

Möglichkeiten der Nachbearbeitung von Videos für die Physiklehre

Stefan Altherr, Andreas Wagner, Bodo Eckert, Hans Jörg Jodl

Universität Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Strasse 46, 67663 Kaiserslautern

Kurzfassung

Ein essentieller Bestandteil der universitären Physiklehre im ersten Studienjahr sind die Vorlesungen zur Experimentalphysik. Anhand von Demonstrationsexperimenten werden grundlegende Fragestellungen eingeführt und untersucht.

In der Fernlehre war dies lange nicht möglich. Mit Videos können nun auch Fernstudenten die bedeutenden Versuche anschaulich vorgestellt werden. Doch über das reine „Abfilmen“ der Vorlesungsexperimente hinaus bietet dieses Medium zahlreiche Möglichkeiten der Nachbearbeitung, die ein weites Feld von Einsatzvarianten gestattet.

In ausgewählten Beispielen sollen im Beitrag Möglichkeiten der Nachbearbeitung (gleichzeitige Darstellung verschiedener Informationen, Zeitraffer/-dehnung, schematische Überblicke) sowie unterschiedliche Einsatzgebiete (Einführung in ein Thema, Messvideo, Demonstrationsexperiment, Übung) vorgestellt werden.

Gezeigt werden Ausschnitte aus Filmen zu den Experimenten „Absorption und Streuung“, „Dielektrikum im Kondensator“, „Doppelbrechung im Kalkspatkristall“, „Ionenwanderung“, „Laminare Strömung“ und „Rayleigh-Kriterium: Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente“.

1. Einleitung

Seit dem Wintersemester 1997 bietet die Universität Kaiserslautern die Möglichkeit, die ersten beiden Semester des Hauptfaches Physik im Rahmen des Fernstudienganges FiPS [1] zu absolvieren. Ein Kernstück dieses Studienabschnittes bilden dabei die beiden Vorlesungen zur Experimentalphysik.

Die in der regulären Vorlesung gezeigten Experimente stellen dabei einen unverzichtbaren Bestandteil der Lehre dar. Dem Anbieter dieses Fernstudienganges stellt sich nun die Aufgabe, diesen Aspekt auch den in ganz Deutschland und dem angrenzenden Ausland lebenden Teilnehmern zugänglich zu machen.

Zu diesem Zweck sind verschiedenste Multimedien in den regulären Lehrbetrieb integriert worden. Neben Applets, Animationen, Remote Laboratories und Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) sind dies vor allem auch Videos [2].

Die üblichen Filme der Anfangszeit zeigen i.A. einen Versuch der regulären Vorlesung, der mit einer statischen Kamera aufgenommen wurde. Dies ist zwar weniger spektakulär als das Experiment live zu erleben, erfüllt aber seinen Zweck.

2. Motivation

Der technologische Fortschritt der letzten Jahre im Bereich des digitalen Videoschnitts und vor allem der dramatische Preisverfall machen es nun möglich, die abgefilmten Experimente auf verschiedenste Art und Weise nachzubearbeiten und damit ihren Nutzen für die Lehre zu vergrößern.

Im Laufe der Jahre 2001 bis 2003 haben wir uns stetig mit der Entwicklung von Filmen für die

Physikfernlehre beschäftigt und dabei unsere Technik immer weiter verfeinert [3].

Dieser Beitrag soll einen kurzen Überblick über die gängigsten Möglichkeiten der Nachbearbeitung anhand von Beispielen aus eigener Produktion geben, ohne sich dabei auf spezielle Software zu beschränken. Die hier gezeigten Techniken gehören zu den Standardfunktionen bereits einfacher Videoschnittsoftware.

Dabei steht hier weniger die technische Realisierung im Vordergrund als die didaktische Einbindung.

3. Möglichkeiten der Nachbearbeitung

Bei den nun folgenden Beispielen soll die Verwendung verschiedener Techniken gezeigt werden. Jedoch gilt es immer darauf zu achten, das eigentliche Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Vermittelt werden soll nur der physikalische Inhalt. Eine unpassende oder übertriebene Nachbearbeitung kann stören oder ablenken.

Deshalb muss es ein stetiges Anliegen sein, sich selbst und die Technik zurückzunehmen und den Inhalt in den Vordergrund zu setzen.

Es werden exemplarische Beispiele gezeigt, keine universellen Lösungen zur Produktion eines guten Lehrfilms.

a) Einblendung verschiedener Blickwinkel

Ein grundlegendes Problem bei der Demonstration von physikalischen Experimenten ist die Kombination verschiedener Informationen, die sich durch ihre äußeren Gegebenheiten stark unterscheiden.

D.h. bei optischen Experimenten steht z.B. das abgedunkelte Labor zum Betrachten einer Interferenzfigur im Gegensatz zur Notwendigkeit ein Messinstrument abzulesen. Ein entsprechendes Problem (wie es sich im hier gezeigten Beispiel zeigt) ist die geometrische Ausdehnung von Versuchsaufbau und physikalischem Effekt.

Beim gezeigten Beispiel (siehe Abb. 1) sieht man ein Bild aus dem Video „Dielektrikum im Kondensator“. Zwischen zwei in eine dielektrische Flüssigkeit getauchten Metallplatten wird eine Spannung angelegt. Man kann beobachten wie die Flüssigkeit zwischen den Platten steigt.

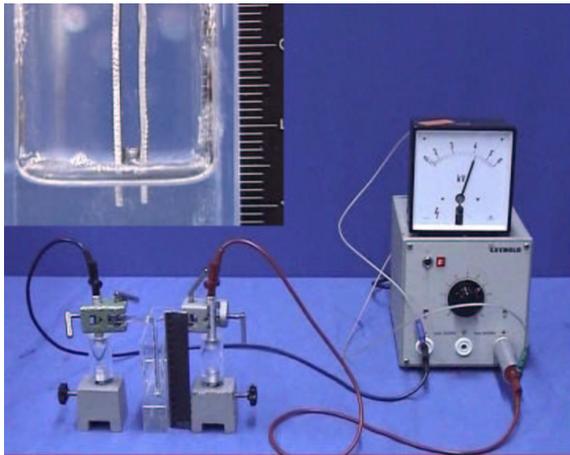


Abb. 1: Dielektrikum im Kondensator

Der eigentliche Versuchsaufbau, und damit das abzulesende Voltmeter, werden in der Hauptansicht gezeigt. Als Bild-im-Bild ist eine Detailaufnahme der steigenden Flüssigkeit zu sehen. Beide Informationen lassen sich nur schlecht in einer Einstellung gleichzeitig filmen.

Diese Art der Nachbearbeitung muss bereits im Vorfeld der Aufnahme geplant werden. Während zum einen der entsprechende Platz für die Einblendung vorhanden sein muss (damit nicht andere Teile verdeckt werden), wird weiterhin eine Information benötigt, die es ermöglicht beide Teile zeitlich korrekt miteinander zu kombinieren.

b) Schematische Überblicke/Einblendungen

Oft ist es in der Physiklehre notwendig Konzepte zu vermitteln, die nicht unmittelbar visuell zugänglich sind. Ein Beispiel hierfür ist der Feldbegriff.

Abb. 2 zeigt eine Aufnahme aus dem Film „Doppelbrechung und Polarisation im Kalkspatkristall“.

Durch die halbtransparente Einblendung der Hauptebene und der Strahlen über die Aufnahme des realen, im Versuch benutzten Kristalls ist es möglich, Aspekte und Vorgänge aufzuzeigen, die in der realen Durchführung nicht möglich sind.

Während bei der Einblendung verschiedener Blickwinkel „nur“ die Übersichtlichkeit des Versuchs verbessert hat, begeben wir uns hier auf eine Ebene, die über das reale Experiment

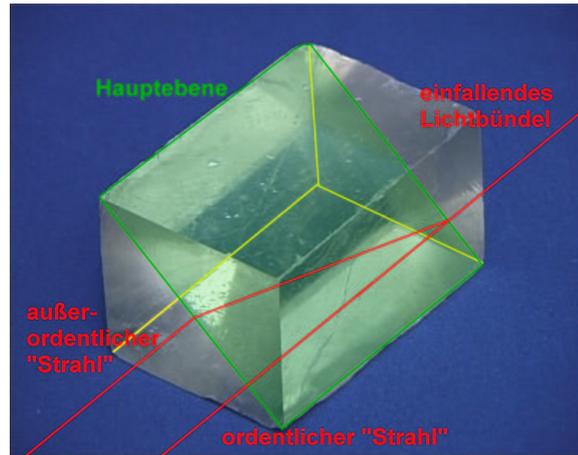


Abb. 2: Doppelbrechung und Polarisation im Kalkspatkristall

hinausgeht und ein vertieftes Verständnis ermöglicht.

In anderen Fällen ist jedoch der Versuch und sein Aufbau nicht so leicht zu überblicken. Dann kann es ratsam sein, komplett auf die Realdarstellung zu verzichten und das Experiment in einer schematischen Darstellung ganz auf das Wesentliche zu reduzieren.

Im gezeigten Beispiel (siehe Abb. 3) ist der Aufbau eines Experiments zur Untersuchung der Rayleigh-Grenze der Auflösung zu sehen [4].

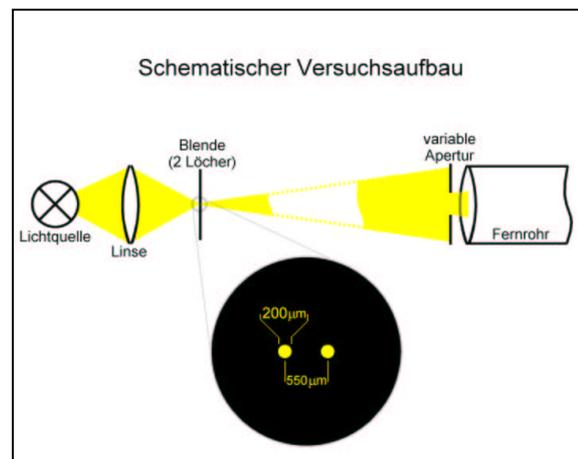


Abb. 3: Rayleigh-Kriterium - Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente

Dieser lässt sich vor allem wegen der Größenverhältnisse nur schwer überschauen. Während die beiden beobachteten Bohrungen nur 200 μm groß sind, ist der Abstand zwischen diesen und dem benutzten optischen Instrument mit 8m etwa 40.000 mal so groß.

Da mit Lichtquelle und Linse zwei weitere Versuchskomponenten genau in der Mitte dieser Größenordnungen liegen, ist auch die Einblendung eines Bildes-im-Bild nicht ratsam.

Diese Einblendungen entstehen i.A. komplett im Zuge der Nachbearbeitung, was ein Vorausplanen nicht notwendig macht.

c) Zeitraffer/-dehnung

Nachdem bisher vor allem geometrische Probleme mit Hilfe von Nachbearbeitungstechniken angegangen wurden, sollen jetzt die Möglichkeiten bei zeitlichen Abläufen betrachtet werden.

Das erste Beispiel (siehe Abb. 4) zeigt dabei die Versuchsdurchführung im Video „Ionenwanderung“ [5]. In diesem Ausschnitt sind die bisher gezeigten Möglichkeiten verschiedener Blickwinkel und Einblendungen kombiniert.

Vergleicht man jedoch die beiden Aufnahmen, die zu Beginn und in der Mitte der Versuchsdurchführung entstanden sind, so erkennt man, dass eine Zeitspanne von 10 Minuten dazwischenliegt.

Eine Darstellung dieses in Echtzeit eher unspektakulären Vorganges ist zumeist schon aus Zeitgründen nicht möglich. Durch die Raffung auf etwa eine Minute wird er übersichtlich und handlich einsetzbar.

Dies macht in der Physiklehre eine komplett neue Klasse von Experimenten zugänglich, die bisher aus Zeitgründen nicht realisierbar waren.

Andere Phänomene laufen dagegen so schnell ab, dass man als Betrachter nicht in der Lage ist das eigentliche Geschehen zu erfassen. Als Beispiel hierfür zeigt Abb. 5 eine Aufnahme zur Demonstration laminaren Strömungsverhaltens.

Bei gedehnter Zeitachse können die Wege einzelner Styroporkügelchen in der Flüssigkeit nachvollzogen und damit die Stromfäden sichtbar gemacht werden.

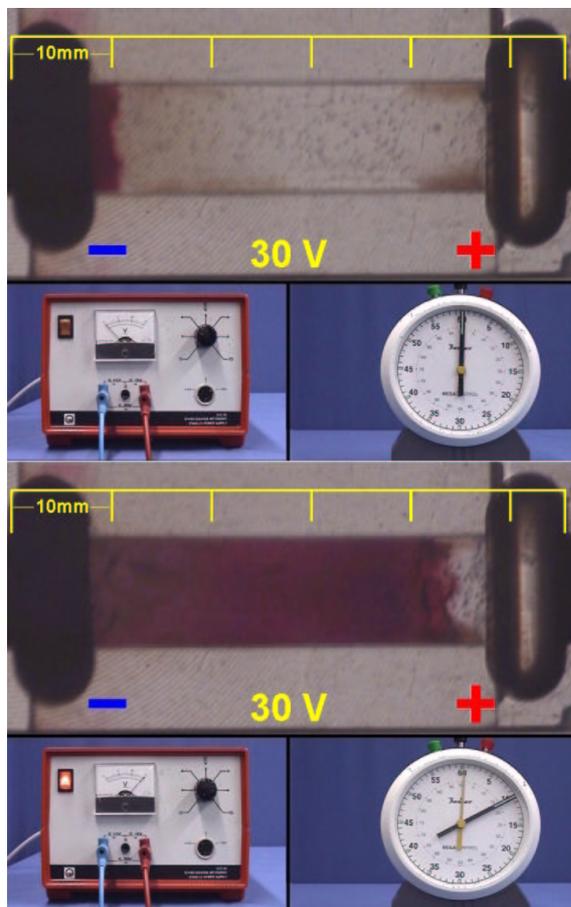


Abb. 4: Ionenwanderung

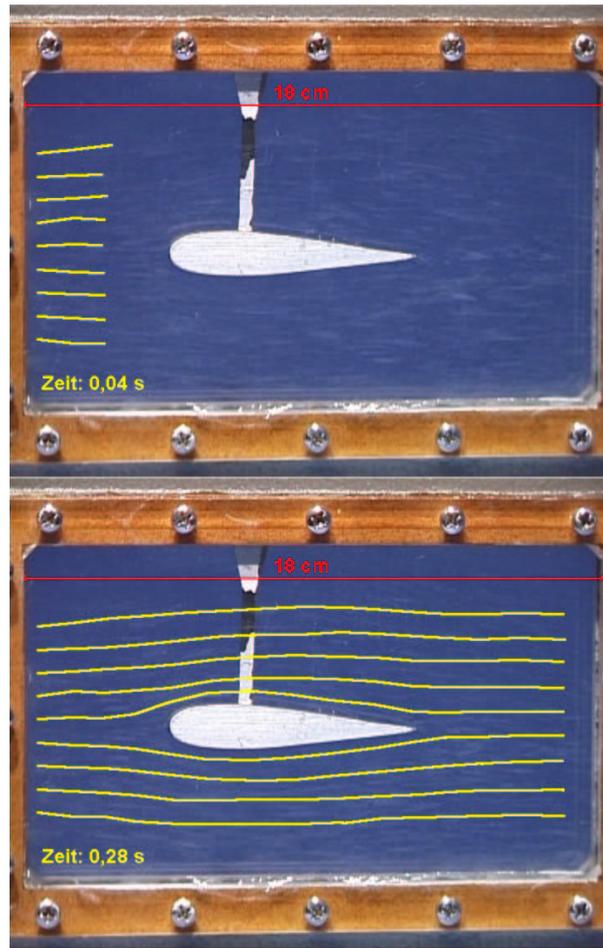


Abb. 5: Laminare Strömung

Man kann die Geschwindigkeit der Kügelchen und den Abstand der Fäden messen, und damit die Änderungen im Druck bestimmen.

Dies ermöglicht z.B. die Untersuchung verschiedener Flügelprofile und den Einfluss des Anstellwinkels.

d) Live-Datenerfassung

Ein relativ neuer, sehr weitreichender Aspekt in der Arbeit mit Videos ist die Erfassung von Daten aus dem Bildmaterial in Echtzeit.

Damit kann man z.B. bei einem schwingenden Pendel die Auslenkung in Abhängigkeit von der Zeit bestimmen, sofort daraus Geschwindigkeit und Beschleunigung berechnen und sich in einem Phasenraumdiagramm anzeigen lassen.

Eine ebenso lohnenswerte jedoch etwas einfachere Anwendung zeigt Abb. 6.

Zu sehen ist ein Bild aus dem Video „Rayleigh-Kriterium: Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente“. Die obere Bildhälfte zeigt den Blick durch ein Teleskop auf zwei quasi-punktförmige Lichtquellen. Links unten ist die Größe der Apertur zu sehen und rechts unten die in Echtzeit bestimmte Intensität der Lichtpunkte entlang eines linearen Schnitts durch diese.

Hier wird die phänomenologische Betrachtung unmittelbar mit einer qualitativen Analyse und somit

mit der aus Lehrbüchern bekannten Darstellung verknüpft. Dieser direkte Zusammenhang ermöglicht eine genaue Analyse der Daten.

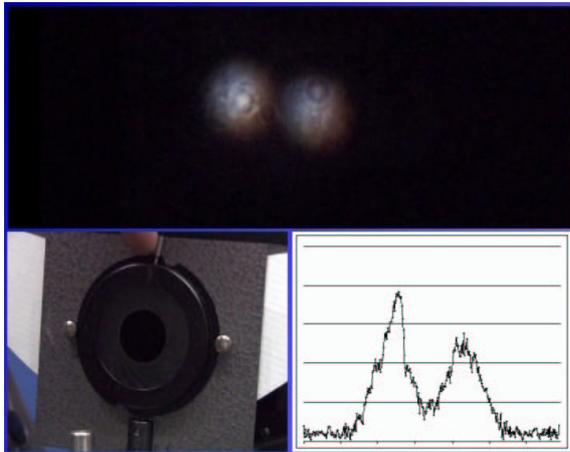


Abb. 6: Rayleigh-Kriterium: Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente

Eine Erfassung von Daten direkt aus einem Videofilm heraus erfordert den Einsatz von speziell dafür geschriebener Programme und lässt sich im allgemeinen nicht mit der Videoschnittsoftware realisieren.

Durch die interessanten Anwendungsmöglichkeiten dieser Technik ist jedoch ein so großes Interesse entstanden, dass zahlreiche kostenlose Programme im Internet zu finden sind. Die Werte des hier gezeigten Diagramms wurden mit *Pixel Profile* [5] ausgelesen.

e) Auswertungen

Ist der Film nicht als Mess- sondern als Demonstrationsvideo konzipiert, so stellt eine Auswertung den nächsten logischen Schritt dar. Schritt für Schritt können hierbei mit Hilfe von Aufnahmen des Realexperiments, Diagrammen, Tabellen und Grafiken die Ergebnisse des Versuches analysiert und bewertet werden. Das hier gezeigte Beispiel (siehe Abb. 7) zeigt eine Analyse der Abhängigkeit der gestreuten Lichtintensität von der vierten Potenz der Frequenz der Strahlung.

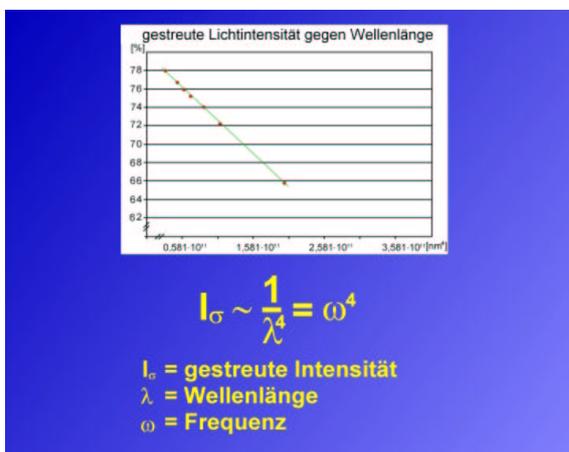


Abb. 7: Absorption und Streuung

Es stammt aus dem Video zur „Absorption und Streuung“. Ausgehend von den im Versuch gemessenen Werten wird die Proportionalität grafisch ermittelt.

Das Erstellen einer Auswertung erfordert keine besondere Planung bei der Aufnahme des Videos. Lediglich die Werte, die sich nicht unmittelbar aus der Aufnahme ermitteln lassen, müssen bei der Durchführung notiert werden.

4. Fazit

Die hier vorgestellten Möglichkeiten zur Nachbearbeitung von Videoaufnahmen stellen nur einen kleinen, grundlegenden Teil der Funktionen dar, wie sie bereits einfachste Videoschnittsoftware bietet.

Mit einem bedachten Einsatz der hier gezeigten Mittel ist es möglich, weit mehr zu machen als nur Vorlesungsexperimente abzufilmen.

Es erschließen sich sowohl eine neue Klasse von Experimenten, bei denen bisher eine filmische Darstellung nur mit großem Aufwand möglich gewesen wäre, als auch erweiterte didaktische Möglichkeiten durch die Hinzunahme von geeigneten Informationen über das eigentliche Experiment hinaus.

5. Weitere Informationen

Alle hier gezeigten Abbildungen stammen aus Videos eigener Produktion. Weitere Informationen sind unter

<http://pen.physik.uni-kl.de/videos.html> erhältlich.

6. Literatur

- [1] Universität Kaiserslautern – Früheinstieg ins Physikstudium. Online im Internet: <http://fernstudium-physik.de/>
- [2] Universität Kaiserslautern – Medienserver. Online im Internet: <http://fernstudium-physik.de/medienserver/html/index.html>
- [3] Multimedien für die Physiklehre. Online im Internet: http://pen.physik.uni-kl.de/medien/MM_Videos/index.html
- [4] Rueckner, W.: How to beat the Rayleigh resolution limit: A lecture demonstration. *American Journal of Physics*, 70/6 (2002)
- [5] Jodl, H.J. / Stoll, Ch.: Demonstrationsexperimente zur elektrischen Leitfähigkeit und zum Halleffekt. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 6 (1975)
- [6] Pixel Profile. Online im Internet: <http://homepages.borland.com/efg2lab/ImageProcessing/PixelProfile.htm>