

Thomas Benedikt Steinmetz^{1,2}
Christian Kreiter¹
Thomas Klinger¹
Ingrid Krumphals²

¹FH Kärnten - gGmbH
²Pädagogische Hochschule Steiermark

Dioden-Kennlinien-Remote-Labor für Schule und Studium

Einleitung

Dioden und speziell Light Emitting Diodes (LEDs) sind elektrische Bauteile, welche aus unserem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind. Egal ob in Schaltern, Transistoren, Bildschirmen und Displays oder Beleuchtung jeglicher Art, diese Halbleitertechnik ist in der Technik stark vertreten. Vorteile bestehen darin, dass für den Betrieb des Bauteils wenig Energie benötigt wird und die Herstellung in kleinen Dimensionen gelingt. Vor allem die LED ist durch ihre Varietät an Einsatzbereichen eine große Bereicherung in der Unterhaltungstechnik, Industrie und auch der Forschung. So sollte die Halbleitertechnik auch immer mehr Einzug in Schule und Unterricht erhalten. Da das Thema der LEDs noch nicht so lange im Unterricht behandelt wird, gibt es auch noch keine konkreten empirisch belegten Lernendenvorstellungen dazu. Im Allgemeinen können jedoch einige Schülervorstellungen aus der Elektrizitätslehre und über das Licht (Schecker et al. 2018) als Basis herangezogen werden.

Um dies zu realisieren, ist es notwendig geeignete Versuche und Darstellungsarten dieser Technik zu finden bzw. zur Verfügung zu stellen. Das Dioden-Kennlinien-Remote-Labor, welches im Zuge des Projekts OnLabEdu (Online-Labore für naturwissenschaftliche Aus- und Weiterbildung) - ein Kooperationsprojekt der FH Kärnten und der PH Steiermark, gefördert durch die FFG und der Innovationsstiftung für Bildung - entwickelt wurde, stellt eine solche Ressource dar. In diesem Fall ist der Einsatz eines Remote-Labors besonders sinnvoll, da es sich um keinen trivialen Versuchsaufbau handelt. Die direkte Umsetzung im Unterricht bedürfte bereits fortgeschrittener Kompetenzen der Lernenden hinsichtlich Feinmotorik und Elektrotechnik. Mit dem Remote-Labor kann der Zugang zu diesem Thema erleichtert werden.

Konkret geschieht der Zugriff auf das Labor mittels eines herkömmlichen Internetbrowsers und die grafische Darstellung des Sachverhaltes macht es den Anwender:innen möglich die Kennlinie (ein Graph, welcher Spannung und Stromstärke gegenüberstellt und das Verhältnis abbildet) eines solchen technischen Bauteils zu beobachten und zu interpretieren. Wesentlicher Punkt für den Einzug in den Unterricht können u.a. auch entsprechende Unterrichtsmaterialien sein. So werden im Projekt empirisch gestützte Materialien zum konkreten Einsatz des Labors entwickelt. Die Entwicklung einer ersten Lernumgebung wird im Folgenden beschrieben.

Theoretische Vorarbeiten und inhaltlicher Ausgangspunkt

Begleitendes Lehr- und Lernmaterial ist für die fachlich und fachdidaktisch gerechte Implementierung in den Unterricht von großem Nutzen. Dahingehend wurde im Rahmen des Projekts OnLabEdu ein Lernarrangement zu dem Dioden-Kennlinien-Remote-Labor auf Basis des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) und vor dem Hintergrund des Design-Based Research (Barab & Squire, 2004, Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020)

zum Thema LEDs in der Sekundarstufe II konzipiert. Diese Unterrichtsmaterialien sollen erste Ideen zum breiten Einsatz des Labors geben und die Verwendung im Unterricht erleichtern.

Das hier vorgestellte Lernarrangement befindet sich bereits im zweiten Entwicklungszyklus (Details zum Lernarrangement und zu Zyklus 1 siehe: Krumphals et al., 2023). Die Materialien enthalten eine Zusammenfassung mit dem nötigen Vorwissen, um die anschließenden Aufgaben bewältigen zu können.

Kern der Aufgabenstellungen sind grundsätzlich die Messungen, durch welche man die Durchlassspannung der verschiedenen Halbleitermaterialien mit den jeweiligen Kennlinien fassbar machen kann. Wenn ein gewisses Energielevel bzw. Spannungsniveau erreicht wird, dann fängt das ursprünglich nichtleitende Material an zu leiten und dieser Punkt heißt Durchlassspannung. Dies zeichnet sich durch einen starken Anstieg in der Kennlinie ab (siehe Abb. 1). Man kann dadurch einen Zusammenhang zwischen den Begriffen der Energie, der Durchlassspannung und dem emittierten Licht erkennen. Das umfasst auch die Kernlernziele des Lernarrangements.

Ein weiteres Ziel des Projekts OnLabEdu ist es, die Remote-Labore sowohl für Schule als auch für den tertiären Bildungsbereich zur Verfügung zu stellen. So stellte sich die Frage, inwiefern das entwickelte Lernarrangement auch für Studierende angepasst werden kann.

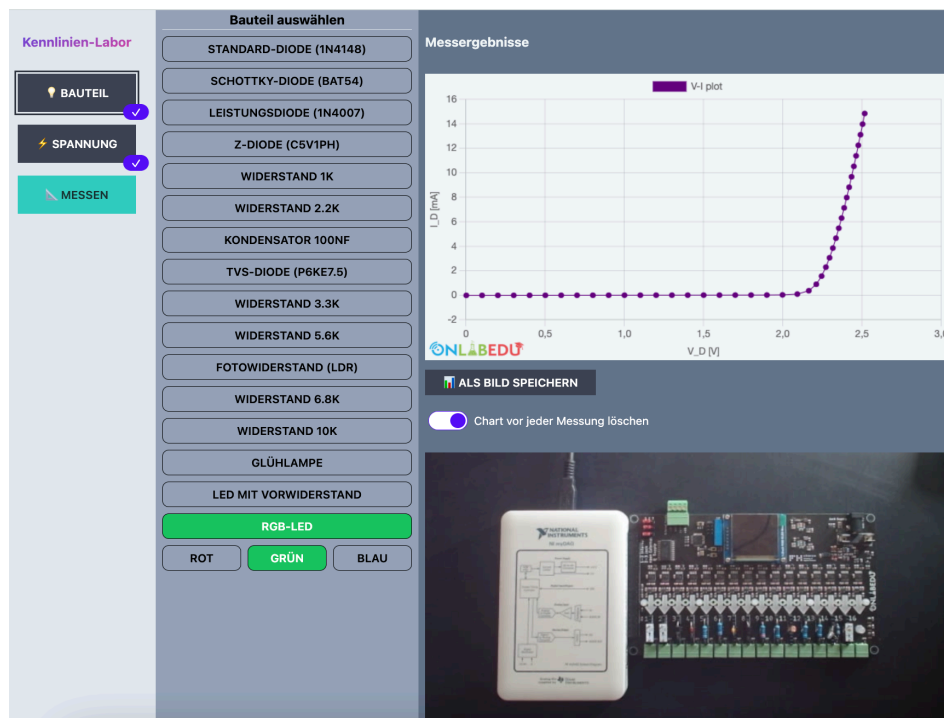


Abb. 1 Interface des Dioden-Kennlinien-Remote-Labors (CC BY OnLabEdu)

Ziele und Befragungsdesign

Das Lernarrangement wurde nun mit insgesamt neun Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992; Wiener et al., 2018) erprobt. Die Stichprobe stellt sich aus je drei Lernenden aus den Bereichen der Sekundarstufe II, aus dem Physik-Lehramtsstudium und aus einem fachfremden

Lehramtsstudium zusammen. Grund dafür ist das bereits oben benannte Interesse an der Breite der Einsetzbarkeit dieses Labors in Bezug auf das Ausbildungsniveaus im Bereich der Physik.

Übergeordnetes Ziel dieser Akzeptanzbefragungen und Entwicklung dieses Lernarrangements liegt in der Identifikation von inhaltlichen Lernbarrieren zum Thema der LEDs. Die Testpersonen durften anhand des Arbeitsmaterials, das in Abb. 1 dargestellte Labor völlig frei benutzen. Konkret mussten die Proband:innen Kurven von drei LEDs messen (rot, grün blau).

Im Wesentlichen ging es darum, herauszufinden, dass die Kurven der LEDs unterschiedliche Durchlassspannungen aufweisen, was wiederum mit der Energie des jeweils emittierten sichtbaren Lichts und damit mit dessen Wellenlänge bzw. Frequenz zu tun hat.

Ausgewählte Ergebnisse

Im Laufe der Akzeptanzbefragungen stellte sich heraus, dass wenn Lernbarrieren vorhanden sind, diese nicht vom Ausbildungsgrad abhängen. Schüler:innen sowie Lehramtsstudierende haben ähnliche inhaltliche Probleme beim Bearbeiten der Aufgabenstellungen und beim Umgang mit dem Labor. Die Verknüpfung der Konzepte Energie, Durchlassspannung und emittiertes Licht fallen schwer. Zudem ist die Einstellung des geeigneten Spannungsmessbereichs eine große Hürde. Die adäquate Verwendung von naturwissenschaftlichen Begriffen scheint eine Herausforderung zu sein. So kommt es häufig zu Verwechslungen von Begriffen und teilweise werden Einheiten durcheinandergebracht. Vor allem aber werden im Rahmen dieser Aufgabenstellung neu gelernte Begriffe immer wieder falsch verwendet.

Ein Unterschied zwischen Lernenden mit tertiärem physikalischen Hintergrund und jenen ohne einer solchen Ausbildung ist das Formulieren von Hypothesen und der Umgang mit der Fachsprache. Es gelingt Physiklehramtsstudierenden deutlich besser als den anderen Proband:innen. Dies liegt vermutlich am allgemein tiefergehenden physikalischen Wissen und der Vertrautheit gegenüber physikalischer Aufgabenstellungen. Auch die Aufgabe, eine Hypothese zu formulieren, zu überprüfen und erworbenes Wissen in eigenen Worten zu formulieren, ist eine gängige Herangehensweise an Aufgaben in den Naturwissenschaften oder bei Laborübungen im Studium.

Nachdem bei den Akzeptanzbefragungen etwaige Schwierigkeiten mit den Einstellungen eines adäquaten Spannungsbereichs beseitigt wurden und die Befragten mit den gewünschten Kennlinien ihre Hypothese überprüfen konnten, ist allgemein eine Verbesserung des fachlichen Sprachgebrauchs merkbar. Zudem können die Befragten großteils die gefragten Begriffe richtig erklären.

Ausblick

Die Akzeptanzbefragungen zeigen die Einsetzbarkeit des Lernarrangements sowohl auf Sekundarstufenebene als auch auf tertiärer Ebene. Dennoch gilt es in weiteren Überarbeitungszyklen entsprechende Unterstützungselemente zu geben, damit die Lernbarrieren (auf allen Ebenen) besser überwunden werden können.

Literatur

- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- Krumphals, I., Steinmetz, T. B., Kreiter, C. & Klinger, T. (2023). The Development of a Learning Arrangement in a Characteristic Curve Remote Laboratory. In D. Guralnick, M. E. Auer & A. Poce (Hrsg.), *Creative approaches to technology-enhanced learning for the workplace and higher education: Proceedings of 'The Learning Ideas Conference' 2023* (Bd. 767, S. 315–323). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41637-8_25
- Schecker, Horst; Wilhelm, Thomas; Hopf, Martin; Duit, Reinders (2018): *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wiener, G. J., Schmeling, S. M. & Hopf, M. (2018). The technique of probing acceptance as a tool for teachers' professional development: A PCK study. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(6), 849–875. <https://doi.org/10.1002/tea.21442>
- Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigation learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen* (S. 278–295). IPN.