)	Die Energie
	Die Kraft
	Der Impuls
8. Ein kleiner Kolben mit Fläche A1 drückt via Flüssigkeit auf einen viermal grösseren Kolben der Fläche A2. Welche Aussage stimmt? (2 Punkte)	Die zurückgelegte Strecke des Kolbens 2 ist viermal kleiner als diejenige des Kolbens 1
	Die Kraft F1 ist viermal grösser als die Kraft F2
	Der Druck beim Kolben 2 ist viermal grösser als beim Kolben 1
9. Mit einer Kraft von 1 N kann man mit einem hydraulischen System einen Elefanten der Gewichtskraft 10'000 N hochheben. Man drückt den kleinen Kolben 10 cm nach unten. Wie hoch kommt der grosse Kolben? (4 Punkte)	1 mm
	0.1 mm
	0.01 mm
	0.001 mm
10. Man drückt einen Kolben der Fläche 1 Quadratzentimeter um 10 cm. Der Druck der Flüssigkeit beträgt 1 MPa (MegaPascal). Wie viel Energie hat man in das hydraulische System übertragen? (4 Punkte)	10 J
	100 J
	1'000 J
	10'000 J

## J Interessens fürs Thema: Items aus Subskala *Interest/Enjoyment* (IMI)

### Präexperimentelles Interesse fürs Thema (Pretest)

Deutsche Übersetzung der Items (Stiller, Bachmeier & Köster, 2013)	Adaptierte Items für präexperimentelles Interesse
Ich denke, dass mir die Online-Weiterbildung sehr gefallen wird.	Ich denke, dass mir <i>das Thema hydraulischer Energietransport</i> sehr gefallen wird.
Ich denke, dass es mir sehr viel Spass machen wird, die Themen der Online-Weiterbildung zu bearbeiten.	Ich denke, dass es mir sehr viel Spass machen wird, <i>das Thema hydraulischer Energietransport</i> zu bearbeiten.
Ich denke, dass die Online-Weiterbildung sehr langweilig für mich sein wird.	Ich denke, dass <i>das Thema hydraulischer Energietransport</i> sehr langweilig für mich sein wird.
Ich denke, dass ich in die Bearbeitung der Themen der Online-Weiterbildung gar keine Aufmerksamkeit investieren werde.	Ich denke, dass ich in die Bearbeitung <i>des Themas hydraulischer Energietransport</i> gar keine Aufmerksamkeit investieren werde.
Ich denke, dass die Online-Weiterbildung bestimmt sehr interessant für mich wird.	Ich denke, dass <i>das Thema hydraulischer Energietransport</i> bestimmt sehr interessant für mich wird.
Ich denke, dass die Bearbeitung der Themen der Online-Weiterbildung für mich sehr unterhaltsam wird.	Ich denke, dass die Bearbeitung <i>des Themas hydraulischer Energietransport</i> für mich sehr unterhaltsam wird.
Ich denke, dass ich kein Vergnügen an der Online-Weiterbildung haben werde.	Ich denke, dass ich kein Vergnügen an <i>dem Thema hydraulischer Energietransport</i> haben werde.

### Postexperimentelles Interesse fürs Thema (Post-Test)

Deutsche Übersetzung der Items (Stiller, Bachmeier & Köster, 2013)	Adaptierte Items für postexperimentelles Interesse
Die absolvierten Module haben mir sehr gefallen.	<i>Das Thema hydraulischer Energietransport</i> hat mir sehr gefallen.
Es hat mir sehr viel Spass gemacht, die Module zu bearbeiten.	Es hat mir sehr viel Spass gemacht, <i>das Thema hydraulischer Energietransport</i> zu bearbeiten.
Die Module waren sehr langweilig für mich.	<i>Das Thema hydraulischer Energietransport</i> war sehr langweilig für mich.
Ich habe in die Bearbeitung der Module gar keine Aufmerksamkeit investiert.	Ich habe <i>bei der Bearbeitung des Themas hydraulischer Energietransport</i> gar keine Aufmerksamkeit investiert.
Die Module waren sehr interessant für mich.	<i>Das Thema hydraulischer Energietransport</i> war sehr interessant für mich.

---

Die Bearbeitung der Module war sehr unterhaltsam für mich.

Das Thema *hydraulischer Energietransport* war sehr unterhaltsam für mich.

Ich hatte sehr viel Vergnügen bei den Modulen.

Ich hatte **kein** Vergnügen an dem Thema *hydraulischer Energietransport*.

**Achtung: Letztes Item wurde wie in Pretest mit negativer Formulierung verwendet!**

## K Subjektive Erfahrung beim Arbeiten in Lernumgebung: Items aus KIM-Subskalen

Subskala	Originale Items von Wilde, Bätz, Kovaleva und Urhahne (2009)	Adaptierte Items
<b>Interesse/ Vergnügen</b>	Die Tätigkeit in der Ausstellung hat mir Spass gemacht.	Das <b>Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> hat mir Spass gemacht.
	Ich fand die Tätigkeit in der Ausstellung sehr interessant.	Ich fand <b>das Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> sehr interessant.
	Die Tätigkeit in der Ausstellung war unterhaltsam.	<b>Das Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> war unterhaltsam.
<b>Wahrgenommene Kompetenz</b>	Mit meiner Leistung in der Ausstellung bin ich zufrieden.	Mit meiner Leistung <b>beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> bin ich zufrieden.
	Bei der Tätigkeit in der Ausstellung stellte ich mich geschickt an.	<b>Beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> stellte ich mich geschickt an.
	Ich glaube, ich war bei der Tätigkeit in der Ausstellung ziemlich gut.	Ich glaube, ich war <b>beim Bearbeiten des Videos in der Lernumgebung</b> ziemlich gut.

## L Überprüfung auf Normalverteilung

Zwischen Bedingungen**Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

		<b>Bedingung</b>		
		Status Quo	In-Video Quiz & Annotation	Post-Video Quiz & Annotation
<b>Vorwissen (sub)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	2.04	1.76	2.08
	Std.-Abweichung	.838	.723	.812
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.001 <sup>c</sup>
<b>kurzfr. Lernerfolg (sub)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	4.14	4.20	4.28
	Std.-Abweichung	.448	.866	.678
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>
<b>langfr. Lernerfolg (sub)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	2.32	2.84	2.76
	Std.-Abweichung	.983	.850	1.091
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000 <sup>c</sup>	.004 <sup>c</sup>	.013 <sup>c</sup>
<b>Wissensabnahme (sub) zw. Post- &amp; D. Post-Test</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	-1.82	-1.36	-1.52
	Std.-Abweichung	.945	.700	1.085
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.002 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>
<b>Wissenszuwachs I (sub) zw. Pre- &amp; Post-Test</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	2.11	2.44	2.20
	Std.-Abweichung	.956	.961	1.041
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.004 <sup>c</sup>
<b>Wissenszuwachs II (sub) zw. Pre- &amp; D. Post-Test</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	.29	1.08	.68
	Std.-Abweichung	.897	1.038	1.249
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.001 <sup>c</sup>
<b>Präexperimentelles Interesse</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	2.99	2.88	3.10
	Std.-Abweichung	.586	.565	.673
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.179 <sup>c</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.185 <sup>c</sup>
<b>Postexperimentelles Interesse</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	3.32	3.59	3.63
	Std.-Abweichung	.677	.752	.726
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.106 <sup>c</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.160 <sup>c</sup>

<b>Interessenzuwachs</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	.33	.71	.53
	Std.-Abweichung	.677	.737	.532
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>
<b>kurzfr. Lernerfolg (obj)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	13.36	15.60	14.32
	Std.-Abweichung	4.457	3.708	3.497
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.097 <sup>c</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>
<b>Lerneffizienz</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	-.22	.34	-.09
	Std.-Abweichung	.882	1.071	.898
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>
<b>langfr. Lernerfolg (obj)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	9.86	10.96	10.24
	Std.-Abweichung	4.445	4.987	4.044
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.032 <sup>c</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>
<b>Wissensabnahme (obj)</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	-3.50	-4.64	-4.08
	Std.-Abweichung	4.410	4.009	4.358
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.200 <sup>c,d</sup>	.200 <sup>c,d</sup>	.116 <sup>c</sup>
<b>Motivation</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	3.20	3.28	3.45
	Std.-Abweichung	.716	.880	.855
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.200 <sup>c,d</sup>	.046 <sup>c</sup>	.105 <sup>c</sup>
<b>Wahrgenommene Kompetenz</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	3.29	3.69	3.59
	Std.-Abweichung	.752	.616	.626
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.041 <sup>c</sup>	.058 <sup>c</sup>	.002 <sup>c</sup>
<b>Mentale Anstrengung</b>	N	28	25	25
	Mittelwert	4.43	4.24	4.48
	Std.-Abweichung	.573	1.128	.714
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>	.000 <sup>c</sup>

## Innerhalb Bedingungen

Bedingung		Vorwissen (sub)	kurzfr. Lernerfolg (sub)	langfr. Lernerfolg (sub)	Präexperimentelles Interesse	Postexperimentelles Interesse	kurzfr. Lernerfolg (obj)	langfr. Lernerfolg (obj)
Status Quo	N	28	28	28	28	28	28	28
	Mittelwert	2.04	4.14	2.32	2.99	3.32	13.36	9.86
	Std.-Abweichung	.838	.448	.983	.586	.677	4.457	4.445
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001	.000	.000	.179	.106	.097	.032
In-Video Quiz & Annotation	N	25	25	25	25	25	25	25
	Mittelwert	1.76	4.20	2.84	2.88	3.59	15.60	10.96
	Std.-Abweichung	.723	.866	.850	.565	.752	3.708	4.987
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.004	.200	.200	.200	.200
Post-Video Quiz & Annotation	N	25	25	25	25	25	25	25
	Mittelwert	2.08	4.28	2.76	3.10	3.63	14.32	10.24
	Std.-Abweichung	.812	.678	1.091	.673	.726	3.497	4.044
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001	.000	.013	.185	.160	.200	.200

Alle Bedingungen (Zusammenhangsanalyse)**Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest**

		Präexperim ntelles Interesse	kurzfr. Lernerfolg (obj)	langfr. Lernerfolg (obj)
N		78	78	78
Parameter der Normalverteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	2.99	14.38	10.33
	Std.-Abweichung	.608	3.991	4.471
Extremste Differenzen	Absolut	.112	.093	.120
	Positiv	.108	.067	.120
	Negativ	-.112	-.093	-.072
Statistik für Test		.112	.093	.120
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.018 <sup>c</sup>	.092 <sup>c</sup>	.007 <sup>c</sup>

- Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- Aus den Daten berechnet.
- Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

		Lernprodukt qualität	kurzfr. Lernerfolg (obj)	langfr. Lernerfolg (obj)
N		77	78	78
Parameter der Normalverteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	1.95	14.38	10.33
	Std.-Abweichung	1.514	3.991	4.471
Extremste Differenzen	Absolut	.176	.093	.120
	Positiv	.176	.067	.120
	Negativ	-.107	-.093	-.072
Statistik für Test		.176	.093	.120
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		.000 <sup>c</sup>	.092 <sup>c</sup>	.007 <sup>c</sup>

- Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
- Aus den Daten berechnet.
- Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.

## M Überprüfung auf Varianzhomogenität

## Test der Homogenität der Varianzen

		Levene- Statistik	df1	df2	Signifikanz
kurzfr. Lernerfolg (obj)	Basiert auf dem Mittelwert	1.106	2	75	.336
	Basiert auf dem Median	1.133	2	75	.327
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	1.133	2	73.199	.328
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1.119	2	75	.332
Lerneffizienz	Basiert auf dem Mittelwert	.256	2	75	.775
	Basiert auf dem Median	.210	2	75	.811
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	.210	2	68.907	.811
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.215	2	75	.807
Präexperimentelles Interesse	Basiert auf dem Mittelwert	.757	2	75	.473
	Basiert auf dem Median	.687	2	75	.506
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	.687	2	73.075	.506
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.765	2	75	.469
Postexperimentelles Interesse	Basiert auf dem Mittelwert	.108	2	75	.898
	Basiert auf dem Median	.088	2	75	.916
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	.088	2	71.279	.916
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	.105	2	75	.901