

## Zur Effektivität von Lernvideos in der Vorbereitung auf das physikalische Anfängerpraktikum Eine kriterienbasierte Evaluation

Clemens Nagel\*, Silas Oppermann<sup>†</sup>

\*Universität Wien, [clemens.nagel@univie.ac.at](mailto:clemens.nagel@univie.ac.at); <sup>†</sup>Universität Wien, [silas.oppermann@gmail.com](mailto:silas.oppermann@gmail.com)  
(Eingegangen: 24.09.2017; Angenommen: 14.11.2018)

### Kurzfassung

Im Wintersemester 2015/16 wurden an der Fakultät für Physik der Universität Wien auf Basis kognitions- und medienpsychologischer Erkenntnisse vier acht- bis zehnminütige Lernvideos für ausgesuchte Themen im Rahmen des physikalischen Anfängerpraktikums entwickelt. In einem Kontroll- und Testgruppendesign wurden diese Videos der Hälfte der Teilnehmenden gezeigt und deren Effekt auf den Erfolg im Praktikum mittels kriterienbasierter quantitativer Evaluation untersucht. Es konnten trotz hoher Ausgangswerte bei der Kontrollgruppe Erfolgssteigerungen für drei der vier Videos festgestellt werden. Die Videos wurden daher in die offiziellen Vorbereitungsunterlagen für das Praktikum aufgenommen und veröffentlicht.

### Abstract

In the winter semester of 2015/16, in the Physics Department of the University of Vienna, we produced four instructional videos for specific topics of the introductory physics lab classes. The 8-to-10 minute videos were based on cognitive and media psychology research findings. They were shown to half of the participants in a control-/test group study and their effect on the participants' success was evaluated using criteria-based quantitative questionnaires. Despite a high control group baseline value three of the four videos yielded better results for the test group. Hence, the videos were incorporated into the official body of preparatory learning materials for the class.

### 1. Einleitung

Immer mehr Schülerinnen und Schüler aber auch Studierende geben an, dass sie sich bei der Vorbereitung auf Prüfungen oder Praktikumseinheiten auf Informationen aus dem Internet, und hierbei insbesondere auch auf Video-Tutorials (z. B. von der Plattform *YouTube*), stützen [1]. Dies wird einerseits dazu führen, dass kommende Generationen von Studierenden andere Anforderungen an Lernmaterialien und Lernumgebungen stellen werden, was andererseits zur Folge hat, dass sich Lehrende auf jeder Ebene der Frage widmen müssen, wie man Inhalte entwickelt, die auf experimentelle Aufgaben gut vorbereiten und bei eigenständigem Lernen bestmöglich unterstützen.

Obwohl sich bereits verschiedene Arbeiten mit den möglichen Vorteilen von neuen Medien im Bereich der Hochschuldidaktik beschäftigt haben (siehe [2-5]), gibt es wenige Untersuchungen, die dabei vordergründig das Medium Video und dessen spezifische Möglichkeiten und Limitationen behandeln. In vielen Projekten zur gänzlichen oder teilweisen Neugestaltung von Anfängerpraktika unter der Einbindung von neuen Medien finden sich zwar Referenzen auf die didaktischen Potenziale audiovisueller Inhalte im Allgemeinen (in manchen Fällen wur-

de im kleinen Ausmaß sogar Videomaterial produziert), allerdings gab es bisher keine Arbeit die sich ausschließlich und explizit der theoriebasierten Produktion und umfangreichen Evaluation von Videos zur Steigerung des Lernerfolgs im physikalischen Anfängerpraktikum gewidmet hatte. Es stellt sich daher die dringende Frage, ob Lernvideos, die nach derzeitigem kognitions- und lernpsychologischen Wissensstand produziert werden, einen messbaren Nutzen bzw. Lernerfolg hervorrufen können.

Als Ausgangspunkt wurden verschiedene andere Projekte im Bereich des Anfängerpraktikums im deutschsprachigen Raum analysiert und verglichen (vgl. [2, 3, 6-13]). Anknüpfend an die darin angeführten Argumente für eine alle Bereiche des Praktikums durchdringende Verwendung von neuen Medien wurde zusammen mit der Praktikumsleitung eine Bedarfserhebung zur Themenfindung durchgeführt. Hierbei setzten die involvierten Experten einerseits auf Themengebiete, in welchen bei den betreuten Studierenden (trotz vermeintlich guter schriftlicher Erklärungen in den Anleitungstexten) immer wieder inhaltliche Verständnisprobleme auftauchen. Andererseits wurden auch Themen ausgewählt, in welchen die Bedienung komplexer Messgeräte durch die Studierenden selbst nicht befriedig-

gend oder nur mit viel Hilfe der Betreuungspersonen erlernt werden können.

Anschließend erfolgte eine umfassende Recherche über wissenschaftliche Ergebnisse zu lern-, medien- und kognitionspsychologischen Theorien auf Basis derer die Inhalte konzipiert und die Videos produziert wurden. Zeitgleich wurden quantitative Fragebögen zur Messung des Erfolges der Videos in den zuvor definierten Erfolgskriterien entwickelt und quantitativ validiert.

Während des Semesters wurden die Videos dann in einem Kontroll- und Testgruppendesign den Studierenden der physikalischen Anfängerpraktika im Bachelor of Science (BSc) und Bachelor of Education (BEd) Physik gezeigt. Abschließend wurden die Ergebnisse der Befragung der Studierenden und der Betreuungspersonen umfangreich quantitativ ausgewertet.

Somit reiht sich die vorliegende Arbeit, die auf den Ergebnissen einer akademischen Abschlussarbeit am physikalischen Institut der Universität Wien basiert [14], in die fachdidaktische Entwicklungsforschung (Design Based Research) ein.

### 1.1. Organisation und Ziele des Praktikums

Die Lehrveranstaltungen des physikalischen Anfängerpraktikums an der Fakultät für Physik finden für die BSc-Studierenden im 3. und 4. Studiensemester, für die BEd-Studierenden im 2. und 3. Studiensemester statt. Sie haben einen Umfang von 9 + 9 ECTS (6 + 6 Semesterwochenstunden) bei BSc bzw. 5 + 9 ECTS (3 + 6 Semesterwochenstunden) bei BEd. Die vorliegende Untersuchung wurde im Praktikum I für BSc und im Praktikum II für BEd durchgeführt. Diese Praktika finden zeitgleich jedes Wintersemester in gleicher Organisationsform und mit etwa gleichen Anforderungen an die Studierenden statt.

Ziele der Anfängerpraktika sind, die Studierenden des Bachelorstudiums der Physik mit der Durchführung und Protokollierung physikalischer Experimente vertraut zu machen. Neben dem sicheren Bedienen verschiedener Messinstrumente und physikalischer Versuchseinrichtungen werden grundlegende physikalische Arbeitsmethoden und Messtechniken vermittelt. Darüber hinaus wird die kritische Wertung (Fehlerabschätzung, Interpretation) der Ergebnisse geübt. Neben der Festigung von bereits erworbenem Wissen sollen die notwendigen Fertigkeiten für experimentelles Arbeiten erworben werden, welche die Basis für weitere experimentelle Arbeiten im Rahmen des Studiums und für die Durchführung einer Bachelorarbeit sind [15].

Organisatorisch läuft das Praktikum so ab, dass zu Semesterbeginn 12 Arbeitsgruppen mit je 2 (in Ausnahmefällen auch je 3) Studierenden gebildet werden. Jede Arbeitsgruppe absolviert im Permutationsverfahren 12 verschiedene Praktikumseinheiten mit je einem oder mehreren Experimenten zum gleichen Themenkreis. So bearbeitet jede Arbeitsgruppe in

jeder der 12 Wochen, in welchen das Praktikum stattfindet, eine andere Praktikumseinheit. Eine Betreuungsperson (mindestens im Doktoratsstudium oder weiter) betreut vier Arbeitsgruppen gleichzeitig. Die Betreuungsperson beurteilt im Gespräch während des Praktikums einerseits die Vorbereitung (max. 3 Punkte) und andererseits die experimentelle Durchführung (max. 4 Punkte). Außerdem beurteilt sie schriftlich binnen einer Woche nach der Praktikumseinheit das Protokoll (max. 3 Punkte). Die Studierenden müssen sich inhaltlich selbständig auf die Aufgaben vorbereiten. Hierfür stehen ihnen online ([www.univie.ac.at/anfpra](http://www.univie.ac.at/anfpra)) zumindest der Anleitungstext zum Versuch (eScript, pdf) zur Verfügung, meist aber noch umfangreiches Zusatzmaterial, sowie die Handbibliothek des **Anfängerpraktikums** und die Zentralbibliothek für Physik.

### 1.2. Ziele des Entwicklungsforschungsprojekts

Zusammengefasst seien hier nun nochmals die Ziele (Fragestellungen) des fachdidaktischen Entwicklungsforschungsprojekts dargestellt:

Können Lernvideos, die nach derzeitigem kognitions- und lernpsychologischen Wissensstand produziert werden,...

- a) Studierenden für ihre Vorbereitung der Praktikumsexperimente adäquat aufbereitete Inhalte bieten? Darunter wird verstanden, dass diese als verständlich und informativ erachtet werden.
- b) von Studierenden als nützlich und hilfreich für die Bewältigung der Praktikumsexperimente erachtet werden?
- c) einen messbaren Lernerfolg, sowohl aus der Perspektive der Lernenden als auch der Betreuungspersonen (Lehrenden), hervorbringen?

### 2. Bedarfserhebung und Themenfindung

Zu Beginn des Projektes stand die Erhebung des Bedarfs, in welchen Themengebieten Videos in der Vorbereitung und Durchführung die Studierenden unterstützen sollen. Die Erhebung wurde mittels leitfadengestützter episodischer Experteninterviews (vgl. [16]) mit den Leitern der beiden Anfängerpraktika und vier weiteren Betreuungspersonen mit langjähriger Erfahrung durchgeführt. Aus den Interviews wurde durch eine interpretativ-reduktive Inhaltsanalyse eine Themenmatrix generiert, aus der zusammen mit der Praktikumsleitung die Grobinhalte (z. B. Gerätehandhabung, Theoriewissen) und die Themen der Videos ausgewählt wurden. Es wurden folgende Themen und Inhalte ausgewählt:

#### *Digitales Speicheroszilloskop (DSO)*

- Darstellung der wichtigsten Funktionen;
- Darstellung der drei grundlegenden Ablesemethoden von Ergebnissen mit dem DSO;

- grundlegende Problemlösungen, wenn keine Ergebnisse angezeigt werden können.

#### *Prismenspektrometer*

- Allgemeine Darstellung des Ablaufs einer Messung;
- Visualisierung des Strahlenverlaufs;
- Justierung des Geräts und richtiges Ablesen der Winkelskala.

#### *Grundlagen des Schaltungsbaus*

- Kurze Zusammenfassung grundlegender Gesetze für einfache Stromkreise mit verschiedenen Beispielen;
- grundlegende schrittweise Anleitung für den Aufbau einfacher Schaltungen.

#### *p-n-Übergang*

- Aufbau einer Diode;
- grundlegende Beschreibung von Diffusionsvorgängen;
- Funktion von und Vorgänge in einer Diode als Bauteil in einer Schaltung.

In Abstimmung mit der Praktikumsleitung sollten die Videos jedoch weder die gesamten theoretischen Grundlagen sowie alle Details aller Experimente einer gesamten Praxiseinheit behandeln, noch exakt die jeweilige konkrete Versuchsdurchführung von Experimenten im Detail beschreiben. Grund hierfür war, dass die Videos dann flexibel einsetzbar sind und den Studierenden nicht eigenständige Kognitionsprozesse abnehmen, sondern sie zu Transferleistungen anspornen. Die Videos behandelten vielmehr nur spezifisch jene Bereiche, deren Verständnis den Studierenden erfahrungsgemäß am meisten Schwierigkeiten bereiteten.

### **3. Lernpsychologische Grundlagen und ihre Umsetzung in den Videos**

Bevor die konkreten Inhalte sowie das visuelle Format der Videos konzipiert werden konnten, mussten die Forschungsergebnisse der Kognitionspsychologie in Bezug auf die konkret vorliegenden Inhalte analysiert werden, um anschließend spezifische Vorgaben für die Produktion der Videos ableiten zu können. Die wichtigsten Theorien und Effekte hierzu sind in diesem Kapitel zusammengefasst.

#### **3.1. Theorien zur Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses**

Die Theorien zur Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses von Paivio [17], Baddeley [18] und Paas & Sweller [19] bilden zusammen gewissermaßen das Grundgerüst und den Ausgangspunkt für viele der kognitionspsychologischen Prinzipien und die Erklärung vieler Ergebnisse der Medienpsychologie. Die relevantesten Aussagen dieser Theorien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

##### **3.1.1. Double-Encoding Theory**

Menschen speichern und verarbeiten Informationen über zwei Kanäle, einen auditiv-verbale und einen

visuellen. Diese Kanäle sind im Wesentlichen voneinander unabhängig, wobei anzumerken ist, dass Text ebenfalls eine visuelle Bildinformation ist, die im Gedächtnis als verbale Information abgespeichert werden kann (vgl. [17, 18]).

##### **3.1.2. Working Memory Theory**

Das Gedächtnis besteht aus zwei Instanzen. Dem Arbeitsgedächtnis, das Informationen nur kurzfristig halten und verarbeiten und nur wenige Elemente gleichzeitig aufnehmen kann, und dem Langzeitgedächtnis, das (prinzipiell) unbegrenzt viele Informationen speichern kann (vgl. [18]). Die Anzahl der Elemente, die das Arbeitsgedächtnis aufnehmen kann, ist im Wesentlichen für alle Menschen gleich und invariant. Die in diesem Zusammenhang viel zitierte Zahl ist 3 bis 7 oder 5 plus/minus 2. Welche Information als ein Element angesehen werden kann, wird jedoch von den kognitiven Fähigkeiten und Strategien sowie von dem Vorwissen eines Menschen beeinflusst. Für ein Kind, das Lesen lernt, kann das Wort „Haus“ aus vier Elementen bestehen, während es für einen Erwachsenen eines ist, weil dieser das Wort und dessen Bedeutung sofort als Ganzes erkennt. Diese Zusammenfassung und Zuordnung von Informationsteilen nennt man *chunking* (vgl. [20]). Das Arbeitsgedächtnis kann dabei pro Informationskanal gleich viele (3 bis 7) Elemente gleichzeitig verarbeiten und somit durch simultane Darbietung visueller und verbaler Information im Prinzip mehr Elemente gleichzeitig aufnehmen als nur über einen der Kanäle.

##### **3.1.3. Cognitive Load Theory (CLT)**

Werden auf einem Kanal mehr Informationen bzw. mehr Elemente dargeboten, als das Arbeitsgedächtnis aufnehmen kann, kommt es zur Überlastung des Arbeitsgedächtnisses und diese Informationen gehen verloren. Gehen auf diese Weise essentielle Informationen für das Verstehen eines Inhalts verloren, kann dieser nicht verstanden werden. Wesentlich ist dabei, dass das Arbeitsgedächtnis unweigerlich auch Informationen aufnimmt, die nicht mit dem Lernobjekt zusammenhängen. Diese extrinsischen Belastungen (*extraneous cognitive load*) nehmen daher wichtige Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses ein und sind in jedem Fall zu minimieren. Je mehr Kapazität des Arbeitsgedächtnisses nur dem tatsächlichen Lernobjekt gewidmet werden (*germane cognitive load*), desto höher ist der Lernertrag (vgl. [19]).

Die Grundaussagen dieser Theorien sprechen also im Allgemeinen für die Verwendung von Lernvideos. Das gilt insbesondere dort, wo viele Informationselemente gleichzeitig verarbeitet werden müssen, da Informationen über beide Kanäle dargeboten werden können. Allerdings lassen sich daraus noch keine Designprinzipien für die Inhalte der Videos ableiten. Dazu muss im folgenden Kapitel näher auf die konkreten Effekte eingegangen werden, die diese kognitiven Grundveranlagungen in verschiedenen Lernsituationen erzeugen.

### 3.2. Lernpsychologische Effekte

Es gibt etliche, gut erforschte lernpsychologische Prinzipien für multimediale Inhalte und deren Effekte auf den Lernerfolg (vgl. [21]). Die für das Medium Video relevantesten Prinzipien werden im Folgenden kurz beschrieben und deren Bedeutung für die *Videokonzeption* erläutert.

Der Modalitätseffekt (vgl. [22]), der im Wesentlichen besagt, dass unter gewissen Bedingungen (u. a. hohe subjektive Komplexität des Inhalts, viele gleichzeitig zu verarbeitende Elemente) audiovisuelle Lernmaterialien zu deutlich besseren Lernergebnissen führen als Lernmaterialien, die nur visueller Natur sind, wird wegen der starken Parallelen zu den Grundaussagen der oben genannten Theorien hier nicht näher beschrieben. Er war aber erstens für die Entscheidung zur Entwicklung von Lernvideos in diesem Kontext wesentlich und hat sich zweitens in mehreren Metastudien (vgl. [23, 24]) als besonders effektiv erwiesen.

#### 3.2.1. Split Attention Principle

Der *split attention effect* tritt dort auf, wo Lernende, denen zusammenhängende Informationen örtlich oder zeitlich getrennt dargeboten werden, ein schlechteres Lernergebnis erzielen als jene, bei denen selbige räumlich und zeitlich nahe beieinander dargeboten werden (vgl. [25]). Das lässt sich mit der *working memory theory* und der *CLT* begründen, da das Arbeitsgedächtnis Informationen nur stark zeitbegrenzt speichert und durch Such- und Zuordnungsaufgaben bei räumlicher Trennung der Elemente zusätzlich belastet wird (*extraneous cognitive load*). Selbiges gilt bei transienten Informationen, wie jene in Videos, die nur für einen gewissen Zeitraum verfügbar sind und dann verschwinden.

Dies bedeutet für die Produktion von Lernvideos, dass alle zusammengehörigen Informationen sowohl zeitlich als auch örtlich nahe zusammen dargeboten werden müssen. Die Örtlichkeit ist in gewissem Maß durch die Größe des Bildschirms gegeben. Es sollten jedoch tendenziell zueinander relevante visuelle Informationen nicht zeitgleich und kurzfristig an weit voneinander entfernten Punkten dargestellt werden.

#### 3.2.2. Redundanzeffekt

Wenn Lernenden sinngemäß idente Informationen gleichzeitig auf beiden Kanälen, oder nicht essentielle Informationen zusätzlich zu den essentiellen dargeboten werden, und sie einen schlechteren Lernerfolg erzielen als jene, bei denen nur einer der Kanäle verwendet wird, bzw. nur die essentielle Information dargeboten wird, dann spricht man vom Redundanzeffekt (vgl. [26]). Dieser Effekt widerspricht der weit verbreiteten Summentheorie, wonach gleichzeitiges Lesen und Sehen (im Sinne von bildlicher Information) immer einen besseren Lerneffekt erzeugt. Für die effektive Produktion von Videos müssen also in jedem Segment irrelevante Informationen visueller wie auditiver Natur minimiert werden. Eine

Information ist in jedem Fall nur auf verschiedene Weisen gleichzeitig darzubieten, wenn davon auszugehen ist, dass dies Lernobjekt-relevant ist, und dass der Lernende noch nicht selbst in der Lage ist, die eine Form in die andere umzulegen. So ist beispielsweise davon abzusehen, Text vorzulesen, während dieser gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt wird. Um nicht zueinander redundant zu sein, sollte sich darüber hinaus die Audioinformation stets in irgendeiner Weise auf die visuelle Information beziehen.

#### 3.2.3. Signalling Principle

Lernmaterial ist nach dem *signalling principle* dann effektiver, wenn Lernende visuelle Hinweise bekommen, welche Informationsteile zusammengehören oder gegenwärtig relevant sind (vgl. [27]). Durch visuelle Signale können Such- und Selektionsaufgaben des Arbeitsgedächtnisses erleichtert, aber auch erschwert werden, wenn z. B. visuell hervorstechende Merkmale an nicht relevanten Stellen platziert sind. Dies bedeutet also, dass in Videos gegenwärtig besonders relevante Elemente (wie z. B. auf welchen Teil des Bildes sich die Audioinformation bezieht) visuell hervorgehoben werden sollten oder die anderen Elemente z. B. durch Verblässen in den Hintergrund treten sollten. Dies gilt insbesondere dort, wo aus narrativen oder Lernobjekt-spezifischen Gründen viele visuelle Informationen gleichzeitig zu sehen sind, welche zu unterschiedlichen Zeitpunkten relevant sind. Der Blick sollte also durch die Geschehnisse am Bildschirm oder durch visuelle Signale auf die jeweils relevante Information gelenkt werden.

Die Videos wurden infolge der Bedarfserhebung und der Grundlagenrecherche in einem mehrstufigen Prozess entsprechend den oben genannten theoretischen Erkenntnissen konzipiert und produziert. Die Links zu den fertigen Videos sind in Kapitel 8 angeführt.

### 3.3. Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in den Videos

Die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien kann, wenn der Rahmen nicht gesprengt werden soll, nur anhand eines einzelnen Beispiels illustriert werden.

Beim hier näher betrachteten Videoausschnitt handelt es sich um die ersten beiden Szenenfolgen des Videos für die Bedienung des Digitalen Speicher-Oszilloskops (DSO).

Die erste Szenenfolge zeigt kurz den Schaltungsaufbau. Der grundlegende Schaltungsbau (Serienschaltung) ist Thema vorangegangener Praktikumseinheiten und wird daher als bekannt vorausgesetzt. Er wird daher im Video absichtlich in minimalem Umfang behandelt. Deswegen, und um den *cognitive load* (vgl. Kapitel 3.1.3.) zu begrenzen, wurde der Funktionsgenerator nur bei einer Einstellung eingeblendet. Dies ermöglicht den Einsatz des Videos auch bei verschiedenen Experimenten, die keinen Funktionsgenerator verwenden. Die Betrachtenden

müssen dabei auch nicht selbst herausfiltern, welche Informationen für sie relevant sind (siehe Redundanzeffekt, Kapitel 3.2.2.). Der Schaltungsaufbau und das Messgerät werden in der Totale gezeigt. Alle nicht zum Experiment gehörenden Gegenstände wurden entfernt und der Hintergrund einfarbig gehalten (*cognitive load*, Kapitel 3.1.3.).

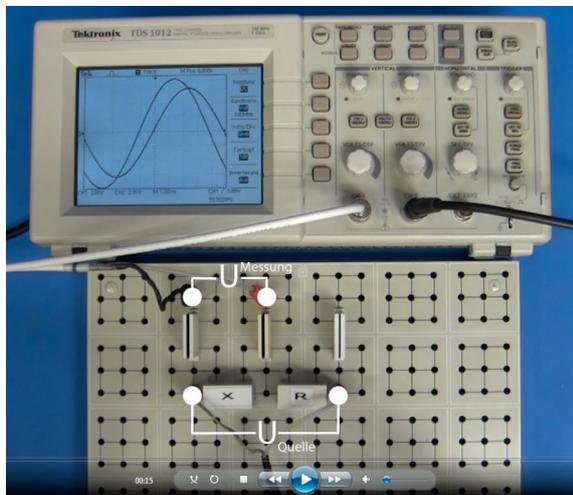


Abb. 1: DSO-Video, Screenshot: 1. Szene, 2. Schritt

Abb. 1 zeigt den zweiten Schritt in der ersten Szene. Der *double-encoding theory* (vgl. Kapitel 3.1.1.) entsprechend werden die Symbole für  $U_{\text{Quelle}}$  und  $U_{\text{Messung}}$  zeitgleich mit dem Sprechertext eingeblendet. Dieser lautet: „Zu Beginn der Messung sollten Sie sicherstellen, dass der Funktionsgenerator ( $U_{\text{Quelle}}$ ) und das Oszilloskop ( $U_{\text{Messung}}$ ) nicht kurzgeschlossen sind“.

Dadurch, dass all diese Elemente zeitlich und örtlich nahe beieinander sind, wird das *split attention principle* (vgl. Kapitel 3.2.1.) berücksichtigt. Diese Einstellung stellt eine hohe visuelle kognitive Anforderung dar, da weit mehr als sieben Elemente verarbeitet werden müssten. Hier wurde dem *split attention principle* Vorrang gegeben, weil der Großteil der sichtbaren Elemente zu einem späteren Zeitpunkt im Video genauer besprochen wird. Außerdem wird die Aufmerksamkeit des Betrachters durch das Erscheinen der Spannungssymbole (vgl. *signalling principle*, Kapitel 3.2.3.) auf die wesentlichen Ausschnitte des Bildes gelenkt, sodass der *working memory theory* (vgl. 3.1.2.) wieder Genüge getan wird und mental im Wesentlichen auf die drei Elemente Schaltung, Spannung vom Funktionsgenerator und Spannung am DSO-Eingang fokussiert wird.

Die zweite Szenenfolge erläutert nun, worauf es ankommt, und woran man erkennen kann, dass Quelle und Messgerät nicht kurzgeschlossen sind. Abb. 2 zeigt von der zweiten Szenenfolge den vorletzten Schritt.

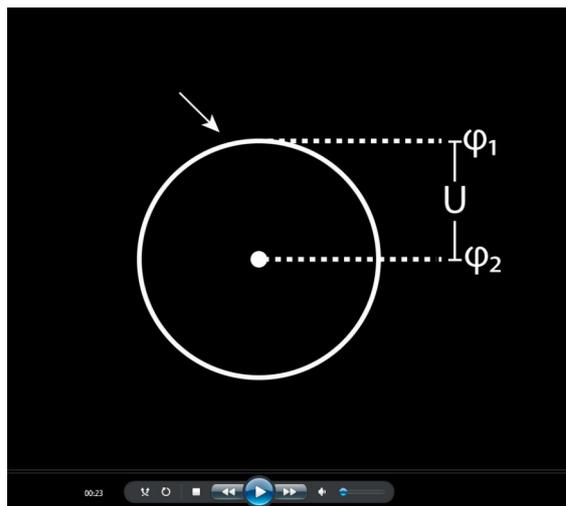


Abb. 2: DSO-Video, Screenshot: 2. Szene, 4. Schritt

In dieser Einstellung wird der schematische Querschnitt eines Koaxialkabels gezeigt. Die Objekte sind nicht beschriftet, da die Bezeichnungen bereits akustisch zu hören waren (siehe Redundanzeffekt, Kapitel 3.2.2.) und durch die visuellen Hinweise eindeutig den entsprechenden Objekten zuzuordnen sind. Die Wahl des schwarzen Hintergrunds wurde deshalb getroffen, weil so die besten Kontrastverhältnisse für die Betrachtung sowohl in dunkler als auch in heller Umgebung gegeben sind und der *cognitive load* (vgl. Kapitel 3.1.3.) minimiert wird. Zu Beginn der zweiten Szenenfolge ist nur die Querschnittsskizze des Koaxialkabels zu sehen. Danach erscheint zeitgleich mit dem Sprechertext (*double-encoding theory*, vgl. Kapitel 3.1.1.) je ein Pfeil (vgl. *signalling principle*, Kapitel 3.2.3.), der auf den entsprechenden Teil der Skizze zeigt, von wo aus sich eine gestrichelte Linie nach außen bildet, und der bei dem Potenzialzeichen endet. Im letzten Schritt wird neben dem Potenzialzeichen des Außenleiters (in der Skizze oben) zeitgleich mit dem erklärenden Sprechertext ein Gleichheitszeichen mit null eingeblendet. Der Sprechertext lautet: „Die Eingänge des Oszilloskops messen nämlich immer den Potenzialunterschied vom Innenleiter (*Pfeil 1 erscheint*) zum Außenleiter (*Pfeil 2 erscheint*) des Koaxialkabels. Dieser ist in diesem Fall geerdet (*Pfeil 3 erscheint*) und stellt dadurch ein einheitliches Bezugspotenzial her.“

Um diese Information vom abstrakten Level der Skizze in der zweiten Szenenfolge auf den tatsächlichen Schaltungsbau zu transferieren, werden in der dritten Szenenfolge jene Steckelemente bzw. deren Merkmale mit weißer ovaler Markierung hervorgehoben (vgl. *signalling principle*, Kapitel 3.2.3.), die das einheitliche Potenzial über die Erdung der Zuleitungen herstellen. Abb. 3 zeigt einen Screenshot der dritten Szenenfolge.

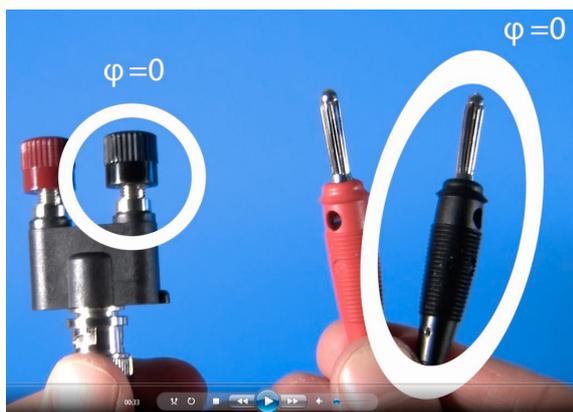


Abb. 3: DSO-Video, Screenshot: 3. Szene, 1. Schritt

Der Sprechertext dazu lautet: „Bei Laborkabeln ist der Außenleiter schwarz (*Markierungsfolge 1 erscheint*) gekennzeichnet oder mit einer Noppe (*Markierungsfolge 2 erscheint*) versehen“.

Die vierte Szenenfolge transferiert die im Detail und ohne *cognitive load* der gesamten Messschaltung aufgearbeitete Tatsache wieder auf den Ausgangspunkt der Lernschleife, die Messschaltung selbst (siehe Abb. 4). Dies entspricht der *working memory theory* (vgl. 3.1.2), die besagt, dass das Arbeitsgedächtnis nur kurze Zeitspannen in der Lage ist, sich eine begrenzte Zahl an Informationen zu merken, und soll dazu beitragen, dass die vielen Elemente zu einem Info-Element werden (z.B. „Achte auf das Null-Potenzial in der Schaltung“).

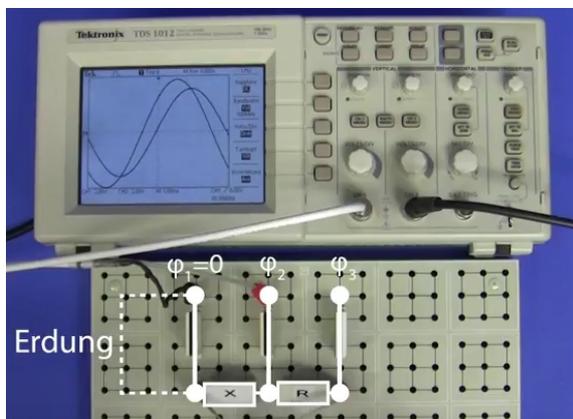


Abb. 4: DSO-Video, Screenshot: 4. Szene, 2. Schritt

Wenn dieses Vorgehen ein mehrfach erfolgreiches Handlungsmuster bewirkt, so ist die Chance groß, dass es in das Langzeitgedächtnis übergeht.

Die Beschreibungen der ersten vier Szenenfolgen umfassen die ersten 40 Sekunden eines 10-Minuten-Videos im Detail.

#### 4. Evaluationsstrategie

Die Entscheidung zur Messung des Erfolges der Videos fiel auf eine kriterienbasierte summative Evaluation mittels quantitativer Fragebögen im Test- und Kontrollgruppendesign (vgl. [28]). Dadurch ließ sich bei minimaler Störung des regulären Prakti-

kumsbetriebes eine maximale Anzahl an gültigen Datensätzen gewährleisten.

##### 4.1. Erfolgskriterien

Zusammen mit der Praktikumsleitung wurden folgende drei Erfolgskriterien basierend auf den Zielen (Fragestellungen) des fachdidaktischen Entwicklungsforschungsprojektes (Kapitel 1.2.) für die Evaluation definiert:

###### 1. Passung (4 Items)

Das Video soll den Studierenden adäquat aufbereiteten Inhalt bieten. Sie sollen das Video als verständlich und mit angemessener Informationsdichte („Geschwindigkeit“) aufbereitet bewerten. Das Video soll ihnen „gefallen“, sodass sie bereit sind, die ca. 10 Minuten aufmerksam anzusehen. Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn mehr als die Hälfte der Studierenden die jeweiligen Items oder (sofern die Items eine Skala bilden) die Skala im positiven Bereich bewerten.

###### 2. Nutzen für den Praktikumsverlauf (3 Items)

Die Videos sollen nicht nur als informativ, sondern auch als unmittelbar für die Bewältigung der jeweiligen Praktikumsinheit als hilfreich empfunden werden. Da dieses Kriterium als besonders wichtig angesehen wird, wird es erst dann als erfolgreich bewertet, wenn die Item-, oder Skalenwerte von mehr als der Hälfte der Studierenden im oberen Drittel der Skala liegen, sofern die Items tatsächlich eine Skala bilden.

###### 3. Lernerfolg (je nach Video 3-5 Items + hypothetische Schulnote + Punktebewertung)

Der Überbegriff „Lernerfolg“ bezieht sich hier auf die Beurteilung von angeeignetem Wissen und erlernten Fertigkeiten anhand einer Selbsteinschätzung und einer Beurteilung (bzw. „Leistungsfeststellung“) im klassischen Sinne durch die Lehrenden.

Um eine Aufnahme der Videos in den bestehenden Kanon der verfügbaren Vorbereitungsmaßnahmen zu ratifizieren, müssen die Videos einen messbaren, statistisch signifikant positiven Effekt auf den Lernerfolg der Studierenden im Praktikum haben. Dies wird durch Selbsteinschätzungsfragen der Studierenden und Fremdeinschätzungsfragen der Betreuenden über den Lernerfolg der Studierenden betreffend Wissen und Fertigkeiten in der Praktikumsinheit gemessen. Zudem vergeben die Betreuenden eine hypothetische Schulnote, die sich nur auf den Lernerfolg der Studierenden im Bereich der im Video behandelten Themen bezieht. Ein Video gilt dann als erfolgreich, wenn zumindest in einem dieser Bereiche eine signifikante Steigerung der Bewertung beobachtet werden kann und gleichzeitig natürlich keine signifikante Verschlechterung beobachtet wird.

Letztlich wird zudem auch die Punktebewertung der Studierenden (im Zuge der regulären Notengebung in der Lehrveranstaltung) untersucht.

Zusätzlich zu diesen drei Erfolgskriterien wurden allgemeine Fragen zu Alter, Geschlecht usw. (3 Items) sowie Fragen zur Einschätzung der eigenen Vorbereitung auf die jeweilige Praxiseinheit (3 Items) gestellt, um gegebenenfalls signifikante Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigen zu können.

#### 4.2. Gütekriterien

Die erforderlichen Gütekriterien für die Durchführung einer Interventionsstudie wie dieser (vgl. [29]), bei der in eine bestehende reale Lehr-Lernsituation eingegriffen wird, wurden im Untersuchungsdesign durch folgende Maßnahmen erfüllt:

##### a) Erkenntnistheoretische Gütekriterien

**Objektivität:** Durch die fragebogenbasierte Evaluation, die Stichprobengröße von  $> 100$  bei drei der Videos und  $> 50$  beim vierten, sowie eine Vielzahl an verschiedenen Betreuungspersonen wird die Unabhängigkeit von den involvierten Personen als erfüllt angesehen. Etwaige Unterschiede bei den Voraussetzungen bei Test- und Kontrollgruppe wurden mit deskriptiven statistischen Methoden untersucht. Kritisch für die Objektivität der Untersuchung könnte die Tatsache sein, dass die Selbsteinschätzungsfähigkeit der Studierenden nicht untersucht wurde. Ebenso wenig wurde die Einschätzungsfähigkeit der Betreuungspersonen untersucht, sie wurde wegen der langjährigen Erfahrung der allermeisten Lehrenden (in der Beurteilung von Studierenden im Praktikum) vorausgesetzt. Die Fragen hierzu sind so deutlich formuliert, dass Fehleinschätzungen durch die Betreuungspersonen unwahrscheinlich sind, was auch die Ergebnisse des Pretestings ergeben haben. Es ist wegen des Testsettings (siehe Kapitel 4.4.) leider unvermeidbar gewesen, dass den Betreuern bekannt war, ob sie Test- oder Kontrollgruppe zu bewerten haben. Daher kann die zeitlich stabile und objektive Einschätzungsfähigkeit der Betreuungspersonen nur postuliert werden. Geht man davon aus, so kann jedoch über eine Korrelationsanalyse der Lernerfolg-Skalen (Selbst- und Fremdeinschätzungsfragen) zumindest auf die Selbsteinschätzungsfähigkeit der Studierenden rückgeschlossen werden.

**Reliabilität:** Die Wiederholbarkeit der Untersuchung wurde durch die Stichprobengröße und Untersuchung der Kriterien-Skalen mittels Cronbach- $\alpha$ -Test auf interne Skalenskonsistenz gewährleistet [30].

**Validität:** Die Validität der Fragebögen wurde durch Bewertung der Items durch ein Experten-Review sowie *multi-method pretesting* der Fragebögen mittels *concurrent think-aloud testing* und *comprehension probing* (vgl. [27]) sichergestellt. Zusätzlich dazu wurde nach der Befragung die Konstruktvalidität durch eine mehrdimensionale Faktoranalyse der Skalen [31] überprüft.

##### b) Pragmatische Gütekriterien

Die pragmatischen Gütekriterien betreffen die Integrierbarkeit und Verträglichkeit einer Untersuchung mit der Praxis, die bzw. in der untersucht wird (vgl. [29]). Dabei sollen die verwendeten Forschungsinstrumente wie z. B. ein Fragebogen keinen übermäßigen Zusatzaufwand für Lehrende wie Lernende verursachen und die Lernsituation so minimal wie möglich verändern. Da die Bearbeitung der Fragebögen maximal fünf Minuten dauerte und das Betrachten der Videos vor Ort im Praktikum an den jeweiligen Arbeitsplätzen und mit Kopfhörern erfolgte, wurde der reguläre Praktikumsbetrieb kaum gestört und bis auf die Betrachtung der Videos an den jeweiligen Arbeitsplätzen nicht verändert. Die pragmatischen Gütekriterien wurden daher als erfüllt angesehen.

##### c) Ethische Gütekriterien

Die ethischen Gütekriterien überprüfen nach Altrichter & Posch [29] die Vereinbarkeit einer Untersuchung in einer realen Lernumgebung mit deren pädagogischen Zielen und „den Grundsätzen humaner Interaktion“. Die Art der Untersuchungsdurchführung soll also keine/n der Teilnehmenden beabsichtigt im Lern- und Entwicklungsprozess behindern oder nur einen Teil fördern, weil dadurch ein unfairer Vorteil entstehen würde. Die Teilnehmenden dürfen auch nicht über die Absicht einer Untersuchung im Dunkeln gelassen oder absichtlich getäuscht werden. Alle Studierenden wurden daher über Inhalt und Ziel der Studie und über die Anonymisierung ihrer Daten informiert und konnten die Fragebögen unbeobachtet ausfüllen und in eine Sammelbox einwerfen. Durch das Test- und Kontrollgruppendesign wurde keine der beiden Gruppen offensichtlich im Lernerfolg behindert oder benachteiligt, da die Lernvideos auch nach der Studie lediglich freiwilliges Zusatzmaterial zu umfangreichen schriftlichen Anleitungen sind. Des Weiteren wurde die Studie so ausgelegt, dass fast alle Studierenden bei zumindest der Hälfte der untersuchten Praxiseinheiten Videos zur Verfügung hatten. Der Umstand, dass bei der Auswertung der Punktebewertungen für das Praktikum keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Testgruppe festgestellt wurden, unterstützt das Argument zur Erfüllung der ethischen Gütekriterien.

#### 4.3. Fragebögen

##### 4.3.1. Fragebögen der Kontroll- und Testgruppe

Die Fragebögen wurden so entworfen, dass sie auf ein zweiseitig bedrucktes A4-Blatt passen, wobei die Vorderseite stets vor der Durchführung der Praxiseinheit auszufüllen war (Fragebogen Kontrollgruppe siehe Anhang 1). Das bedeutet im Falle der Testgruppe, dass sie die Vorderseite des Fragebogens nach dem Betrachten des Videos, jedoch vor dem eigentlichen Beginn der praktischen Arbeiten ausgefüllt haben (Fragebogen Testgruppe siehe Anhang 2). Die Rückseite sollte jeweils nach der Praxiseinheit beantwortet werden. Dieses Vorgehen war bei Kontroll- und Testgruppe konsistent.

Die Fragen zur Vorbereitung V1, V2 und V3 sind ordinal- bzw. nominalskaliert mit ausformulierten Antwortmöglichkeiten. Die Fragen zu den Erfolgskriterien sind sechsstufig Likert-skaliert von „trifft nicht zu“ bis „trifft völlig zu“. Die Items der verschiedenen Skalen werden im Folgenden kurz vorgestellt. Die Diagramme im Ergebnisteil sind auf diese Fragenformulierungen bezogen.

#### **Vorbereitung (ordinal- und nominalskaliert)**

*Vb1. Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich ...*

- *(noch) nicht gelesen*
- *überflogen*
- *nur die wichtigsten Teile aufmerksam gelesen*
- *vollständig und aufmerksam gelesen*

*Vb2. Auf die heutige Praktikumseinheit habe ich mich ... vorbereitet:*

- *kaum*
- *so gut wie nötig, um keine schlechte Bewertung zu erhalten*
- *so gut wie nötig, um eine gute Bewertung zu erhalten*
- *so gut wie möglich*

*Vb3. Von den auf der Praktikumshomepage verfügbaren Zusatzmaterialien habe ich folgende in der Vorbereitung verwendet:*

Die Antworten auf diese Frage mit mehreren Auswahlmöglichkeiten (siehe Anhang 1) wurden in der Auswertung zu folgenden Ergebniskategorien zusammengefasst:

- *keines*
- *eins*
- *mehr als eins*

#### **Passung (Antworten Likert-skaliert):**

*P1 Das Video war mir zu schnell.*

*P2 Das Video hat die Inhalte verständlich vermittelt.*

*P3 Ich habe das Video aufmerksam angesehen.*

*P4 Das Video hat mir gefallen.*

#### **Nutzen (Antworten Likert-skaliert):**

*N1 Ich halte das Video für eine sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext.*

*N2 Das Video hat mir in der heutigen Einheit geholfen.*

*N3 Das Video hat mir, in Bezug auf die darin behandelten Inhalte, in der heutigen Einheit mehr genutzt als die entsprechenden Kapitel im Anleitungstext.*

#### **Lernerfolg (Antworten Likert-skaliert):**

Die Skalen zum Lernerfolg sind im Ergebnisteil mit Skalenwerten dargestellt, weshalb sie hier nicht einzeln vorgestellt werden. Die allgemeine Formulierung lautete jedoch für alle Items gleich und unterschied sich themenspezifisch nur in den Unter-

punkten. Die Frageformulierung zum Verständnis (bei den Videos „p-n-Übergang“ und „Grundlagen des Schaltungsbaus“ war):

*LV-1... Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich die Fragen der Betreuungsperson zu ... richtig beantworten, bzw. verstehe ich... (falls es keine Fragen dazu gab).*

Die Frageformulierung für alle Items zur praktischen Umsetzung (bei den Videos „Grundlagen des Schaltungsbaus“, „DSO“ und „Prismenspektrometer“) war:

*LP-1... Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe (Betreuer, andere Studierende, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)...*

Anhang 2 zeigt den Fragebogen zum DSO-Video, in dem sinngemäß keine Fragen zum Verständnis der zugrundeliegenden Physik, sondern ausschließlich zur praktischen Umsetzung gestellt wurden.

Hingegen wurde z. B. der Lernerfolg des Videos zu Grundlagen des Schaltungsbaus schon beim Fragebogendesign in die Unterkategorien „Grundlagenwissen zu Strom und Spannung in der Schaltung“ und „Grundlagen Schaltungsbau“ unterteilt, um genauer bestimmen zu können, in welchen Bereichen das Video hilfreich ist (dieses Video behandelt ungefähr zu gleichen Teilen theoretische und praktische Aspekte des Schaltungsbaus).

#### **4.3.2. Fragebogen der Betreuer**

Der Fragebogen für die Betreuungspersonen wurde nach der Praktikumseinheit ausgefüllt (siehe Anhang 3). Er beinhaltet nur Fragen nach dem Lernerfolg, und zwar die gleichen inhaltlichen Fragen wie für die Testgruppe LV1-... und LP1-... mit der adaptierten Frageformulierung:

*LV-B1... Zumindest eine/r der Studierenden hatte ein richtiges Konzept von ...*

*LP-B1... Zumindest einer der Studierenden konnte selbstständig (nur mit Hilfe der Vorbereitungsmaterialien) ...*

Diese Formulierung zielt dabei auf die Tatsache ab, dass die Betreuer bei ihren Gesprächen und Befragungen mit den Studierenden manche Fragen nur einem der beiden Studierenden stellen und daher nicht explizit feststellen können, ob der andere Studierende die Antwort ebenfalls wusste. Das ist in diesem Praktikumssetup eine systembedingte Einschränkung in der differenzierten Leistungsfeststellung. Zudem kann die Beobachtung von Fertigkeiten manchmal nicht verlässlich auf die Fertigkeiten *aller* Studierenden der beobachteten Gruppe zurückgeführt werden. Wenn die Studierendengruppe eine Handlung ohne Unterstützung des Betreuers zustande gebracht hat, so kann das oft nur am Ergebnis festgestellt werden. Das kann aber erreicht werden, sobald zumindest ein Studierender die notwendige Fertigkeit besitzt. Die Fragenformulierung ist daher

keine explizite Einladung an das Extrapolieren von Einzelpersonenleistungen auf Arbeitsgruppen, sondern eine Absicherung, dass Lerneffekte überhaupt gemessen werden können. Zudem wurden die Betreuungspersonen gebeten, eine Schulnote *SN* für den Lernerfolg der Studierenden hinsichtlich der in LV oder LB gestellten Fragen zu geben (wobei 1 für „Sehr gut“ und 5 für „Nicht genügend“ stehen).

#### 4.4. Organisatorische Durchführung

Die Studie wurde im Wintersemester 2015/16 an fünf Wochentagen für die BSc-Studierenden und zeitgleich an drei Wochentagen für die BEd-Studierenden in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums durchgeführt. Dabei fanden sich die zwei- bis dreiköpfigen Arbeitsgruppen der Studierenden selbstständig an den jeweiligen Arbeitsplätzen ein. Jede der zwölf Arbeitsgruppen führte an jedem Praktikumstag eine andere Praktikumsinheit durch (vgl. Praktikumsorganisation, Kapitel 1.1.). Am Arbeitsplatz wurden sie von einer Betreuungsperson empfangen und führten mit dieser ein kurzes einführendes Gespräch zur Überprüfung der Vorbereitung und über die Durchführung der jeweiligen Experimente. Um sicherzustellen, dass Kontroll- und Testgruppe gleich groß waren und jeder Teilnehmer der Testgruppe die Videos auch wirklich angesehen hatte, wurden die Videos den Studierenden unmittelbar vor diesem einführenden Gespräch direkt am Arbeitsplatz gezeigt. Damit die Studierenden der Kontrollgruppe nicht durch ungewollte Vervielfältigung der Videos ebenfalls an die Videos gelangen, wurden diese erst nach der Hälfte des Semesters den Studierenden (an den Arbeitsplätzen der jeweilig untersuchten Praktikumsinheiten) zugänglich gemacht. Dieser Ablauf ist in Abb. 5 dargestellt. Dabei wurden an jedem Praktikumstag W2-W11/12 alle Praktikumsinheiten, zu denen Videos produziert wurden, untersucht. Die Kontrollgruppe wurde von der zweiten bis zur sechsten Woche befragt, die Testgruppe von der siebten bis zur letzten Woche, da erfahrungsgemäß in den letzten beiden Wochen

weniger Studierende zum Praktikum erscheinen. Jede Studierendengruppe hatte im Permutationsprinzip an jedem Praktikumstag W2-W11/12 eine andere Praktikumsinheit zu absolvieren. Dadurch konnte außerdem erreicht werden, dass der Großteil der Studierenden zumindest eines der Videos zu sehen bekam. Das führt dazu, dass die meisten Studierenden bei der Hälfte der Videos in der Kontrollgruppe und bei der anderen Hälfte in der Testgruppe waren. So entstand ihnen gemäß forschungsethischer Qualitätskriterien [28] kein vermeintlicher Nachteil. Durch die scharfe zeitliche Trennung von Test- und Kontrollgruppenuntersuchung ist jedenfalls sichergestellt, dass ein Studierender, der für ein bestimmtes Video in der Testgruppe war, nicht für dasselbe Video auch in der Kontrollgruppe war.

#### 4.5. Analyse der Daten

Die erhobenen Daten wurden in SPSS eingepflegt. Die erkenntnistheoretischen Qualitätskriterien (siehe Kap. 4.2) wurden überprüft, eine Skalenbildung wurde vorgenommen. Die Skalen wurden auf deren Tauglichkeit für parametrische Tests (z.B. t-Test) untersucht durch Überprüfung der Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test sowie der Überprüfung von Schiefe und Kurtosis. Mit jeder Stichprobe wurden pro Skala drei Hypothesen überprüft. Viele konzeptlose Tests zufällig erhobener Daten können falsch-signifikante Unterschiede aufweisen [32] (kumulierter  $\alpha$ -Fehler). Die Testtheorie verlangt hier eine (konservative) Korrektur der Signifikanzlevels in der Hypothesentestung. Dagegen spricht jedoch, dass in vorliegender Analyse zunächst nur drei Hypothesen pro Stichprobe (s. u.) überprüft werden und überdies nicht konzeptlos getestet wird. Zudem bestehen zwischen den Messskalen über jede Stichprobe systematische Zusammenhänge, also liegt nicht überall ein unabhängiger Zufallsfehler vor, sondern ein einmal aufgetretener Zufallsfehler zieht sich mehr oder weniger stark durch alle Skalen [29]. Daher wird von einer Bonferroni-Holm-Prozedur nach [32] abgesehen.

Pretesting	Kontrollgruppe					Testgruppe					Ergänzung
W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12

Abb. 5: Zeitlicher Untersuchungsplan; W-Woche1-12; blau = Zeitraum Befragung ohne Video; grün = Zeitraum Befragung mit Video

#### 5. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in diesem Kapitel nach Erfolgskriterien getrennt dargestellt und einzeln kommentiert. Die Stichproben sind nach Videos getrennt aber über die Studiengänge hinweg definiert (s. u.). Die Stichprobengrößen waren wie folgt:

- Digitales Speicheroszilloskop (Oszilloskop): Kontrollgruppe N = 77; Testgruppe N = 78
- Elektrodynamik: Kontrollgruppe N = 75; Testgruppe N = 72
- Prismenspektrometer: Kontrollgruppe N = 68; Testgruppe N = 90
- p-n-Übergang: Kontrollgruppe N = 26; Testgruppe N = 26

ALTER in Jahren		
	Kontrollgruppe	Testgruppe
Oszilloskop	22.66 ±0.64	21.50 ±0.32
Elektrodynamik	21.60 ±0.37	21.50 ±0.34
Prismenspektrometer	21.84 ±0.50	22.23 ±0.51
PN-Übergang	21.54 ±0.57	23.3 ±1.1

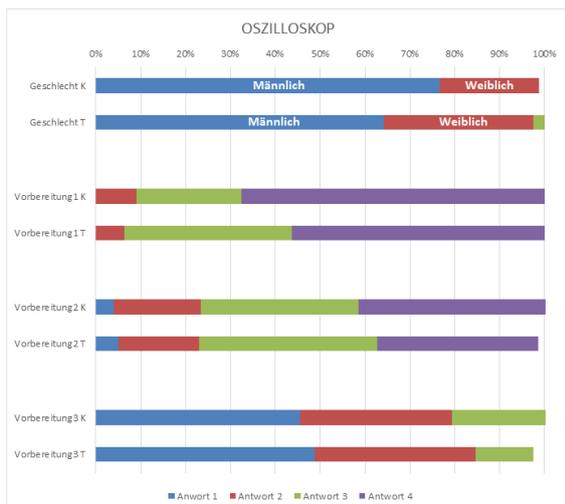
STUDIENSEMESTER		
	Kontrollgruppe	Testgruppe
Oszilloskop	3.37 ±0.10	3.31 ±0.11
Elektrodynamik	3.29 ±0.09	3.32 ±0.09
Prismenspektrometer	3.26 ±0.10	3.33 ±0.09
PN-Übergang	3.46 ±0.26	3.23 ±0.10

**Tab. 1:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Mittelwerte der Grundeigenschaften [14].

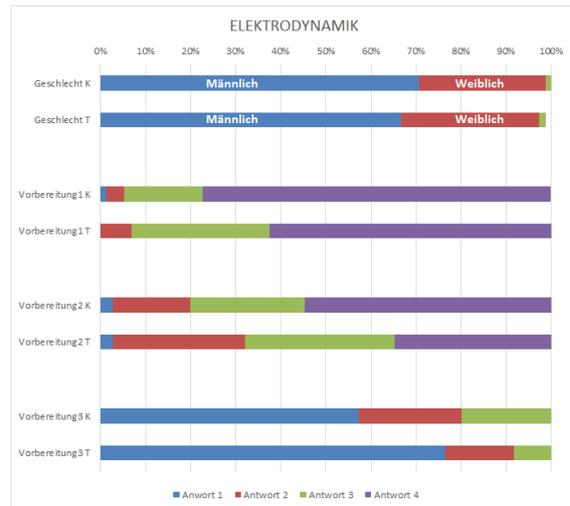
In Tab.1 sind die Mittelwerte der Alter und Semesterzahlen der Teilnehmenden angeführt.

### 5.1. Individuelle Vorbereitung

Bei den Fragen zur individuellen Vorbereitung handelt es sich wie bei den Fragen zum Praktikumserfolg um Selbsteinschätzungen. Da diese Items ordinal- (Vb1 und Vb2) bzw. nominalskaliert (Vb3) sind, wurden sie im Folgenden in Abb. 6 bis Abb. 9 über eine Häufigkeitsverteilung in Prozent visualisiert dargestellt. Darin ist ebenfalls die Geschlechterverteilung in Test- und Kontrollgruppe ersichtlich. Bei der Geschlechterverteilung entspricht der blaue Balken der Antwort „männlich“, der rote „weiblich“ und der grüne „anders“. Bei den Fragen zur Vorbereitung entsprechen die linken Balkenanteile (blau und rot) einer schlechteren Vorbereitung und die rechten (grün und violett) einer besseren.

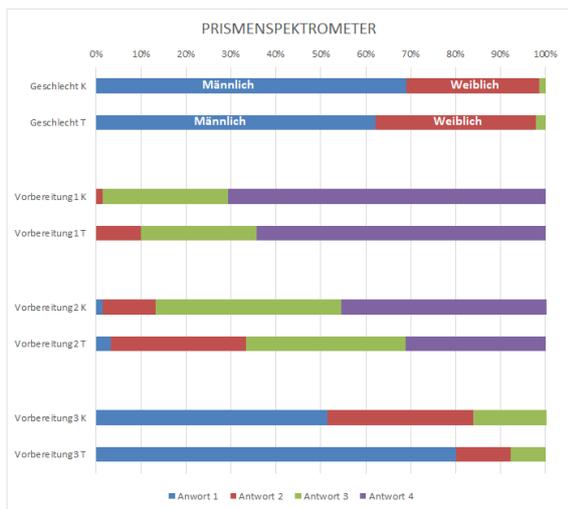


**Abb. 6:** Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Oszilloskop; rot/blau entspricht schlechterer Vorbereitung, grün/violett besserer (vgl. [14]).

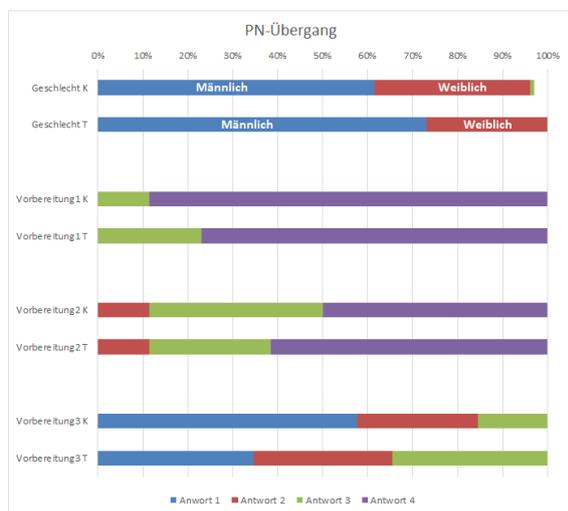


**Abb. 7:** Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Elektrodynamik; rot/blau entspricht schlechterer Vorbereitung, grün/violett besserer (vgl. [14]).

Diese Skalen sind vierstufig. Das letzte Item der Kategorie „Vorbereitung“ wurde in der Auswertung zu den Antwortmöglichkeiten 1-„keines“ (blau) 2-„eines“ (rot) und 3-„mehr als eines“ (grün) zusammengefasst und ist somit dreistufig. Auffällig an den Ergebnissen ist, dass der Großteil der Studierenden angab, sich gut bis sehr gut vorbereitet zu haben, allerdings ein ebenso großer Teil keine der ergänzenden Materialien in der Vorbereitung verwendet hatte. Dies deutete darauf hin, dass die Studierenden die ergänzenden Materialien nicht als unerlässlich für eine eingehende Vorbereitung auf die Praktikumseinheiten erachteten. Da weder in der Test- noch in der Kontrollgruppe ein signifikanter Unterschied zwischen den BSc- und den BED-Studierenden festgestellt werden konnte, wurden diese in den Auswertungen zusammengefasst. Wie aus diesen Ergebnissen ersichtlich ist, hat sich bei allen Praktikumseinheiten mit mindestens 60% der Studierenden laut eigenen Angaben der Großteil „so gut wie nötig, um eine gute Bewertung zu erhalten“ (grün) oder „so gut wie möglich“ (violett) auf die Praktikumseinheit vorbereitet und den Anleitungstext entweder „vollständig und aufmerksam“ (violett) oder „zumindest die wichtigen Teile“ (grün) gelesen. Ebenso ist erkennbar, dass die Studierenden der Testgruppe (mit Ausnahme p-n-Übergang) in Selbsteinschätzung angegeben haben, sich geringfügig schlechter vorbereitet zu haben als die Kontrollgruppe. Eine qualitative Analyse der Häufigkeiten lässt die Aussage zu, dass die beiden Gruppen sich ähnlich gut, allenfalls jedoch in der Testgruppe gering schlechter vorbereitet haben. Eine Verbesserung des Lernerfolges aufgrund der besseren Vorbereitung ist nach diesen Ergebnissen also auszuschließen, eine Lernerfolgssteigerung aufgrund der Videos aber gegebenenfalls eher stärker zu bewerten.



**Abb. 8:** Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems Prismenspektrometer; rot/blau entspricht schlechterer Vorbereitung, grün/violett besserer (vgl. [14]).



**Abb. 9:** Häufigkeitsverteilung der Vorbereitungsitems p-n-Übergang; rot/blau entspricht schlechterer Vorbereitung, grün/violett besserer (vgl. [14]).

### 5.2. Lernerfolg der Studierenden

Bei diesen Items wurden zwei Skalen gebildet. Eine, bei der die Studierenden den eigenen Erfolg einschätzen (LV1-... bzw. LP1-...), und eine, bei der die Betreuungspersonen den Erfolg der Studierenden einschätzen (LV-B1-... bzw. LP-B1-...). Die Items der beiden Skalen waren dabei bis auf die Änderung der Formulierung von „ich“ in „zumindest einer der Studierenden in der (Arbeits-)Gruppe“ identisch.

Durch den Cronbach- $\alpha$ -Test und die Faktoranalyse ließ sich eindeutig feststellen, dass die Betreuenden- und Studierendenskalen nicht zu einem Wert zusammengefasst werden können. Für das Video zum Oszilloskop ergab sich eine deutlich höhere Skalenskonsistenz beim Weglassen des ersten Items. Die Skala zum Prismenspektrometer ergab in der Faktoranalyse insgesamt geringe Werte für die Konsistenz. Da sich aber weder auf Itemebene noch auf Skalenebene signifikante Unterschiede zwischen

Kontroll- und Testgruppe feststellen ließen, wurden die Ergebnisse im Folgenden dennoch, der Übersichtlichkeit wegen, als Skala zusammen mit den anderen Ergebnissen dargestellt. Es ist aber festzuhalten, dass dies statistisch keine konsistente Skala darstellt. Die Mittelwerte der Skalen und der hypothetischen Schulnoten wurden mittels T-Test für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Die Ergebnisse der Skalen sind in Abb. 10 bis 12 zu sehen.

Zudem wurden die Effektstärken der einzelnen Subskalen des Lernerfolgskriteriums (Cohen's d) ermittelt. Diese sind in Tab. 2. angeführt. Sie bewegen sich im Bereich von  $d = 0,34$  bis  $d = 1,30$ . Cohen [33] gab als Schwellenwerte  $d < 0,5$  als kleine Effekte,  $0,5 \leq d < 0,8$  als mittlere und  $0,8 < d$  als große Effekte an.

Oszi	Kontrollgruppe	Testgruppe	Cohen's d
Stud.	5,06±1,17	5,47±0,99	0,398
Betr.	4,97±0,91	5,69±0,47	0,992
Note	1,73±0,78	1,36±0,54	0,55

### E.-Dyn.

Stud.	5,02±1,22	4,87±1,04	----
Betr.	5,3±0,86	5,68±0,73	0,476
Note 1	1,73±1,04	1,19±0,60	0,633
Note 2	1,56±0,73	1,33±0,61	0,341

### p-n-Übg.

Stud.	4,22±1,24	5,03±1,10	0,691
Betr.	4,23±0,95	5,43±0,90	1,297
Note	3,35±1,20	1,88±1,04	1,309

**Tab. 2:** Mittelwerte, Standardabweichungen und Effektstärken jener Videos, die das Kriterium „Lernerfolg“ erfüllt haben (schwacher Effekt: gelb, mittlerer Effekt: orange, starker Effekt: grün)

Das Ziel der einzelnen Fragen war es, herauszufinden ob die Studierenden in den von den Videos behandelten Bereichen häufiger Fragen richtig beantworten oder betreffende Aufgaben lösen konnten. Bei der Punktebewertung (reguläre Leistungsfeststellung innerhalb der Lehrveranstaltung) für die jeweilige Praktikumseinheit ließ sich bei keinem der vier untersuchten Videos ein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe feststellen. Dieses eine Subkriterium zum Lernerfolg erwies sich als ungeeignet (siehe Diskussion) und wurde deshalb auch nicht in die Berechnung der Effektstärken miteinbezogen, ebenso wenig wie das Video „Prismenspektrometer“, das kein einziges der Subkriterien für den Lernerfolg erfüllt hat. Bei den Skalen ist zunächst auffällig, dass bereits bei den Kontrollgruppen die Mittelwerte sehr hoch liegen. Dies steht den Aussagen der Betreuungspersonen in der Bedarfserhebung gegenüber, dass diese Themen im Praktikum traditionell schlecht bis sehr schlecht verstanden wurden. Das legt den Schluss nahe, dass

sich diese Wahrnehmung nicht in den operationalisierten Bewertungen seitens der Betreuungspersonen niedergeschlagen hatte oder, dass dieses, von der Skalenreichweite her hohe, Niveau bereits als „schlecht“ angesehen wurde. Dennoch ließ sich in der Eigeneinschätzung der Studierenden bei zwei

Videos ein hinsichtlich der Effektstärke geringfügiger (siehe Tab. 2), aber dennoch hochsignifikanter ( $p < 0.01$  im t-Test) Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe feststellen.

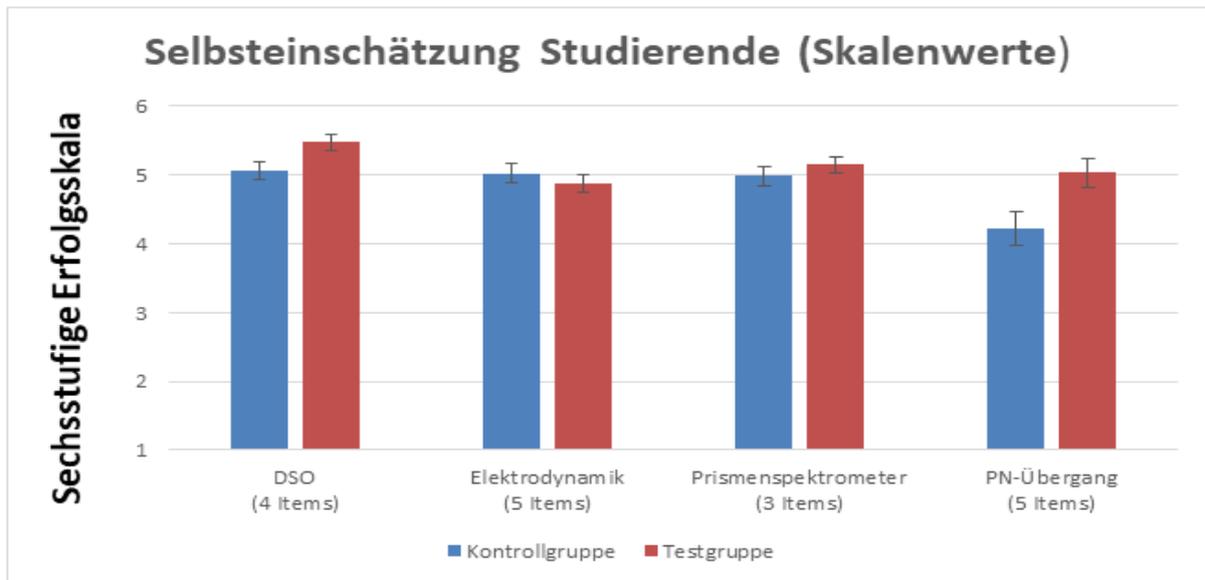


Abb. 10: Lernerfolgsskala Studierende, Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwerts (vgl. [14])

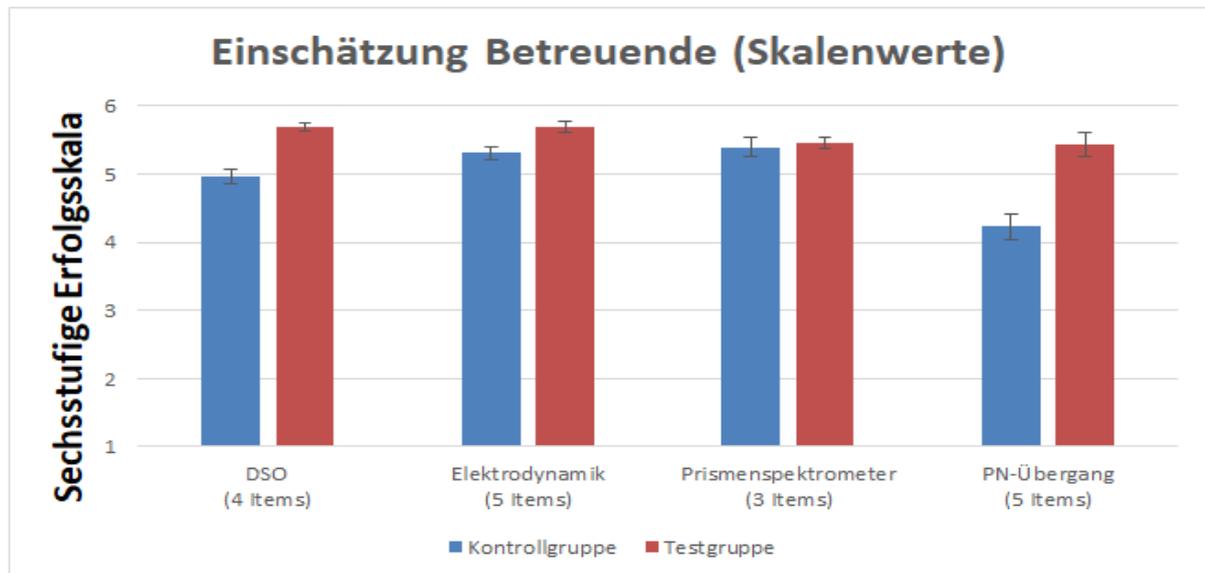


Abb. 11: Lernerfolgsskala Betreuende, Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwerts (vgl. [14])

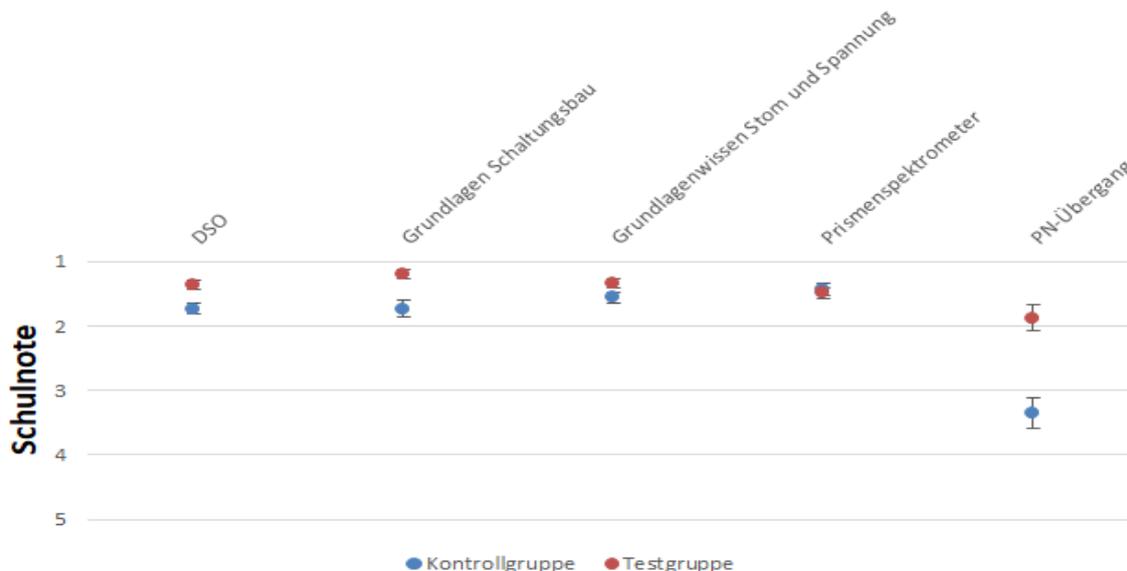


Abb. 12: Hypothetische Schulnoten Betreuende, Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwerts (vgl. [14])

Bei den Betreuenden-Skalen ist ein deutlicherer Unterschied sogar bei drei Videos beobachtbar. Dies bedeutet, dass die Betreuenden den Lernerfolg in der Testgruppe stärker bewerten als die Studierenden.

Die hypothetischen Noten unterstreichen die Aussagen der Skalen. Hier ist außerdem anzumerken, dass das Video zur Elektrodynamik als einziges zwei relativ distinkte Bereiche behandelte (Anweisungen zum grundlegenden Schaltungsbau und Grundlagenwissen zu Strom und Spannung in Schaltungen) und diese daher in der Benotung aufgetrennt wurden, um zu messen auf welchen der Bereiche sich das Video stärker auswirkte.

Bei dem Video zum Prismenspektrometer ließ sich auch bei dieser Skala keine signifikante Änderung feststellen. Auffällig ist auch, dass bei dem Video mit den geringsten Ausgangswerten bei den Kontrollgruppen (p-n-Übergang) die größte Steigerung festgestellt wurde – nämlich auf das gleiche Niveau der Skalen der anderen Videos.

### 5.3. Passung der Videos

Da nur die Testgruppe die Videos gesehen hatte, wurde für die Passungsskala kein vergleichender Test durchgeführt. Die Antwortmöglichkeiten waren auf die gleiche Weise skaliert wie die Erfolgsskalen. Die Tests zur Skalenreliabilität und die Faktorenanalyse ergaben allerdings zu geringe Werte, um von einer Skala auszugehen. Mit ein Grund dafür ist wahrscheinlich der geringe semantische Zusammenhang der Items.

Die Items wurden daher ebenfalls über die Häufigkeiten ausgewertet und verglichen. Diese Auswertung ist in Prozent in Abb. 13 dargestellt. Das Item zum Tempo des Videos wurde hier bereits so umkodiert, dass die positiven Werte stets rechts (violett, blau, orange) und die negativen links sind (dunkelblau, rot, grün). Das Erfolgskriterium Passung ist also von allen Videos in allen Items klar erfüllt wor-

den. Bis auf zwei Bereiche bewertete sogar mehr als die Hälfte der Studierenden die Items mit der höchstmöglichen Bewertung.

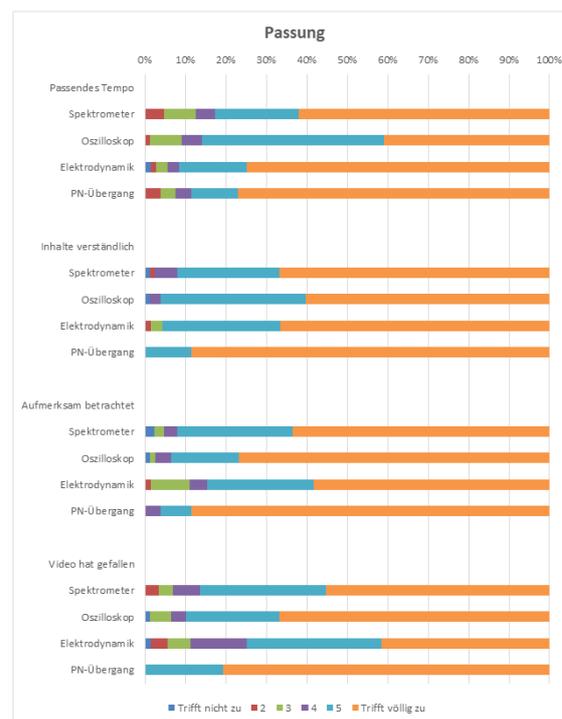


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung Passung-Items (vgl. [14])

### 5.4. Nutzen der Videos

Die Skalen zum subjektiv empfundenen Nutzen der Videos ergaben ebenfalls inkonsistente und oft geringe Werte bezüglich der Skalenreliabilität. Auch hier gilt, dass die Items einen relativ geringen Zusammenhang haben bzw. kaum als Steigerung zueinander gesehen werden können. Das Pretesting ergab hier, dass Studierende auch aus altruistischen Motiven das erste Item höher bewerten würden, wenn sie glaubten, dass es anderen helfen könnte

oder wenn sie die Entwicklung von Videos prinzipiell befürworteten – auch wenn ihnen das vorliegende Video nicht von Nutzen war. Dieses Item hatte also die geringste Schwelle für gute Bewertungen. Das letzte Item hingegen hatte die größte Schwelle, weil darin ein konkreter Mehrwert gegenüber den ausführlichen Anleitungstexten erfragt wurde. Diese Trends zeichneten sich auch in den Ergebnissen ab. Hier wurden die Items bei allen Videos unterschiedlich, jedoch durchwegs positiv bewertet. Die zugehörige Häufigkeitsverteilung ist in Abb. 14 zu sehen.

Die Videos zu Spektrometer und Oszilloskop schnitten bei allen drei Items am besten ab. Diese beiden Videos behandelten sehr konkret die Handhabung eines Gerätes, das in der jeweiligen Praktikumseinheit vielfach zum Einsatz kam. Die Videos halfen zu lernen, wie man ein Oszilloskop bedient, allerdings nicht bei der Umsetzung von konkreten Experimenten. Aus den zusätzlichen Fragebögen wurde auch verstärkt der Wunsch nach mehr Videos dieser Machart zum Ausdruck gebracht. Es waren auch diese Videos, die häufig mehrfach während der Einheit von den Studierenden angesehen wurden. Das Pretesting ergab hier: Studierende messen Hilfestellungen zum Bewältigen der Aufgabenstellungen im Praktikum höhere Bedeutung zu als Hilfestellungen zum Verstehen physikalischer Konzepte.

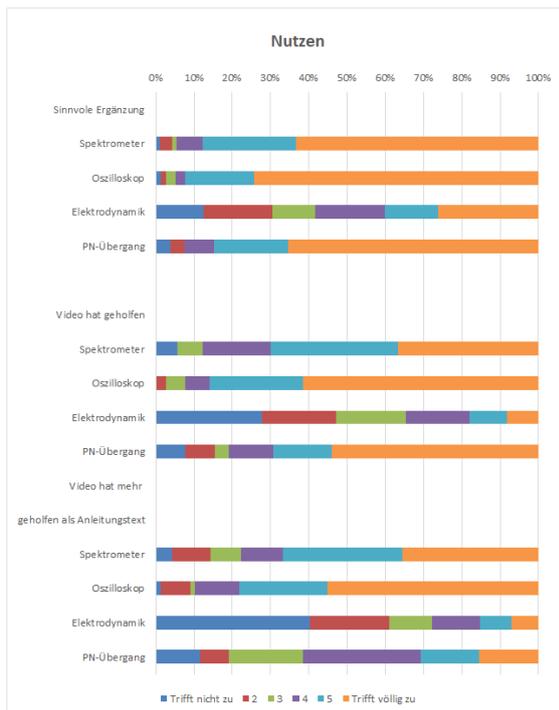


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung Nutzen-Items (vgl. [14])

Das Video zur Elektrodynamik erfüllte nicht nur bei keinem der Items das Erfolgskriterium, es war auch das einzige, welches sogar bei zwei Items überwiegend negativ bewertet wurde. Dennoch wurde das Video zumindest von der Hälfte der Studierenden als sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext empfunden.

Das Video zum p-n-Übergang erfüllte nur beim letzten Item das Erfolgskriterium Nutzen nicht. Insgesamt muss allerdings festgehalten werden, dass alle Anleitungstexte konzise und didaktisch hochstrukturiert sind, über die Jahre mehrfach überarbeitet wurden und genau auf die theoretischen und praktischen Grundlagen zur Durchführung aller Versuche eingehen. (Es wurde im Zuge der Befragung von Betreuungspersonen in der Bedarfserhebung zudem kein einziger Hinweis gefunden, dass die Anleitungstexte der vier untersuchten Praktikumseinheiten von unterschiedlicher Qualität seien.) Es ist also nicht zwingend als Mangel des Videos anzusehen, wenn es nicht als hilfreicher als der Anleitungstext gesehen wurde, wohingegen der Umkehrschluss doch sehr aussagekräftig wäre.

Interessant ist auch, dass der Lernerfolg der Studierenden in der Testgruppe trotz geringer Zuschreibung von Nützlichkeit eines Videos höher lag (Elektrodynamik) und bei einem anderen Video trotz der empfundenen Nützlichkeit unverändert blieb (Prismenspektrometer). Die Videos zum p-n-Übergang und zum DSO weisen also die höchsten Gesamtwerte von Lernerfolgssteigerung und empfundener Nützlichkeit auf.

## 6. Fazit und Diskussion

Das Entwicklungsprojekt kann insgesamt als Erfolg angesehen werden. Insbesondere deshalb, weil die Videos in diesem Testdesign unter besonderen Bedingungen gezeigt wurden: Im laufenden Praktikumsbetrieb nach erfolgter bzw. zusätzlich zur regulären Vorbereitung, welche im Großteil der Fälle nach Angabe der Studierenden bereits sehr gründlich war. Um die obigen Ergebnisse noch einmal zusammenzufassen (vgl. Tab. 3): Das Erfolgskriterium *Passung*, welches misst, ob die Videos verständlich und strukturiert wahrgenommen werden, wurde als einziges erfüllt – für alle Videos. Das Erfolgskriterium *Nutzen* wurde für alle Videos außer für das Video zur Elektrodynamik erfüllt. Das Erfolgskriterium *Lernerfolg* wurde ebenfalls für alle außer für das Video zum Prismenspektrometer erfüllt (trotz hoher Bewertungen im subjektiven Nutzen).

Das Video zur Elektrodynamik hingegen führte zu einer signifikanten Steigerung des Lernerfolgs in der Betreuenden-Skala und in den hypothetischen Schulnoten. Und das, obwohl es die schlechtesten Bewertungen im Kriterium *Nutzen* erhielt und dieses Erfolgskriterium, als einziges Video, klar verfehlte. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass die Studierenden sowohl der Test- als auch der Kontrollgruppe bei der Betrachtung des Videos bereits mindestens eine Praktikumseinheit absolviert hatten, die genau die Inhalte dieses Videos ausgiebig behandelte. Gerade die Studierenden des BSc vermerkten als Kommentar häufig, dass das Video in der ersten Praktikumswoche (W1 in Abb. 4) beim Parallelgruppen-Experiment zur Elektrodynamik viel pas-

sender und nützlicher gewesen wäre und für diese Praktikumseinheit überholt sei. Das Video in der ersten Praktikumswoche zu zeigen, hätte die Durchführung der Untersuchung allerdings sehr verkompliziert. Das Video zum Oszilloskop und das Video zum p-n-Übergang erfüllten alle drei Erfolgskriterien. Das Lernerfolgs-Subkriterium „Punktebewertung“ erwies sich rückblickend als ungeeigneter Indikator, denn bei keinem der vier untersuchten Videos konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Die Autoren vermuten, dass die Betreuer im Zuge der regulären notenrelevanten Beurteilung der Studierenden im Praktikum mehr als nur die durch Videos beeinflussten Lernerfolge und Handlungen der Studierenden bewerteten (und das noch dazu tendenziell zu positiv). Die Analyse der Punktebewertungen ergab außerdem, dass bei allen Praktikumseinheiten mindestens 80% der Bewertungen sowohl für das Verständnis als auch für die praktische Umsetzung auf die höchsten zwei Werte einer siebenstufigen (für die Vorbereitung) bzw. neunstufigen (für die Durchführung) Skala entfiel. Führt man also diese Aussagen mit dem Ergebnis zusammen, dass selbst bei den lediglich die Inhalte der Videos betreffenden Skalen nur geringe Änderungen auf hohem Niveau gemessen werden konnten, dann lässt sich mutmaßen, dass die Punktebewertung (reguläre Leistungsfeststellung innerhalb der Lehrveranstaltung) keine ausreichende Auflösung hatte, um mögliche positive Effekte wiederzugeben. Sie wurde deshalb von den Autoren rückwirkend verworfen.

	Passung	Nutzen	Erfolg S/B/N
<b>Oszilloskop</b>	J	J	J/J/J
<b>Elektrodynamik</b>	J	N	N/J/J
<b>Spektrometer</b>	J	J	N/N/N
<b>p-n-Übergang</b>	J	J	J/J/J

**Tab. 3:** Ergebnisse Erfolgskriterien;  
Legende: S/B/N = Studierende/Betreuende/Schulnote;  
J = erfüllt, N = nicht erfüllt

Die Videos wurden den Studierenden in der Untersuchung unkommentiert gezeigt, und keine der Lehrpersonen bezog sich im Nachhinein direkt darauf. Dieses Nutzungsbild kommt also an eine reale Vorbereitungssituation nahe heran. Was den Lernerfolg betrifft, so ist hervorzuheben, dass sich trotz sehr hoher Ausgangswerte und dem quasi „minimal-invasiven“ Untersuchungsverlauf hochsignifikante Steigerungen feststellen ließen. Dennoch wäre es interessant, in Zukunft die Art der Lerneffekte genauer zu unterscheiden (z. B. Zeit für den Aufbau der Geräte, vielfältige Darstellungsmöglichkeiten von komplexen Sachverhalten usw.) und die Effektivität der Videos in einem direkten Vergleich anderen Lernmaterialien gegenüberzustellen (z. B. Anlei-

tungstexten im Pre-, Posttest-Design). Es sei an dieser Stelle nochmals angemerkt, dass die Videos zwar in Bezug auf das grundsätzliche Layout bzw. in Bezug auf die angewendeten didaktischen Designprinzipien ähnlich produziert wurden, sie jedoch verschiedene Bereiche des Praxis-Theorie-Spektrums abdeckten. (Das Video zum Oszilloskop erklärte nur das Gerätehandling, während das Video zum p-n-Übergang nur die theoretischen Grundlagen ohne praktische Anwendungen behandelte.) Es wäre also sinnvoll, in Nachfolgeuntersuchungen zu erforschen, ob allein das Thema bereits einen Einfluss auf die Effektivität eines audiovisuellen Lernmediums hat.

Des Weiteren wurde in dieser Studie nicht untersucht, wie sich die Videos auf den allgemeinen Praktikumsverlauf auswirkten, z. B. ob durch das Wegfallen der Erklärung eines Geräts im Betreuungsgespräch mehr Zeit der Behandlung physikalischer Sachverhalte gewidmet werden könnte.

Ein weiterer wichtiger Punkt wäre die Untersuchung, ob Videos zu Inhalten, zu denen sich Studierende rückblickend andere Lehrmaterialien gewünscht hätten, ebenfalls tatsächlich zu einem höheren Lernerfolg führen würden (es wurde über Kommentare auf den Fragebögen mehrfach nach Videos zu anderen Bereichen gefragt). In diesem Projekt wurden zwar Experten, aber dennoch nur die Betreuungspersonen in die Bedarfserhebung eingebunden. Die Ausprägung oder Veränderung von unterschiedlichen Vorbereitungsstrategien wurde nicht untersucht, da es den möglichen Rahmen der Studie gesprengt hätte.

Die Autoren gehen ferner davon aus, dass eine Etablierung einer Lern- und Arbeitsstrategie sowie der Zuwachs allgemeiner experimenteller Fertigkeiten im Praktikum durch die Studierenden keinen messbaren Einfluss auf den Lernerfolg bei den Praktikumsexperimenten, auf welche die Videos abzielen, haben. Dafür sind vor allem die Themengebiete p-n-Übergang, DSO und Prismenspektrometer viel zu speziell, als dass sie mit allgemeinen experimentellen Fertigkeiten besser bewältigt werden könnten. Die Experteninterviews brachten in der Bedarfserhebung schließlich zutage, dass gerade die vier ausgewählten Themengebiete immer wieder (und nicht nur am Anfang) den Studierenden Schwierigkeiten bereiten. Trotzdem bleibt die Stabilität und Genauigkeit der Selbsteinschätzung nur postuliert und damit ein limitierender Faktor der Evaluation.

Zusammenfassend kann man sagen, dass audiovisuelle Lernmaterialien (derart gestaltet, dass sie kognitionspsychologische und mediendidaktische Potenziale ausschöpfen) im Rahmen dieses Projektes nachweislich zu einem höheren Lernerfolg bei Studierenden führen und von ihnen als adäquates Mittel zur individuellen Vorbereitung wahrgenommen werden und ihr Nutzen hierfür erkannt wird. Es bedarf aber noch einiger Forschung, um herauszufinden, auf welche anderen Bereiche sich die Ergebnisse übertragen lassen.

## 7. Literatur

- [1] Kulgemeyer, C. & Peters, C. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. In: *Eur. J. Phys.* 37 – 065705. IOP Publishing.
- [2] Nagel, C. (2009). eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum. Dissertation an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- [3] Nagel, C. & Wolny, B. (2013). Ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften – Didaktische Rekonstruktion und Evaluation. In *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*. *PhyDid*, 1/12, 48–61.
- [4] Hüther, M. & Theyßen, H. (2005). Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 11, 117–129.
- [5] Zastrow, M. (2001). Interaktive Experimentieranleitungen – Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit den Messgeräten im physikalischen Praktikum. In *Niedderer, H. & Fischler, H., Studien zum Physiklernen, Band 18*. Berlin: Logos Verlag.
- [6] Büsch, L. & Heinke, H. (2015). Wie kann die Attraktivität von web-basierten interaktiven Praktikumsanleitungen gesteigert werden? DPG-Frühjahrstagung 2015. *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung DD 17.16*. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/639/767>
- [7] Bauer, J. (2010). Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Elektrizität. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- [8] Fricke, A., Schecker, H., Rückmann, I. (2011). Hypermedia in der Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum. DPG-Frühjahrstagung 2011. *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung DD 03.05*. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/284/330>
- [9] Hamacher, J., Erkelenz, J., Heinke, H. (2015) Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen. DPG-Frühjahrstagung 2015. *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung DD 17.14*. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/637/765>
- [10] Hoffmann, M. (2011) Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften zum Thema Flüssigkeiten und Wärme. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.
- [11] Kreiten, M. (2012). Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Dissertation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln.
- [12] Plückers, K., Heinke, H. (2015). Einsatz neuer Medien im Physikpraktikum für Medizinstudierende. DPG-Frühjahrstagung 2015. *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung DD 20.01*. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/638/731>
- [13] Rehfeldt, D., Gutzler, T., Nordmeier, V. (2013). TSL: Technology SUPPORTed Labs. Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika. DPG-Frühjahrstagung 2015. *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung DD 17.21*. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/423/567>
- [14] Oppermann, S. (2016) Entwicklung und Evaluation von Lernvideos für das physikalische Anfängerpraktikum. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien
- [15] Markowitsch, W. & Nagel, C. (2017). Organisation und Ziele. *Physikalisches Anfängerpraktikum I und II*. <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/organisation/ablaufDurchfuehrung/organisationPraktikumPhysikIuII.pdf>.
- [16] Häder, M. (2015). *Empirische Sozialforschung: Eine Einführung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [17] Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual encoding approach*. New York: Oxford University Press.
- [18] Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Bower, G. (Hrsg.), The psychology of learning and motivation (Bd. 8, S. 47-89)*. New York: Academic Press.
- [19] Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In *Mayer, R., Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 27-42)*. New York: Cambridge University Press.
- [20] Miller, G. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two – Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- [21] Mayer, E. (Hrsg.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- [22] Low, R. & Sweller, J. (2014). The Modality Principle in Multimedia Learning. In *Mayer,*

- R., Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 227-246). New York: Cambridge University Press.
- [23] Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test of the methods-affects-learning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 149-158.
- [24] Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15, 313-331.
- [25] Ayres, P. & Sweller, J. (2014). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 206-226). New York: Cambridge University Press.
- [26] Kalyuga, S. & Sweller, J. (2014). The Redundancy Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 247-262). New York: Cambridge University Press.
- [27] Van Gog, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 263-278). New York: Cambridge University Press.
- [28] Häder, M. (2015). *Empirische Sozialforschung: Eine Einführung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [29] Altrichter, H. & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht – Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- [30] Janssen, J. & Laatz, W.. *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. Berlin & Heidelberg: Springer, 2007. Videolinks
- [31] Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R.. *Multivariate Analysemethoden*. Berlin & Heidelberg: Springer, 2006.
- [32] Holm, S. (1979). *A simple sequentially rejective multiple test procedure*. In: *Scandinavian Journal of Statistics*. Vol. 6, S. 65–70. New Jersey: Wiley.
- [33] Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. Auflage. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale.

### Zusatz Links

Oppermann, S. (2015). Video zur Elektrodynamik. <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw1.php>

Oppermann, S. (2015). Video zum Digitalen Speicher-Oszilloskop. <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw11.php>

Oppermann, S. (2015). Video zum Prismenspektrometer. <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/pw/pw7.php>

Oppermann, S. (2015). Video zum p-n-Übergang. <http://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/ps/ps7.php>

## ANHANG 1

## VIDEO DSO – KONTROLLGRUPPE

Kontrollgruppe WS2015

Bachelor Physik (BSc)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht Ihre Bewertung. Beantworten Sie daher bitte die Fragen so ehrlich wie möglich!

Vielen Dank!

Diesen Teil bitte VOR der Praxiseinheit ausfüllen

<b>Geschlecht:</b>	männlich	weiblich	anders	<b>Alter:</b>		<b>Studiensemester:</b>	
--------------------	----------	----------	--------	---------------	--	-------------------------	--

Datum: \_\_\_\_\_

Vb1

1.) Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich... (eines auswählen)

- (noch) nicht gelesen
- überflogen
- nur die die wichtigen Teile aufmerksam gelesen
- vollständig und aufmerksam gelesen

Vb2

2.) Auf die heutige Praxiseinheit habe ich mich ... vorbereitet (eines auswählen)

- kaum
- so gut wie nötig, um keine schlechte Bewertung zu erhalten
- so gut wie nötig, um eine gute Bewertung zu erhalten
- so gut wie möglich

Vb3

3.) Von den auf der Praxiseinheit verfügbaren Zusatzmaterialien (sofern vorhanden) habe ich folgende in der Vorbereitung für diese Einheit verwendet (mehrere möglich)

- Keines
- Applets
- Videos
- Zusatztexte
- Links
- Simulationen

Den 2. Teil, auf der Rückseite, bitte NACH der Praxiseinheit ausfüllen

**Diesen Teil bitte NACH der Praxiseinheit ausfüllen**

**Sie haben gerade die Praxiseinheit absolviert. Bitte beantworten Sie kurz die unten stehenden Fragen zu Ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!**

DSO LP...	Dank der Vorbereitungs-materialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe... (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)	trifft nicht zu						trifft völlig zu
...1	... die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde.	○	○	○	○	○	○	
...2	... den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten).	○	○	○	○	○	○	
...3	... Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern, wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist.	○	○	○	○	○	○	
...4	... die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen.	○	○	○	○	○	○	
...5	... Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü).	○	○	○	○	○	○	

**Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):**

**Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!**

## ANHANG 2

## VIDEO DSO – TESTGRUPPE

Testgruppe WS2015

Bachelor Physik (BSc)

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht Ihre Bewertung. Beantworten Sie daher bitte die Fragen so ehrlich wie möglich!

Vielen Dank!

Diesen Teil bitte VOR der Praxiseinheit ausfüllen

<b>Geschlecht:</b>	männlich	weiblich anders	<b>Alter:</b>		<b>Studiensemester:</b>
--------------------	----------	-----------------	---------------	--	-------------------------

**Datum:** \_\_\_\_\_

Vb1

1.) Den Anleitungstext für die heutige Einheit habe ich... (eines auswählen)

- (noch) nicht gelesen
- überflogen
- nur die die wichtigen Teile aufmerksam gelesen
- vollständig und aufmerksam gelesen

Vb2

2.) Auf die heutige Praxiseinheit habe ich mich ... vorbereitet (eines auswählen)

- kaum
- so gut wie nötig, um keine schlechte Bewertung zu erhalten
- so gut wie nötig, um eine gute Bewertung zu erhalten
- so gut wie möglich

Vb3

3.) Von den auf der Praxishomepage verfügbaren Zusatzmaterialien (sofern vorhanden) habe ich folgende in der Vorbereitung für diese Einheit verwendet (mehrere möglich)

- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> Keines  | <input type="radio"/> Zusatztexte  |
| <input type="radio"/> Applets | <input type="radio"/> Links        |
| <input type="radio"/> Videos  | <input type="radio"/> Simulationen |

P1

P2

P3

P4

Zum Inhalt des Videos	trifft nicht zu				trifft völlig zu	
Das Video war mir zu schnell.	<input type="radio"/>					
Das Video hat die Inhalte verständlich vermittelt.	<input type="radio"/>					
Ich habe das Video aufmerksam angesehen.	<input type="radio"/>					
Das Video hat mir gefallen.	<input type="radio"/>					

Den 2. Teil, auf der Rückseite, bitte NACH der Praxiseinheit ausfüllen

**Diesen Teil bitte NACH der Praxiseinheit ausfüllen**

Sie haben gerade die Praxiseinheit absolviert. Bitte beantworten Sie kurz die untenstehenden Fragen zu Ihren Einschätzungen der heutigen Einheit!

	<b>Zum Video:</b>	trifft nicht zu		trifft völlig zu
N1	Ich halte das Video für eine sinnvolle Ergänzung zum Anleitungstext.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N2	Das Video hat mir in der heutigen Praxiseinheit geholfen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N3	Das Video hat mir, in Bezug auf die darin behandelten Inhalte (z. B. Handhabung d. Geräte; Verständnisfragen), in der heutigen Einheit mehr genutzt als die entsprechenden Kapitel im Anleitungstext.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N4	Ich habe das Video, oder Teile des Videos, während der heutigen Einheit mehr als einmal angesehen.		NEIN      JA <input type="radio"/> <input type="radio"/>	

(Anm.: Das Video zählt zu den Vorbereitungsmaterialien)

	<b>Dank der Vorbereitungsmaterialien konnte ich ohne zusätzliche Hilfe... (Betreuer, Studierende anderer Gruppen, Lehrbücher, andere Hilfsmittel etc.)</b>	trifft nicht zu		trifft völlig zu
DSO LP...				
...1	... die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...2	... den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...3	... Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern, wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...4	... die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...5	... Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

**Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!**

## ANHANG 3

## VIDEO DSO – BETREUER

WS2015

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern.

Dieser Fragebogen dient der Auswertung eines Lernbehelfs für das Praktikum. Ihre Angaben werden anonymisiert und beeinflussen nicht die Bewertung der Studierenden. Bitte versuchen Sie daher die Fragen so genau wie möglich zu beantworten

Vielen Dank!

Datum: \_\_\_\_\_

Gruppencode: \_\_\_\_\_

DSO LP...	Zumindest einer der Studierenden konnte selbstständig (nur mit Hilfe der Vorbereitungs-materialien)...	trifft völlig zu						trifft nicht zu
B1	... die Schaltung so aufbauen, dass sie nicht über die Außenleiter der Koaxialkabel kurzgeschlossen wurde.	<input type="radio"/>						
B2	... den Oszilloskop in Betrieb nehmen, sodass die Messkurven auf dem Schirm sichtbar sind (Folgefrage beachten).	<input type="radio"/>						
B3	... Position und Auflösung (horizontal/vertikal) der Messkurven so ändern, wie es für das jeweilige Experiment sinnvoll ist.	<input type="radio"/>						
B4	... die Messwerte in der X-Y Darstellung anzeigen.	<input type="radio"/>						
B5	... Messwerte auf verschiedene Arten richtig ablesen (Cursor, Skala am Schirm, MEASURE-Menü).	<input type="radio"/>						

	Insgesamt würde ich der Gruppe diese Schulnote für ... geben	1	2	3	4	5
SN	selbständiges durchführen von Messungen am Oszilloskop (Probleme beim Aufbau der Schaltung ausgenommen)	<input type="radio"/>				

Das möchte ich noch mitteilen (freiwillig):

**Ausgefüllten Fragebogen bitte in die entsprechende Box werfen!**