

Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I**Hagen Schwanke, Thomas Trefzger**Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Universität Würzburg
Hagen.schwanke@physik.uni-wuerzburg.de**Kurzfassung**

In der Studie wird der Einsatz von Augmented-Reality (AR)-Applikationen in der Schule als Ergänzung zum Realexperiment untersucht.

Die Sekundarstufe I bietet in der 9. Jahrgangsstufe in Bayern zum Thema der Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung einer augmentierten Lernumgebung. Dabei sollen die Applikationen hauptsächlich die Modelle der magnetischen und elektrischen Felder sichtbar machen. Beispielsweise kann durch AR gezeigt werden, dass ein Magnetfeld allein nicht für die Induktion ausreicht, sondern zusätzlich die Änderung der magnetischen Flussdichte nötig ist. Diese wird durch die Dichte der sichtbar gemachten Feldlinien innerhalb der Spule gezeigt.

Eine erste Testung der Applikationen wird im Rahmen von Lehr-Lern-Labor-Durchführungen stattfinden. Die Hauptstudie in mehreren bayerischen Gymnasien hat das Ziel herauszufinden, ob es so möglich ist den Schülervorstellungen entgegen zu wirken und das Wissen über die korrekten physikalischen Zusammenhänge zu fördern. Gleichzeitig werden die Beziehungen zwischen dem aktuellen Interesse, der Motivation und dem Cognitive Load im Vergleich zu einer klassischen Lernumgebung und einer Intervention mittels Simulation untersucht.

1. Einleitung

Das Experiment stellt nach wie vor die zentrale Erkenntnisquelle der naturwissenschaftlichen Forschung dar und nimmt somit auch eine zentrale Rolle im Unterrichtsgeschehen ein. Experimente sollen die Schüler motivieren, gleichzeitig fachliche Inhalte vermitteln und diese bestätigen. (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015; Körner & Erb, 2013; Lindlahr, 2014)

Zusätzlich förderlich für den Fachwissensaufbau gilt die erfolgreiche Durchführung und die anschließende Auswertung eines Experiments. Dazu liefern Modelle eine entscheidende Hilfestellung. (Teichrow & Erb, 2018)

Das klassische Experiment kann man auch mit digitalen Medien wie einer Simulation oder einer Augmented Reality-Applikation auf einem Tablet verknüpfen. Diese digitalen Lernumgebungen benötigen Konzepte, um sie im naturwissenschaftlichen Unterricht gewinnbringend einzubringen. (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014)

Gleichzeitig besteht auch ein erheblicher Forschungsbedarf bei der richtigen Gestaltung der Lernumgebung, da Stand jetzt, nur gezeigt wurde, dass die digitalen Maßnahmen zur Zielerreichung führen, aber nicht geklärt ist, welches digitale Werkzeug bei einer Maßnahme welchen Beitrag leistet. (Roth, 2019)

Der Artikel gibt einen Überblick über das geplante Forschungsvorhaben. Dieses untersucht bei Schülerinnen und Schülern unter anderem den

Zusammenhang von Fachwissen, aktuellem Interesse, der Motivation und des Cognitive Loads bezogen auf drei unterschiedliche Interventionsformen (nur Realexperiment, zusätzlich AR-Applikation oder zusätzlich Simulation).

Zunächst wird die geplante Pilotierung im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors am M!ND-Center der Universität Würzburg beschrieben. Anschließend wird das Studiendesign vorgestellt und erläutert. Dieses wurde für sechs unterschiedliche Experimentierstationen zur Elektrizitätslehre entworfen. In einem Unterpunkt wird auf die verschiedenen Testinstrumente, welche für die Studie von Bedeutung sind, eingegangen. Anschließend wird beispielhaft die Station, welche den Versuch von Oersted behandelt, mit einem Screenshot der Applikation gezeigt und näher erläutert. Zum Abschluss wird noch ein Ausblick auf den weiteren zeitlichen Verlauf der Studie gegeben.

2. Durchführung

Die geplanten Experimentierstationen werden für eine erste Pilotierung an der Universität Würzburg im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors aufgebaut. Dieser außerschulische Lehr- und Lernort bringt mehrere Vorteile. Die Schülerinnen und Schüler können in Kleingruppen in mehreren Räumen ungestört experimentieren. Dabei werden sie von mehreren Studierenden betreut, welche gleichzeitig zusätzliche Praxis- und Berufsfelderfahrung sammeln können. Hinzu kommt, dass es so möglich ist, ohne großen administrativen Aufwand anonyme Daten zu erheben.

Dabei sind die Stationen so konzipiert, dass jeder Versuch als *klassisch*, d.h. am Realexperiment, zusätzlich zu dem Realexperiment mit einer *Simulation* oder mit einer *AR-Applikation* durchgeführt werden kann. Die Begründung erfolgt im Abschnitt 2.1 *Studiendesign*. Die Stationen richten sich an die Schüler und Schülerinnen der 9. Klassen. Der fachliche Hintergrund über das magnetische Feld, die Lorentzkraft und die Regel von Lenz wird als bekannt vorausgesetzt. Der aktuelle Fachwissensstand wird mittels eines Pretests ca. eine Woche vor dem Besuch des Lehr-Lern-Labors erhoben.

Am Tag des Besuches wird die Klasse in drei Gruppen geteilt. Eine besondere Einteilung nach Leistung oder ähnlichen Parametern geschieht nicht. Anschließend durchlaufen die drei Gruppen unter Betreuung der Studierenden insgesamt sechs Stationen, welche in den Räumen des MIND-Centers verteilt sind. Der Arbeitsaufwand pro Station beträgt ca. 30 Minuten.

2.1. Studiendesign

Mithilfe dynamischer Modelle, welche in der virtuellen Welt angesiedelt sind, kann zwischen dem was real ist und dem, was sich in dem Kopf einer Physikerin oder eines Physikers abspielt, vermittelt werden. (Teichrow & Erb, 2018)

Dafür können Simulationen oder auch Augmented Reality Applikationen eingesetzt werden.

Wie in der Einleitung jedoch bereits erwähnt wurde, ist es momentan nicht klar, welche Maßnahme welchen Beitrag zur Zielerfüllung, wie z.B. ein gesteigertes Fach- oder Sachinteresse, liefert. (Roth, 2019)

Mit dem Hintergrund diese Frage zu klären wurde ein komplexes Studiendesign gewählt.

Dabei werden die einzelnen Stationen jeweils mit verschiedenen Interventionen von Simulation und AR-Apps durchgeführt. Im Vergleich dazu stehen klassisch durchgeführte Experimente.

Aus der folgenden Grafik (vgl. Abbildung 1) kann entnommen werden, dass jede Station in jeglicher Interventionsform durchführbar ist und sein muss. Auch führen die Gruppen untereinander jede Station mit einer anderen Intervention durch, welche sich in der zeitlichen Reihenfolge ebenfalls unterscheiden.

Durch die hohe Permutation von Intervention, Schülergruppe und zeitliche Abfolge der Stationen sollen Reihenfolgeaspekte ausgeschlossen werden. Auch Effekte durch die Länge des Versuchstages sollen damit verringert werden.

Verbunden mit den Zwischentests, ist am Ende jedoch eine klare Zuordnung der jeweiligen Maßnahme möglich. Zusätzlich werden die Zwischentests in der Anordnung der Fragen variiert, sodass keine „Ankreuzmuster“ entstehen sollten. Die Zeit, in der die Schülerinnen und Schüler mit der Simulation und der Applikation arbeiten, wird durch entsprechende Aufgabenstellungen maximiert, sodass ein Unterschied im Ergebnis zwischen den Interventionen erwartet wird.

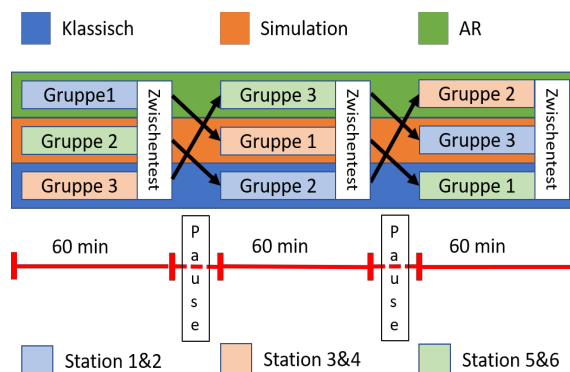


Abb. 1: Studiendesign

Zum besseren Verständnis der Grafik wird einmal der Verlauf der Gruppe 1 geschildert:

Gruppe 1 beginnt bei Station 1&2 und wird diese mit der Intervention AR durchführen. Nach 50 Minuten Durchführungszeit und 10 Minuten Testzeit haben die Schüler eine kurze Pause. Diese wird für den Raumwechsel und als Trinkpause genutzt. Anschließend bearbeiten sie Station 3&4. Diese Stationen sind diesmal mit einer Simulation ergänzt. Nach einem erneuten Wechsel schließen sie den Versuchstag mit Station 5&6 ab. Diese ist für die Gruppe 1 klassisch aufgearbeitet.

2.2. Testinstrumente

Im folgenden werden die zu verwendeten Testinstrumente dargelegt. Dabei werden die zu verteilenden Tests jeweils fachsprachlich an die folgenden Instrumente angelehnt.

Für den Pre- und Posttest werden die aufgezählten Parameter erhoben:

- **Fachwissen** (Aschauer, 2016; Ding, Chabay, Sherwood, & Beichner, 2006; Li & Singh, 2017; Maloney, O’Kuma, Hieggelke, & van Heuvelen, 2001)
- **Selbstkonzept** (Finkenber, 2018; Habig, 2017)
- **Motivation** (Finkenber, 2018)

Der Fachwissenstest basiert auf den amerikanischen Testinstrumenten *Magnetism Conceptual Survey (MCS)* (Li & Singh, 2017), *Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)* (Maloney et al., 2001) und dem *Brief Electricity and Magnetism Assesment (BEMA)* (Ding et al., 2006) welche von Wolfgang Aschauer in seiner Dissertation bereits übersetzt und angewendet wurden.

Die Testinstrumente bezüglich Selbstkonzept und Motivation sind ebenfalls schon validiert worden und werden in dieser Studie durchgeführt, um weitere mögliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Interventionen festzustellen.

In dieser Studie ist der Zwischentest sehr wichtig, um die verschiedenen Interventionen in Zusammenhang setzen zu können und so auf die Effekte der jeweiligen Darbietungsformen zu schlussfolgern.

Bei diesen Zwischentests werden die folgenden Parameter erhoben:

- **Cognitive Load** (Klepsch, Schmitz, & Seufert, 2017)
- **Aktuelles Interesse** (Habig, van Vorst, & Sumfleth, 2018)
- **Schülervorstellungen** (Erfmann, 2017)

Auch die Testinstrumente zum Cognitive Load und dem aktuellen Interesse wurden schon adaptiert und angewendet, unter anderem von Sebastian Habig (Habig et al., 2018) an der Universität Duisburg Essen.

Im wesentlichen Interesse stehen die Zusammenhänge zwischen Cognitive Load und aktuellem Interesse in Bezug auf die jeweilige Interventionsform.

Corinna Erfmann (Erfmann, 2017) entwickelte ein Testinstrument mit sechs mehrstufigen Multiple-Choice-Aufgaben zu qualitativen Aspekten der Induktion. Dieser Test ermöglicht die Diagnose von Fehlvorstellungen. Um auf diesem Themengebiet ein Vergleich zwischen den Interventionen zu erhalten, wird dieser ebenfalls erhoben.

Die Erstellung eines Beziehungsgeflechtes welche alle Parameter mit einander verbindet, befindet sich noch in Arbeit.

3. Versuch von Oersted

Der Versuch von Oersted zeigt, dass ein stromdurchflossener Leiter ein Magnetfeld erzeugt. Dies kann mittels einer freibeweglichen Magnetnadel in der Nähe des Drahtes veranschaulicht werden. Die Form und Ausbreitung des Magnetfeldes sollen dabei in den Fokus rücken. Ein Beispiel mittels einer AR-Applikation kann der Abbildung 2 entnommen werden. Dabei stellen die gelben Punkte in der Applikation die sich bewegenden Elektronen dar. Das daraus resultierende Magnetfeld wird mittels kleiner Vektorpfeile in der dazu senkrechten Ebene dargestellt. Zu erkennen ist, dass sich die Magnetnadel in dieselbe Ebene ausrichtet. Der Vorteil von AR ist nun, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, das Ereignis aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten, um das Resultat genauer zu überprüfen.

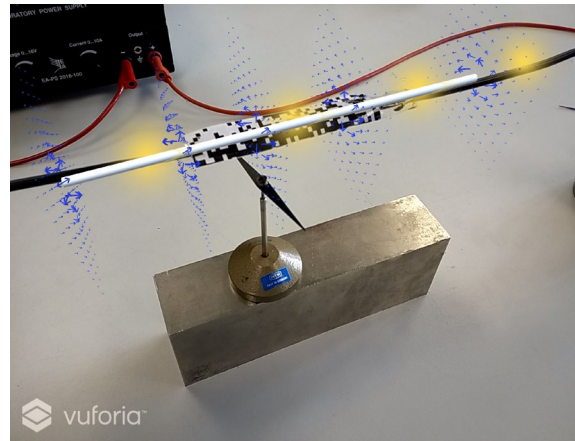


Abb. 2: Das magnetische Feld eines stromdurchflossenen Leiters

4. Weiterer zeitlicher Ausblick

Zum aktuellen Zeitpunkt des Projektes werden die Inhalte der Stationen festgelegt und die dazu passenden Applikationen entwickelt.

Ab Oktober 2020 sollen die fertigen Applikationen an den Experimenten auf ihre korrekte Funktionsweise überprüft werden. Dies soll zusätzlich durch Probanden erfolgen. Dafür kommen Schülerinnen oder Schüler, aber auch Studentinnen und Studenten des 1. Semesters eines nicht physikalischen Studiums in Frage, da deren physikalische Grundbildung Schulniveau entspricht.

Die Probanden bekommen ein Arbeitsblatt und sollen Fragen, die sich auf den Inhalt der Experimentierstation beziehen, beantworten. Gleichzeitig wird die Nutzerfreundlichkeit mittels des System Usability Scoring (Brooke, 1996) erhoben. Zusätzlich zu diesem Test sollen leitfadengestützte Interviews stattfinden, um weitere eventuelle Probleme oder Unübersichtlichkeiten der Applikationen aufzudecken. Anschließend werden die Applikationen entsprechend angepasst.

Ab Februar 2021 soll dann, sofern es die Situation zulässt, die Pilotierung mit Schülerinnen und Schülern im Lehr-Lehr-Labor stattfinden.

5. Reference List

- Aschauer, W. (2016). *Elektrische und magnetische Felder: Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*. Dissertation, Logos Verlag Berlin GmbH.
- Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan (Ed.), *Usability evaluation in industry. Based on the International Seminar Usability Evaluation in Industry that was held at Eindhoven, The Netherlands, on 14 and 15 September 1994* (pp. 189–194). London: Taylor & Francis.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), 141.
- Erfmann, C. (2017). *Ein Anschaulicher Weg Zum Verständnis der Elektromagnetischen Induktion: Evaluation Eines Unterrichtsvorschlags und Validierung Eines Leistungsdiagnoseinstruments*. Dissertation, Logos Verlag Berlin GmbH, Berlin.
- Finkenberf, F. (2018). *Flipped Classroom im Physikunterricht*. Dissertation, Logos Verlag Berlin GmbH.
- Habig, S. (2017). *Systematisch Variierte Kontextaufgaben und Ihr Einfluss Auf Kognitive und Affektive Schülerfaktoren. Studien Zum Physik- und Chemielernen Ser: v.223*. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 99–114.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Eds.) (2015). *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997, from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.01997/full>.
- Körner, H.-D., & Erb, R. (2013). Zur Bedeutung von Experimenten bei der Erkenntnisgewinnung. In S. Bernholt (Ed.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Band 33. Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33* (pp. 74–76). Kiel: IPN.
- Li, J., & Singh, C. (2017). Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. *European Journal of Physics*, 38(2), 25702.
- Lindlahr, W. (2014). Virtual-Reality-Experimente für Interaktive Tafeln und Tablets. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Eds.), *Naturwissenschaften. Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 90–97). Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23.
- Maxton-Küchenmeister, J., & Meßinger-Koppelt, J. (Eds.) (2014). *Naturwissenschaften. Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag.
- Roth, J. (2019). Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht – Konzepte, empirische Ergebnisse und Desiderate. In A. Büchter, M. Glade, R. Herold-Blasius, M. Klinger, F. Schacht, & P. Scherer (Eds.), *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht* (pp. 233–248). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Teichrew, A., & Erb, R. (2018). Implementierung modellbildender Lernangebote in das physikalische Praktikum. In Nordmeier, V. Grötzebauch, H. (Hrsg.) (Ed.), *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung - Jahresband 2018* (pp. 269–275).