

Effiziente Produktion von Lernvideos

Vorstellung einer erfolgreichen Strategie zur Entwicklung und Produktion effektiver audiovisueller Lernmaterialien für das Physikpraktikum

Silas Oppermann, Clemens Nagel

Universität Wien

silas.oppermann@gmail.com, clemens.nagel@univie.ac.at

Kurzfassung

Dieser Beitrag soll einen Einblick in eine erfolgreiche Strategie zur Entwicklung von audiovisuellen Lerninhalten für die universitäre Physiklehre geben. Dies geschieht anhand des Beispiels eines für das physikalische Anfängerpraktikum der Fakultät für Physik der Universität Wien durchgeführten Diplomprojektes bei dem 4 Videos entwickelt, produziert und deren Einsatz evaluiert wurde.

1. Einleitung

Viele Publikationen vergangener Jahre haben sich mit den Potentialen und potentiellen Anwendungen multimedialer Inhalte und Applikationen in verschiedensten Lehr-, und Lernsituationen beschäftigt. Der Grad der Detailtiefe und theoretischen Fundierung, mit der diese Potentiale erklärt werden, variiert stark und ist mancherorts eher allgemein gehalten. Insbesondere über den tatsächlichen Entwicklungsprozess wird eher wenig geschrieben. Das Problem dabei ist, dass mit der Komplexität einer multimedialen Anwendung auch die erforderlichen Anwendungsfähigkeiten und -fertigkeiten wachsen. Dies betrifft sowohl den „kreativen“ Teil (Konzeption, Projektentwicklung, Visualisierung, Kommunikation) des Entwicklungsprozesses als auch den „handwerklichen“ (Programmieren, Filmen, Schneiden, Bildbearbeitung, Animation). Hinzu kommen die Anforderungen an das Fachwissen in Bezug auf Lern-, und Medienpsychologische Theorien und deren Anwendung auf ein konkretes Projekt. Lehrende sehen sich also häufig damit konfrontiert, dass die Anforderungen zur Umsetzung eines Entwicklungsprojektes im Bereich Multimedia die eigenen Fertigkeiten gegebenenfalls in einem oder mehreren Teilaspekten überschreiten und fühlen sich dadurch überfordert oder haben das Gefühl, dass der nötige Fortbildungsaufwand die potentiellen Besserungen nicht rechtfertigen würde. Und während es viele Publikationen über Lern-, und Medienpsychologische Effekte gibt sind Veröffentlichungen welche konkrete Modelle zur Entwicklung eigener Inhalte vorstellen eher selten. Ebendies soll im vorliegenden Artikel erreicht werden. Anhand eines konkreten Beispiels wird Schritt für Schritt ein Modell zur effizienten Entwicklung audiovisueller Lernmaterialien (Videos) vorgestellt welches sich auf andere Bereiche übertragen lässt. Dadurch soll die Hemmschwelle zur Initiation eines eigenen Projektes für andere Praktiker heruntergesetzt werden in der Hoffnung in der Zukunft viele

neue Erkenntnisse in diesem Bereich der Physikdidaktik erreichen zu können.

2. Bedarfserhebung und Ziele

Die Entwicklung jeglicher neuer multimedialer Inhalte, wie Apps, Programme, Videos etc. ist auch im kleinen Rahmen immer mit einem, gegenüber konventionellen Medien, erheblichem Aufwand verbunden. Deshalb sollte vor einem Projekt klar definiert werden was die Zielvorstellung ist um anschließend bestimmen zu können ob und wenn ja auf welche Art diese Ziele mit neuen Medien besser erreicht werden können als mit bereits bestehenden Mitteln. Die Bedarfserhebung für ein Entwicklungsprojekt sollte darauf ausgerichtet sein eine möglichst effiziente und effektive Durchführung zu ermöglichen. Sind die Ziele wohldefiniert, gilt es die Lernumgebung dahingehend zu analysieren, welche Aspekte sich durch die Verwendung neuer Medien ergänzen oder verbessern ließen und worin bisher die Schwierigkeiten lagen.

Im eingangs erwähnten Beispielprojekt wurde die Zielvorstellung definiert die Vorbereitung von Studierenden auf das physikalische Anfängerpraktikum zu verbessern um den Lernerfolg zu erhöhen, in dem die eigenständige Vorbereitung der Studierenden auf die Experimente verbessert wird bzw. die Selbständigkeit der Studierenden bei der Bedienung komplexerer Geräte erhöht wird. Die anschließende Bedarfserhebung erfolgte einerseits durch die Analyse anderer Arbeiten im Bereich neuer Medien ([1][2][3][4][5][6][7][8]), insbesondere in Anfängerpraktika, und andererseits durch leitfadengestützte episodische Experteninterviews ([9]). Dabei wurden Betreuungspersonen des Anfängerpraktikums mit langjähriger Erfahrung befragt in welchen Bereichen des Praktikums in der Vergangenheit vermehrt Probleme aufgetreten sind und welcher Natur diese Probleme waren. Die Analyse der Arbeiten ergab, dass vielerorts Verweise auf Potentiale audio-

visueller Lernmaterialien deren Wirkung allerdings wenig erforscht wurde. Dies war mit Grund dafür, dass in dem Beispielprojekt explizit nur die Effekte von Lernvideos untersucht wurde. Diese wurden daraufhin in eine, zuvor bereits Entwickelte und bewährte digitale Online Lernumgebung integriert ([10]). Das Ergebnis der Interviews waren Audio-Gesprächsaufzeichnungen und handschriftliche – Interviewer-Notizen aus denen mittels interpretativ-reduktiver Inhaltsanalyse Themenblöcke zusammengefasst wurden, welche von mehreren Personen angesprochen wurden. Aus diesen Themenblöcken wurden in einer Besprechung mit der Praktikumsleitung jene Themen ausgewählt, welche nach intensiver und detailreicher Gespräche in kleiner Expertenrunde am vielversprechendsten bzw. effektivsten empfunden wurden. Da dieser Projektschritt in den Sommerferien erfolgte, konnten aus organisatorischen und zeitlichen Gründen leider keine Studierenden in die Bedarfserhebung eingebunden werden. Im kleinen Ausmaß wurde diese Rolle durch den Studienautor, welcher selbst als Studierender die Praktika besucht hatte, erfüllt. Nach Möglichkeit sollte aber die Lernenden-Perspektive ebenfalls in den Erhebungsprozess eingebunden werden um alle Seiten des fachdidaktischen Triplets der didaktischen Rekonstruktion ([11]) zu beleuchten und genauer feststellen zu können, welche Aspekte eines Inhalts zu den Schwierigkeiten führen. Um gegebenenfalls noch bestehende Unklarheiten oder Widersprüche in der Beschreibung von Lehrenden und Lernenden zu beseitigen, kann an die erste Erhebung auch Gruppendiskussion ([12]) mit beiden Parteien stattfinden bei dem dann allerdings nur mehr ein verkleinerter Themenpool besprochen wird welcher in den Vorerhebungen beider Gruppen Nennungen fand.

Als Modell wird hier eines der im Beispielprojekt entwickelten Videos zum PN-Übergang vorgestellt:

Thema: PN-Übergang

Hauptproblem: Studierende haben keine oder falsche Vorstellungen über die Vorgänge zur Ausbildung des pn-Überganges oder seine Verwendung in Sperr- oder Durchlassrichtung. Falsche Vorstellungen hierzu existieren trotz einer sehr gut elementarisierten und konzise strukturierten Erklärung im Anleitungstext. Daher ergibt sich die Hypothese, dass kein geeignetes Konzept zu Diffusion im Allgemeinen vorhanden ist.

Lernzielanforderung an das Medium und Grobinhalte:

- a) Die Studierenden haben Kenntnisse über den Aufbau und die Dotierung einer Halbleiterdiode

- b) Die Studierenden wissen was eine Sperrschicht in einer Diode ist und warum sie sich bildet und können dies richtig beschreiben
- c) Studierende können Diffusionsvorgänge mit andern Beispielen in Verbindung bringen und das Grundprinzip der Diffusion auf Elektronen in Festkörpern übertragen
- d) Studierende wissen, dass die Ursache von Diffusion in einer Diode die stochastische Natur ungeordneter Teilchenbewegung und nicht ein Potentialunterschied ist
- e) Studierende wissen was ein chemischen Potential ist und können dieses von einem Elektrischen unterscheiden
- f) Studierende verstehen warum das Lochmodell einem Halbleiterkristall wie ein positiver Ladungsträger gesehen werden kann
- g) Studierende Wissen wo in der Diode ein Potentialunterschied entsteht und warum
- h) Studierende wissen welche Funktion eine Diode als Bauteil in einem Schaltkreis hat und was in einer Diode bei Schaltung in Sperr-, und Durchlassrichtung geschieht

Sind so die Themen bzw. Grobinhalte der Videos sowie die Lernziele konkretisiert worden geht es an den nächsten Schritt der Umsetzung: der Projektplanung und Konzipierung der Videos.

Zusammenfassend hat sich folgende Vorgehensweise im Entwicklungsprozess bewährt:

1. Leitfadengestützte episodische Interviews mit Lehrpersonen (und Studierenden).
2. Erstellen einer Themenmatrix aus den Interviewaufzeichnungen
3. Analyse der Inhalte und Wahl eines geeigneten Mediums (hier Video)
4. Gegebenenfalls 2. Erhebungsschritt IN der Gruppendiskussion
5. Konkretisierung der Lernziele und der Grobinhalte

3. Projektentwurf, Zeitplanung

Um die Produktion möglichst effizient zu gestalten, ist es sinnvoll einem vorher festgelegten Projektplan zu folgen. Für die Produktion von Videos sollte ein solcher folgende Elemente beinhalten:

1. Konzeption der Videos (Detailinhalte, Drehbuch, Storyboard, Feststellung der nötigen Materialien, ggf. Machbarkeitsanalyse - „proof of concept“)

2. Erstellung eines Dreh-, und Personalplans (Orte, Zeiten, Personen, Aufgabenaufteilung, Material, ggf. Probeaufnahmen)
3. Durchführung der Aufnahmen
4. Schnitt (ggf. Animation)

Leider lässt sich über die jeweiligen Anteile der einzelnen Schritte am Gesamtaufwand des Projektes wenig Allgemeines sagen, außer, dass es in der Regel immer mehr ist als eingeschätzt wird. Insbesondere wieviel Zeit auf welche Arbeitsschritte entfällt variiert von Projekt zu Projekt erheblich und hängt von den spezifischen Anforderungen und den Anwen-derfähigkeiten ab. Im hier Beispielhaft angeführten Projekt betrug der Arbeitsaufwand pro Video Minute zwischen 10 und 20 Stunden. Dabei verfügte der ausführende Produzent zu Beginn nur über grundlegende Kenntnisse in der Videoproduktion.

Der Projektplan sollte jedenfalls jeden der oben genannten Punkte mit zugehörigen Deadlines und gegebenenfalls „check-in dates“ zur Begutachtung der Zwischenresultate beinhalten. Im Beispielprojekt gab es Zwischenbesprechungen mit der Praktikumsleitung jeweils nach der Erstellung der Drehbücher und der Storyboards sowie an einigen kritischen Punkten während der Videoproduktion zur Qualitätsüberprüfung. Punkt 1 und 2 können dabei parallel entstehen, was besonders dann wichtig ist, wenn die Produktion unter Einbindung mehrerer Parteien durchgeführt wird. In diesem, Projekt war nur der Diplomand selbst an den Produktionsschritten nach der Erstellung der Storyboards beteiligt weshalb der Organisationsaufwand diesbezüglich bescheiden war. Der sowohl Drehplan als auch der Schnitt orientierten sich dabei stark am Storyboard welches sich dadurch in Mehrfacher Hinsicht als essentiell für die effiziente Durchführung erwies. Jeder der Unterpunkte wird aber in Kapitel 5 und 6 genauer beschreiben.

4. Lernpsychologische Grundlagen

Es gibt viele gut dokumentierte Untersuchungen über die verschiedenen Effekte, welche audiovisuelle Lernmaterialien auf die *learning-outcomes* haben und unter welchen Bedingungen diese Effekte beobachtbar sind. Als ein wichtiges Standardwerk, nicht nur für Videos, sei das „*Cambridge Handbook of Multimedia Learning*“ [13] genannt aus dem ein Großteil der Publikationen stammen deren Bedeutung für die Produktion effektiver Lernvideos im Folgenden knapp zusammengefasst werden. Für eine ausführlichere Beschreibung dieser Effekte in Bezug auf Lernvideos siehe ([14])

Double Encoding Theory nach Paivio ([15]): Das Gedächtnis verfügt über zwei voneinander unabhängige Speichersysteme, ein verbalbedeutungsmäßiges und ein Bildhaftes.

Working Memory Theory nach Baddeley ([16]): Diesen beiden Speichersystemen sind auch eigene Instanzen im Arbeitsgedächtnis zugeordnet. Das Arbeitsgedächtnis hat die Aufgabe Sinneseindrücke als Information aufzunehmen, mit dem Langzeitgedächtnis zu vergleichen und sie in dieses zu integrieren. Jegliche Manipulation von Information ist nur im Arbeitsgedächtnis möglich. Jede Instanz des Arbeitsgedächtnisses kann dabei nur 3-7 Elemente gleichzeitig verarbeiten und diese nur für sehr kurze Zeit behalten bevor sie ins Langzeitgedächtnis integriert (wenn dies möglich ist) oder vergessen werden. Welche Informationen als ein Element gesehen werden können hängt vom Vorwissen des Individuums ab.

Modality Principle nach Low & Sweller ([17]): Bei Lerninhalten hoher innerer Komplexität (viele miteinander zusammenhängende Elemente), welche allerdings von dem individuellen Vorwissen des Lernenden abhängt, wird ein höherer Lernerfolg erzielt wenn die Informationen auf die zwei Sinneskanäle Sehen und Hören aufgeteilt wird. Es ist also dort wo verbale Information zusätzlich zu bildlicher Information notwendig ist besser diese Information als Audiospur darzubieten.

Split Attention Principle nach Ayres & Sweller ([18]): Alle zu einem Lernobjekt zugehörigen Informationen welche nur gemeinsam das Verstehen ermöglichen, sollten räumlich und zeitlich nahe zueinander dargeboten werden.

Redundancy Principle nach Kalyuga & Sweller ([19]): Es sollte zu keinem Zeitpunkt eine Information auf zwei Arten gleichzeitig dargeboten werden (z.B. einen Text gleichzeitig zu lesen und vorgelesen bekommen) es sei denn es ist das Lernziel genau diese beiden Darstellungsformen miteinander zu verbinden (z.B. lernen wie ein Wort klingt). Des Weiteren sollten überall dort wo es möglich ist nur Informationen dargeboten werden welche für das gegenwärtig behandelte Lernobjekt von unmittelbarer Bedeutung sind. Dekorative oder minder relevante hervorstechende Elemente sind zu entfernen.

Expertise Reversal Principle nach Kalyuga ([20]): Das Design von Lernmaterialien für Anfänger unterscheidet sich von dem für Experten. Dies lässt sich unter anderem dadurch erklären, dass viele der Informationen für Anfänger für Experten redundant sind. Ein und dasselbe Lernvideo ist also in aller Regel nicht für verschiedene Vorwissensstände bei Lernenden geeignet und sollte inhaltlich genau so anspruchsvoll sein wie es den Lernenden zuzumuten ist ohne sie zu überfordern oder unterfordern, da beides negative Lerneffekte erzeugt.

Signaling Principle nach Van Gog ([21]): Lässt es sich nicht vermeiden oder ist es aus narrativen Gründen sinnvoll mehrere nicht unmittelbar relevanten visuellen Informationen gleichzeitig zu zeigen so

sollten die momentan relevanten durch visuelle Signale hervorgehoben oder die nicht relevanten durch verblässen in den Hintergrund treten.

5. Präproduktion und Kommunikation

Die Präproduktionsphase umfasst Punkt 1 und 2 des Projektplans. Als erstes sollten gemäß den in Kapitel 4 genannten Prinzipien und der in der Bedarfserhebung festgelegten Ziele und Grobinhalte die Detailinhalte erarbeitet werden. Das bedeutet im Kontext der Videoproduktion es müssen ein Drehbuch und ein Storyboard erstellt werden.

Das Drehbuch sollte auf jeden Fall alle Texte beinhalten, welche im Video als Audiospur zu hören sein werden ([22] [23]). Aber auch konkrete Erklärungen und Hinweise auf die zugehörigen Visualisierungen wie z.B. die Bildeinstellung, die wichtigsten Elemente, Übergänge und Geschehnisse während einer Einstellung sollten darin vermerkt sein. Insbesondere dort wo das Drehbuch von einer anderen Person erstellt wird, als derjenigen welche die Aufnahmen macht, ist es meistens unerlässlich, zusätzlich ein Storyboard anzufertigen. In einem Storyboard werden nach Szenen oder Einstellungen getrennt die Aufnahmen skizzenhaft dargestellt ([22] [23]). Im Beispielprojekt wurde zunächst nur der „Sprechtext“ verfasst um einen Eindruck dafür zu verschaffen welche Audioinformation im Endprodukt enthalten sein soll. Das Format der Videos war hier allerdings so, dass sich die Narration an gewissen Stellen direkt auf das gezeigt bezieht (z.B. „Hier sehen Sie...“). Nachdem die Audioinhalte also mit der Praktikumsleitung abgestimmt waren wurde als nächster Schritt für jedes der Videos ein Storyboard entwickelt. Für ein Storyboard eignen sich je nach Projekt verschiedene Formate. Das Storyboard kann entweder auf Szenenmarker im Drehbuch verweisen und nur chronologisch geordnete skizzenhafte Darstellungen der Szenen beinhalten oder wie es im Beispielprojekt getan wurde in integrierter Form erstellt werden.

Ein Beispiel dafür ist in **Abb. 1** zu sehen. Dabei ist der Sprechtext immer rechts und die Regieinformation links zu angeführt. Dieses Format eignet sich auch hervorragend für Präsentationen und Besprechungen weil unmittelbar ersichtlich ist welcher Text zu welcher Einstellung zu hören sein wird und was in der Einstellung passiert. Dies erspart aufwendiges hin und her blättern in verschiedenen Dokumenten und dient zugleich als übersichtliches Gerüst für die Durchführung des Drehs. Derartige Zwischenbesprechungen waren im Beispielprojekt, ein essentieller Bestandteil der effektiven Kommunikation in der Präproduktion. So sind die Lehrenden in Expertenbesprechungen frühzeitig in die Gestaltung des Videos eingebunden und erhalten eine klare Vorstellung davon, wie das Endprodukt aussehen soll. So können wertvolle Tipps eingebaut und Leerläufe oder Sackgassen in der aufwendigen Produktion vermieden werden. So wurden zum Beispiel einige Passagen welche zunächst im Drehbuch als sinnvoll erschienen gestrichen und andere weiter ausgebaut. Passieren solche Änderungen erst nach erfolgtem Dreh werden wertvolle Arbeitszeit und Ressourcen unnötig verschwendet. Der Detailgrad der Aufschlüsselung der Szenen ist wiederum vom Projekt, konkret von der Komplexität der Abläufe in einer Szene und von den bei der Produktion involvierten Personen abhängig. In dem unten angeführten Beispiel ist die Aufschlüsselung eher grob. Zum einen da „fehlende“ Informationen vom Autor in der Besprechung ad hoc ergänzt wurden zum anderen weil der Autor auch gleichzeitig das gesamte Produktionsteam darstellte. Der in **Abb. 1 – 3** dargestellte Storyboardausschnitt ist der Erreichung der in Kapitel 2 genannten Lernziele b), c), d), g) und h) gewidmet. Die Zahl der gleichzeitig sichtbaren Elemente wurde im Laufe des Videos sukzessive erhöht wobei zunächst nur wenige Elemente zu sehen sind und diese beschrieben werden bevor sie in anderen Kontexten verwendet werden. Daher wurde „*cu-eing*“ durch hervortreten bzw. verblässen von

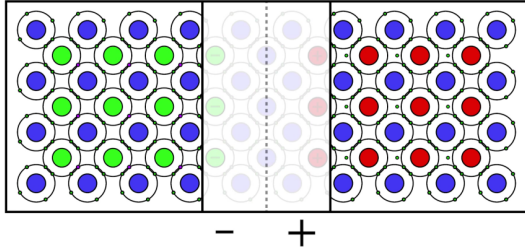
<p style="text-align: center;">SKIZZE</p> <p>Gleichungen werden über Grenzschicht eingeblendet; Elektronen bewegen sich zu P-Halbleiter, gleichzeitig erscheinen Plus und Minus über Grenzschicht und Gleichungen werden zu Ungleichungen</p>	<div style="text-align: center;"> <p>Neutral $N(p^+) = N(e^-)$ Neutral $N(p^+) = N(e^-)$</p>  </div>	<p>Im Falle der Halbleiterdioden besteht wie gesagt ein Konzentrationsunterschied an <u>Leitungselektronen</u> pro Stoffmenge. Daher diffundieren die Leitungselektronen des n-dotierten Halbleiters durch die Grenzschicht in den p-dotierten Halbleiter. Dort rekombinieren sie mit den Löchern hinter der Grenzschicht. Die Halbleiter welche vorher neutral geladen waren weil sie, alle Atome zusammen gesehen, gleichviele Protonen wie Elektronen hatten, werden dadurch dort, wo die Elektronen wegdiffundierten positiv, und dort wo sie hin diffundieren negativ geladen.</p>
--	---	---

Abb. 1: Ausschnitt aus dem Storyboard für das Video PN-Übergang, Diffusion von Elektronen/Löchern

Elementen hier besonders stark verwendet um trotz der hohen visuellen Anforderung die Verarbeitung aller relevanten Elemente zu ermöglichen. In **Abb. 1** wird das zuvor im Video anhand eines Konzentrationsunterschiedes zwischen zwei Flüssigkeiten eingeführte Prinzip der Diffusion wieder aufgegriffen und grafisch gezeigt wie die Elektronen und Löcher durch zufällige Teilchenbewegung zu den jeweiligen Gegenständen gelangen und weshalb dadurch an der Grenzschicht ein Ladungsunterschied entsteht (siehe Lernziel b), c), d), g)). In der Szene von **Abb. 2** Wird hervorgehoben, dass nun im Gegensatz zu

vorher eine Spannung entlang der Grenzschicht besteht. Die Befragung der Praktikumsleitung zu diesem Thema ergab nämlich, dass Studierende oft glauben die Diffusion würde durch diese, wegen der unterschiedlichen Konzentration an Löchern und Elektronen in der N-, und P-Schicht bereits vorher bestehende, Spannung verursacht werden. Der Begriff „Sperrschicht“ wird erst in Zusammenhang mit der Diode als Leitungselement erwähnt. Hier wird nur auf die isolierende Funktion der Grenzschicht eingegangen (siehe Lernziel d) und g)).

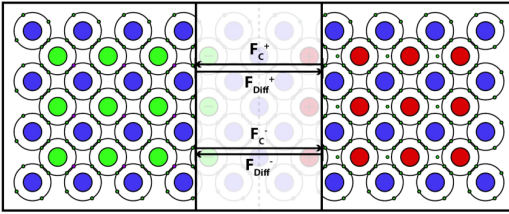
<p>SKIZZE</p> <p>Bei As und Ga sind in Grenzschicht + und – eingeblendet worden</p> <p>Über Grenzschicht entsteht Pfeil und Spannungszeichen</p> <p>Unterhalb werden am Anfang Gleichungen eingeblendet</p> <p>Elektron bewegt sich durch Grenzschicht, U und Pfeil vergrößern sich Nettokraft wird gezeigt</p> <p>Elektron bewegt sich zurück</p>		<p>Der Rest der Diode ist nach wie vor neutral/ungeladen. Da die diffundierenden Teilchen in diesem Fall aber eine Ladung tragen entsteht dadurch, wie man sehen kann, ein Ladungsunterschied an der Grenzschicht welcher eine elektrische Spannung erzeugt. Diese Spannung ist im Gleichgewicht genau so groß, dass die daraus resultierende Coulombkräfte die Diffusionsdrücke welchen sie entgegengerichtet sind gerade kompensiert. Würde ein weiteres Elektron durch ungerichtete thermische Bewegung von der n-Schichte in die p-Schichte diffundieren, wird dafür ein anderes auf Grund der elektrischen Spannung in die n-Schichte zurück beschleunigt. Das Gleichgewicht bleibt somit stabil. In dieser Grenzschicht befinden sich nun alle Leitungselektronen in schwachen Bindungen mit den Löchern, sind daher nicht frei beweglich und können daher keinen Strom leiten. Die Grenzschicht wirkt also isolierend.</p>
---	--	---

Abb. 2: Ausschnitt aus dem Storyboard für das Video PN-Übergang, Entstehung der Grenzschicht

Abb.3 zeigt die initiale Sequenz bei der die Diode in einen Schaltkreis übergeführt wird. In dieser und den darauf folgenden Szenen wird auf die inneren Vorgänge der Diode nur mehr Fallweise dort eingegangen wo es unmittelbar relevant ist. Zuvor bereits verwendete visuelle Elemente wie Elektronen die

sich zu Löchern hinter der Grenzschichte bewegen werden verwendet um unmittelbar sichtbar zu machen warum sich die Sperrschicht bei Anlegen einer Spannung in Sperrrichtung verbreitert bzw. in umgekehrter Richtung verschmälert (siehe Lernziel h)).

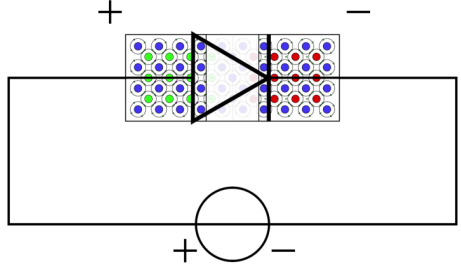
<p>SKIZZE</p> <p>Hinter der Diode wird eine Stromkreisskizze eingeblendet und herausgezoomt. Pfeil bewegt sich in Stromrichtung I wird eingeblendet mit dem Wort „Durchlassrichtung“.</p> <p>An der Spannungsquelle und an der Diode erscheinen Plus-, und Minussymbol</p>		<p>Wird nun eine Diode als Leiterelement in einen Stromkreis eingebaut lässt sie Strom nur in eine Richtung, die sogenannte Durchlassrichtung, durch. Dafür muss der P-dotierte Teil mit dem positiven, und der N Teil mit dem negativen Spannungsterminal verbunden werden.</p>
---	---	--

Abb. 3: Ausschnitt aus dem Storyboard für das Video PN-Übergang, Diode als Leiterelement

Das in **Abb. 1-3** gezeigte Format hat sich für nahezu alle Entwicklungsschritte als sehr nützlich und effektiv erwiesen. Je nach Anforderung des Projekts können aber auch andere Formate sinnvoll sein. Sind alle Storyboards unter Einbeziehung von Experten in Besprechungsschleifen erstellt worden, sollte als nächstes ein Drehplan entstehen. In diesem wird festgelegt, welche Szenen wann und wo gedreht werden und welches Material (zusätzlich zur Standardausrüstung) benötigt wird. Ein Ausschnitt eines Drehplans könnte also folgendermaßen aussehen:

17.03.2016, 08:00-12:00

Oszilloskop, Szene 1-4; Filmlabor

Material: DSO, 2 Koax-Kabel, Spannungsquelle

HAMA, 2 Scheinwerfer+Stativ+Schirm, Stativarm

Im Beispielprojekt stand für den Dreh ein Studio-raum in den Räumlichkeiten des Anfängerpraktikums zur Verfügung welcher für alle Aufnahmen verwendet wurde. Das Nötige Material sowie die Aufnahmetermine wurden wiederum in den Storyboards notiert. An jenen Stellen der Produktion wo sich die geplante Verbindung von Sprechtext und Visualisierung als schwierig oder anders sinnvoller erwies wurden die entsprechenden Änderungen und Kommentare für den Schnitt ebenfalls direkt im Storyboard vermerkt.

6. Dreh und Schnitt

Sind die Präproduktionsschritte wie oben vorgeschlagen durchgeführt worden, können die Aufnahmen entsprechend des Drehplans und der Storyboards durchgeführt werden. Die verwendeten Materialien unterschieden sich hierbei natürlich je nach Projekt. In aller Regel sollten aber mindestens folgende Geräte verfügbar sein:

- Mindestens eine Kamera welche in der Lage ist Aufnahmen in 1080p (1920x1080 Pixel) idealer Weise bei 60 Frames pro Sekunde zu tätigen, mit einem externen Monitor verbunden werden kann und über manuelle Einstellungsmöglichkeiten für Fokus und Blende verfügt
- Ein Kamerastativ
- Ein externer Monitor mit zur Kamera bzw. Verbindungskabel passenden Eingang
- Für Audioaufnahmen (insbesondere Studio und Voice-over) ein geeignetes externes Mikrofon
- Ladekabel und/oder Ersatz Akkus für die Kamera
- Ausreichend Große Speicherkarten
- 2 Scheinwerfer mit Diffusor Schirm
- Einen neutralen (am besten einfarbigen „Bluebox“) Hintergrund für Studioaufnahmen

- Ggf. einen Laptop oder Computer zur Aufnahmen-Überprüfung

Alles gefilmte Material sollte unmittelbar nach einem Dreh kurz auf einem geeigneten Monitor gesichtet werden um sicher zu stellen, dass die Aufnahmen verwendet werden können. Bei besonders wichtigen Aufnahmen sollte dies noch vor Ort gemacht werden. Dafür ist es hilfreich eine weitere Person vor Ort zu haben welche im laufenden Aufnahmebetrieb das Material sichtet. Dies war im Beispielprojekt nicht der Fall weshalb auch einige Szenen erneut aufgenommen werden mussten. Besteht nicht die Möglichkeit einen Raum über längere Zeiten zu verwenden sollten Aufnahmen vom Setaufbau gemacht werden. So lassen sich bei eventuellen Neuaufnahmen störende Diskontinuitäten wie andere Ausleuchtung oder geänderte Anordnung der Objekte im Bild vermeiden.

Da im Beispielprojekt alle Sequenzen im Voice-over Format (also ein Audio-kommentar zu Vorgängen in einer Aufnahme) produziert wurden hat es sich als außerordentlich praktisch erwiesen den Text zumindest provisorisch aufzunehmen und ihn während der Aufnahmen abzuspielen um das Timing der Vorgänge darauf anzupassen. Dies entspricht auch einem der eingangs erwähnten, sehr wichtigen, Designprinzipien dem *split attention* Prinzip. Zusammengehörende visuelle-, und Audioinformation sollten demnach möglichst zeitnahe zueinander dargeboten werden. Weiters dient oft Bewegung im Bild, wie z.B. die Manipulation eines Geräteteils, als visueller Hinweis (vgl. *cueing principle*) darauf auf welchen Teil des Bildes sich der Audiotext bezieht. Ist die Information dabei nicht synchron zum *cue* kommt es zu zusätzlicher kognitiver Belastung für den Betrachter. Außerdem ließ sich dadurch die Mindestdauer der Videos abschätzen da der in einem durchgesprochene Text das absolute Mindestmaß an Zeit für das Video beansprucht. Hierbei kann es aber vorkommen, dass die erforderliche Zeit falsch eingeschätzt wurde und die Vorgänge in der Aufnahme dem Sprechtext vorauseilen. An Manchen Stellen erwies es sich daher als praktischer die Audiospur über die Videoaufnahmen zu timen.

Die Hardwareanforderungen an den Computer im Schnitt sollten hierbei nicht unterschätzt werden, insbesondere wenn im Schnittprozess mehrere Video-spuren gleichzeitig gerendert werden sollen. Im Beispielprojekt wurde z.B. am Ende jedes Videos eine Art DVD-Menü angehängt in dem die einzelnen Passagen des Videos anwählbar waren (siehe **Abb.4**). Dabei musste das System zum Teil sechs HD-Videospuren gleichzeitig Rendern was es an seine Grenzen brachte. Eine gute Grafikkarte ist hierfür daher unerlässlich.

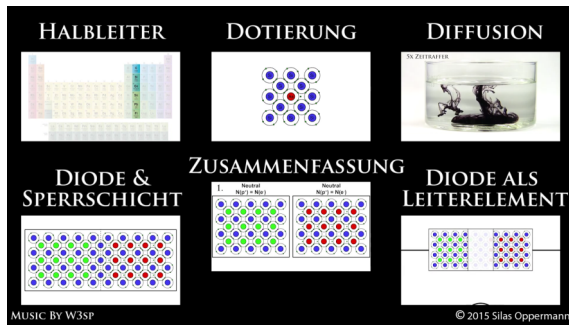


Abb. 4: DVD Menü am Ende des Videos

Für sehr einfache Projekte können auch schon leistungsschwächere Systeme ausreichend sein aber um einen Referenzwert zu geben werden hier die für das Beispielprojekt verwendeten Komponenten angegeben.

- Prozessor: Intel i7-3770k
- Grafikkarte: ASUS ROG Geforce GTX 970
- Arbeitsspeicher: 16 Gb GDDR3 RAM
- Festplatte: 128 Gb SSD Festplatte

Für den Schnitt eignen sich verschiedenste Programme. Es sollte jedoch auf jeden Fall eines verwendet werden welches GPU-Accelerated Rendering erlaubt (Rendering durch die Grafikkarte). Die zwei bekanntesten Programme sind *Adobe Premiere Pro* und Apples *Final Cut Pro*. Ein Vorteil von Adobe ist, dass für Lehrende und Studierende günstige Jahreslizenzen für die gesamte *Creative Suite* Programmgruppe erhältlich sind. Diese beinhaltet unter anderem auch Programme zur Audiobearbeitung (*Adobe Audition*), Animation, After Effects und Erstellung von Grafiken (*Adobe Illustrator*). Bei der Entwicklung des Beispielprojekts wurden *Adobe Premiere Pro*, *Adobe Audition* und *Adobe Illustrator* verwendet. Für die fertigen Videos wurde, wegen der sehr breiten Kompatibilität mit Wiedergabeprogrammen, als Ausgabeformat das H.264 Codec, auch als MP4 bekannt, gewählt.

Im Beispielprojekt wurden die Videos anschließend auf die Online-Plattform *Youtube* hochgeladen. Auf diese Weise wurde die Verteilung und Erhaltung der Videos sowie der Wiedergabesoftware ausgelagert. Außerdem kann so von jedem Gerät mit Internetanschluss auf die Videos zugegriffen werden. Des Weiteren lassen sich die Zugriffsmöglichkeiten auf die Videos auf einfache Weise einschränken und man kann ohne viel Vorwissen eine Art „DVD-Menü“ erstellen bei dem über einen Klick auf bestimmte Zeitmarker im Video gesprungen werden kann. Diese Entscheidung hat sich im Beispielkontext sehr bewährt.

7. Ergebnisse des Beispielprojekts

Die Befolgung der in diesem Artikel beschriebenen Entwicklungsschritte-, und Prinzipien hat sich im Beispielprojekt insofern bewährt als drei der Videos zu einer signifikanten Steigerung in der Leistung der Studierenden geführt haben. Das Beispielvideo zum PN-Übergang erzielte dabei die besten Ergebnisse. Alle Videos wurden von den Studierenden als strukturiert und informativ empfunden und für eine sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Vorbereitungsmaterialien gehalten.

8. Möglichkeiten an Universitäten

Um eine Vorstellung des nötigen Arbeitsaufwandes für ein Entwicklungsprojekt zu geben: Die vier Videos des Beispielprojektes wurden in einem Zeitraum von etwa zweieinhalb Monaten intensiver Arbeit von einer Person mit mittleren Vorkenntnissen produziert. Dabei sind alle in diesem Artikel angeführten Arbeitsschritte (Mit Ausnahme der Theorie-Recherche) inbegriffen. Die erforderlichen Fertigkeiten wurden Autodidakt hauptsächlich durch das Internet angeeignet.

An Universitäten bietet sich die hervorragende Möglichkeit Studierende im Rahmen von Lehrveranstaltungen oder Bachelor-, und Masterarbeiten, ähnlich wie im Beispielprojekt, effektive Lernmaterialien produzieren zu lassen welche für die Universität von unmittelbarem Nutzen und für die Studierenden mit der Aneignung interessanter und nützlicher Anwendungsfähigkeiten verbunden sind. Ebenso bietet es sich z.B. in Lehrveranstaltungen zu quantitativer Sozialforschung an, Evaluationstools zur Messung der Effektivität der so entstandenen Videos zu entwickeln. Der damit einhergehende Arbeits-, und Kommunikationsaufwand muss allerdings allen beteiligten bewusst gemacht und klar kommuniziert werden.

Für den Projektleiter empfiehlt es sich dabei jeden Produktionsschritt zumindest einmal selbst durchgeführt zu haben oder für ein Erstlingswerk ein eher einfaches Projekt mit ausreichend Zeit zu versuchen. Der vorliegende Artikel stellt dabei hoffentlich für viele zukünftige Unterfangen eine sinnvolle Unterstützung dar.

9. Literatur

[1] 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 zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.16. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/639/767>

[2] Bauer, J. (2010). *Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hypermedialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Er-*

nahrungswissenschaften zum Thema Elektrizität.

Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.

[3] Fricke, A., Schecker, H., Rückmann, I. (2011). *Hypermedia in der Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum*. DPG-Frühjahrstagung 2011. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 03.05. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/284/330>

[4] Hamacher, J., Erkelenz, J., Heinke, H. (2015) *Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.14. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/637/765>

[5] 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.

[6] Kreiten, M. (2012). *Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum*. Dissertation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln.

[7] Plückers, K., Heinke, H. (2015). Einsatz neuer Medien im Physikpraktikum für Medizinstudierende. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 20.01. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/638/731>

[8] Rehfeldt, D., Gutzler, T., Nordmeier, V. (2013). *TSL: Technology SUPPORTed Labs. Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika*. DPG-Frühjahrstagung 2015. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zu DPG-Frühjahrstagung DD 17.21. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/423/567>

[9] Nagel, C. (2009). *eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum*. Dissertation an der Fakultät für Physik der Universität Wien.

[10] Häder, M. (2015). *Empirische Sozialforschung: Eine Einführung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

[11] Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997). *Das Model der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. Zeitschrift der Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 3, Heft 3, 1997, S.3-18.

[12] Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. 5. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

[13] Mayer, E. (Hrsg.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

[14] Oppermann, S. (2016). *Entwicklung und Evaluation von Lernvideos für das physikalische Anfängerpraktikum*. Diplomarbeit an der Fakultät für Physik der Universität Wien.

[15] Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual encoding approach*. New York: Oxford University Press.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 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.

[19] 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.

[20] Kalyuga, S. (2014). The Expertise Reversal Principle in Multimedia Learning. In Mayer, R., *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 576-597). New York: Cambridge University Press.

[21] 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.

[22] Kittelber, R. & Freisleben, I. (1994) *Lernen mit Video und Film*. 2. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

[23] Schnell, M. (2002) *Bildungsfernsehen- Entwicklung und Gestaltung audiovisueller Lernangebote*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag GmbH.