

Christoph Hoyer
Lars-Jochen Thoms
Raimund Girwidz

LMU München

Lehren mit Multimedia, Fernlaboren und 3D-Druck im Physikunterricht

Am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der LMU München wird seit dem Sommersemester 2018 das Lehrprojekt „Mit digitalen Medien experimentelle Kompetenzen und komplexe Datenauswertungen schulen“ durchgeführt. Das Projekt zielt darauf ab, angehenden Lehrkräften Hintergrundwissen zum gewinnbringenden Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu vermitteln.

Die neuen Inhalte wurden in bestehende Veranstaltungen zum *Lernen und Lehren im Physikunterricht*, sowie zum *schulbezogenen Experimentieren* integriert. Zusätzlich wurde im Wintersemester 2018/2019 eine vertiefende Veranstaltung im Wahlpflichtbereich angeboten.

Gestaltung des Lehrkonzeptes

Das Lehrkonzept vermittelt Einsatzmöglichkeiten neuer Medien im Physikunterricht. Dabei wurden die Lehrinhalte des Seminars so gestaltet, dass sie an die Themengebiete *Cognitive Load* (Sweller, 2010), *Multicodierung*, *Multimodalität* und *Interaktivität* aus den Theorien zum Multimedia-Lernen und der allgemeinen Lernpsychologie (vgl. Mayer, 2014) anknüpfen. Eine inhaltsbezogene Konkretisierung findet anhand von Modulen zum Multimedia-Lernen, zum 3D-Druck, zu ferngesteuerten und virtuellen Experimenten, zur digitalen Messwerterfassung, zur Darstellung von Messwerten und zu interaktiven Aufgabenformaten statt.

Dabei liegt der Fokus in den einzelnen Themenbereichen zunächst auf theoretischen Gesichtspunkten, die anschließend aber auch in der Praxis bei der Planung und Durchführung unterrichtsrelevanter Experimente Anwendung finden.

Lehrmodule

Für eine möglichst reibungslose Eingliederung der neuen Inhalte in bestehende Veranstaltungen wurde ein modularer Aufbau gewählt. Die sechs Module können, müssen aber nicht zwangsläufig nacheinander bearbeitet werden. Auf diese Weise lassen sie sich flexibel, je nach Bedarf und zur Verfügung stehender Zeit, in verschiedene Veranstaltungen integrieren. Es folgt eine Übersicht über die verschiedenen Module.

Lehr-lernpsychologische Grundlagen von Multimedia

Bei der Vermittlung von Lerninhalten wird in der Schule immer mehr auf multimediale Lehr- und Lernmaterialien zurückgegriffen. In der Literatur wird jedoch vielfach beschrieben, dass multimediale Umsetzungen durchaus auch nachteilige Effekte haben können (z.B. Mayer, 2014). Lehrkräfte müssen Materialien also nicht mehr nur nach fachlichen Gesichtspunkten beurteilen können, auch die Bewertung nach multimedialen Aspekten rückt immer mehr in ihren beruflichen Anforderungsbereich.

In diesem Modul wird daher auf die Notwendigkeit einer kritischen Auswahl und Nutzung multimedialer Anwendungen im Physikunterricht aufmerksam gemacht. Zur Beurteilung verfügbarer Anwendungen werden multimediatheoretische Aspekte vermittelt. Veranschaulicht werden diese anhand unterrichtsrelevanter Beispielprogramme zu physikalischen Inhalten (vgl. Hoyer & Girwidz, 2018b). Das Modul eignet sich für einen Einstieg in die Thematik zu Semesterbeginn. So können die Studierenden erworbene Kenntnisse bei Tätigkeiten während des Semesters (z.B. bei der Gestaltung von

Lernmaterialien oder dem Aufbau, der Durchführung und Präsentation von Experimenten) weiter vertiefen und ausbauen.

3D-Druck

Für den Physikunterricht bietet der 3D-Druck spannende Möglichkeiten, dreidimensionale Modelle und Darstellungen zu physikalischen Themen anzufertigen. So kann mit gedruckten Modellen zum Beispiel der funktionale Zusammenhang zwischen drei physikalischen Größen dargestellt werden. Abbildung 1 zeigt einen Ausdruck der Zustandsfläche eines idealen Gases. In Schwarz wurde der Verlauf einer isothermen Zustandsänderung eingezeichnet. Unterschiedliche Perspektiven auf das Modell zeigen die Zustandsänderung im p - T -, T - V -, oder p - V -Diagramm. So ist der Zusammenhang zwischen diesen Diagrammen direkt ersichtlich. Die Studierenden sollen erkennen, wie durch einen geometrischen Perspektivwechsel ein physikalischer Perspektivwechsel veranschaulicht werden kann. In diesem Modul werden weiterhin Grundkenntnisse zum 3D-Druck vermittelt und anschließend bei der Gestaltung von Lernmaterialien zu physikalischen Inhalten vertieft.

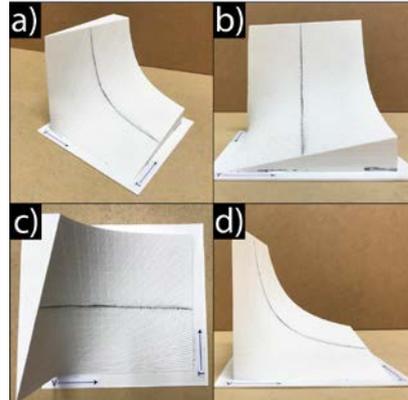


Abb. 1: Ausdruck der Zustandsfläche eines idealen Gases mit eingezeichneter isothermer Zustandsänderung.
a) Aufsicht auf die Zustandsfläche, b) p - T -Perspektive, c) T - V -Perspektive, d) p - V -Perspektive.

Ferngesteuerte und virtuelle Labore

Ferngesteuerte und virtuelle Labore (vgl. z.B. Hoyer & Girwidz, 2018a; Richtberg, 2018; Thoms & Girwidz, 2017) erlauben den Lernenden auch bei kostspieligen oder gefährlichen Aufbauten ein selbstständiges Experimentieren. Außerdem können etwaige, für die jeweiligen unterrichtlichen Ziele nicht relevante Teilschritte des Experimentierens vom System übernommen werden. Die Aufmerksamkeit der Lernenden kann dann auf die relevanten experimentellen Tätigkeiten konzentriert werden. Eine digitale Version der Experimente bietet zudem Möglichkeiten zum Einblenden von Hinweisen, Hilfen oder von im Realexperiment ansonsten unsichtbaren Elementen direkt in das Experiment.

In diesem Modul lernen die Studierenden verschiedene ferngesteuerte und virtuelle Labore kennen und bewerten diese anhand eines etablierten Bewertungsschemas (vgl. Altherr et al., 2003; Dębowska, 2013).

Digitale Messwerterfassung

Systeme zur digitalen Messwerterfassung gibt es inzwischen nicht nur von etablierten Lehrmittelherstellern. Auch Smartphones und Tablets können in Verbindung mit einer passenden App zu diesem Zweck genutzt werden. Außerdem gibt es diverse Low-Cost Lösungen, mit denen das Funktionsprinzip der automatisierten Messwerterfassung nachvollzogen werden kann. Durch die Automatisierung kann der Prozess der Messwerterfassung abgekürzt und der unterrichtliche Fokus auf einen anderen experimentellen Teilaspekt gerichtet werden.

In diesem Modul wird zunächst kritisch hinterfragt, in welchen Unterrichtssituationen und bei welchen Lernzielen sich eine digitale Erfassung von Messwerten anbietet. Anschließend

lernen die Studierenden verschiedene Messwerterfassungssysteme kennen. Insbesondere wird dabei auf die etablierten Systeme, auf Apps zur Videoanalyse und auf die Messwert-erfassung mit Arduino und Raspberry Pi eingegangen.

Darstellung von Messergebnissen

Unterschiedliche Darstellungen eines physikalischen Sachverhaltes können verschiedene Aspekte akzentuieren. So kann die ortsabhängige Richtung der magnetischen Flussdichte beispielsweise durch Eisenfeilspäne oder Magnetnadeln dargestellt werden. Zur Visualisierung der Beträge der magnetischen Flussdichte eignen sich dagegen eher Kontur- oder 3D-Darstellungen.

In diesem Modul vergleichen die Studierenden zunächst verschiedene Visualisierungen eines magnetischen Feldes und arbeiten Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus. Anschließend fertigen sie mit Computeranwendungen (z.B. Excel, Geogebra, Mathematica) selbst Darstellungen zu physikalischen Messwerten an.

Interaktive Aufgabenformate

Durch interaktive Aufgabenformate können Lernende aktiviert und individuell gefördert werden. In Learning-Management-Systemen können solche Aufgaben erstellt und bereitgestellt werden. Hierfür gibt es meist vorgefertigte Aufgabentypen (z.B. Quiz-, Multiple-Choice-, Drag-and-Drop-Aufgaben), die für den jeweiligen Unterrichtsgegenstand mit Inhalten gefüllt werden können. Weiterhin können solche Systeme den Lernfortschritt dokumentieren oder Rückmeldung über das Erreichen eines Lernziels geben.

In diesem Modul nutzen die Studierenden Lernplattformen zur Gestaltung von interaktiven Arbeitsmaterialien. Unter Anderem binden sie dazu Bilder, Videos, Internetseiten sowie ferngesteuerte und virtuelle Labore direkt in das Lernmaterial ein und formulieren schülerorientierte Aufgabenstellungen.

Ergebnisse und Ausblick

Multimediale Anwendungen bieten für den Physikunterricht vielfältige Optionen. So können z.B. weniger wichtige Teilschritte automatisiert erfolgen, um kognitiven Ressourcen der Lernenden für das Verständnis unterrichtsrelevanter Inhalte freizuhalten (vgl. Hoyer & Girwidz, 2019). Dies erfordert aber eine entsprechende Ausbildung der Lehrenden im Umgang mit digitalen Medien im Physikunterricht. Hier schließt das Lehrprojekt an.

Bisher wurden die Module in 13 Veranstaltungen integriert. Dabei hat sich der modulare Aufbau sehr bewährt. Die Evaluationen der Lehrveranstaltungen ließen auf eine hohe Akzeptanz der Modulinhalte schließen. Das Lehrkonzept wird auch in Zukunft beibehalten. Noch stärker sollen interaktive Aufgabenformate vertieft werden, insbesondere in Verbindung mit Videovignetten.

Danksagungen

Wir danken der Joachim Herz Stiftung für die Aufnahme in das Kolleg Didaktik:digital und die damit verbundene Förderung unseres Lehrvorhabens.

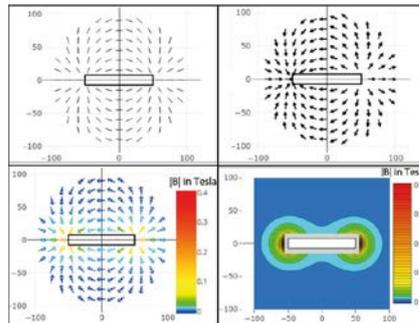


Abb. 2: Darstellungen des Feldes eines Magneten. Jede Darstellung akzentuiert unterschiedliche Informationen (Hoyer & Girwidz, 2018a).

Literatur

- Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B., & Jodl, H. J. (2003). Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples). *European Journal of Physics*, 25(1), 7–14.
- Dębowska, E., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Mason, B., Mathelitsch, L., . . . Silva, J. (2013). Report and recommendations on multimedia materials for teaching and learning electricity and magnetism. *European Journal of Physics*, 34(3), L47-L54.
- Hoyer, C. & Girwidz, R. (2018a). A remote lab for measuring, visualizing and analysing the field of a cylindrical permanent magnet. *European Journal of Physics*, 39(6), 065808.
- Hoyer, C. & Girwidz, R. (2018b). Didaktische Aspekte von Multimedia – Aufgezeigt an HTML5-Anwendungen. In C. Maurer (Hrsg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: GDPC-Jahrestagung in Regensburg 2017*. Universität Regensburg.
- Hoyer, C. & Girwidz, R. (2019). Digitale Medien - Werkzeuge beim Experimentieren, *Unterricht Physik* 171/172, S.13-19.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning (Second edition)*. Cambridge handbooks in psychology. New York: Cambridge University Press.
- Richtberg, S. (2018). *Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung*. Berlin: Logos Verlag.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22 (2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Thoms, L.-J., & Girwidz, R. (2017). Virtual and remote experiments for radiometric and photometric measurements. *European Journal of Physics*, 38(5), 55301–55324.