

Kerstin Lindmaier¹
Lana Ivanjek¹
Martin Hopf²
Madlen Überreich³
Claudia Giovanazzi⁴

¹JKU Linz
²Universität Wien
³MS Ohlsdorf/Schwechat
⁴Georg v. Peuerbach Gymnasium

Digitale und analoge Unterrichtsmaterialien für Mechanik in der Sekundarstufe I - Ein Vergleich

Abstract

Eine kürzlich erfolgte Umstellung des Lehrplans in Österreich macht eine Anpassung bzw. Neugestaltung der bisher verfügbaren Materialien für den Mechanik-Unterricht in der Sekundarstufe I notwendig. Inhaltlich liegt der Fokus des Projekts dabei auf der zweidimensionalen Bewegung, methodisch auf der Digitalisierung mit GeoGebra. Die ersten beiden Design-Based Research-Zyklen zeigen eine gute Akzeptanz unter Schüler- und Lehrer:innen, aber auch Überarbeitungsbedarf bei einigen Aufgaben.

Einleitung

Im Zuge der Lehrplanumstellung in Österreich (*Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen*, 2023) und der voranschreitenden Digitalisierung in Österreichs Schulen (*oead*, 2025) zeigte sich ein Bedarf an Materialien für den Mechanikunterricht, die thematisch sowie methodisch angepasst wurden. Auf Grundlage des zweidimensionalen Unterrichtskonzeptes für Mechanik (2DD) (Spatz et al., 2020), wurden deshalb zunächst analoge Unterrichtsmaterialien für die 7. Schulstufe (12-13 Jahre) entwickelt, deren Digitalisierung mit dem Programm GeoGebra (*GeoGebra*, 2025) vorgenommen wurde. So entstand eine Unterrichtsreihe von ca. 20 Einheiten, die sowohl digital als auch analog umgesetzt werden kann.

Abgedeckt werden die Themen:

- Bewegungen beschreiben
- Unterschied zwischen Tempo und Beschleunigung
- Geschwindigkeitsänderung - Zusatzgeschwindigkeit
- Die Newtonsche Bewegungsgleichung
- Arten von Kräften/Kräftegleichgewicht
- Wechselwirkungsprinzip
- Trägheit

Dem 2DD-Konzept folgend wird auf den Begriff „*Beschleunigung*“ verzichtet. Kräfte und Geschwindigkeiten werden lediglich grafisch, mittels Pfeilen, ermittelt und die eindimensionale Bewegung wird nur als Sonderfall eingeführt (Spatz et al., 2020).

Studiendesign

In mehreren Design-Based Research-Zyklen (Wilhelm & Hopf, 2014) wurden die entwickelten Applets und Arbeitsblätter in Schulen implementiert, evaluiert und anschließend bearbeitet. Der Unterricht mit den Materialien wurde von Masterstudent:innen und Doktorand:innen beobachtet.

Dabei wurden Beobachtungsbögen mit Zeitstempel geführt (Karelina & Etkina, 2007). Die Schüler:innen wurden gebeten Reflexionsbögen auszufüllen und die Antworten bei sämtlichen digitalen und analogen Aufgaben wurden hinsichtlich Richtigkeit ausgewertet. Außerdem wurden drei Schüler:innen pro Klasse und die Lehrkraft interviewt, um ihre Akzeptanz für das Unterrichtsmaterial zu erheben (Wiesner & Wodzinski, 1996). Die Transkripte der Befragungen wurden im Anschluss einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (Kuckartz, 2018) mittels MaxQDA (MaxQDA, 2025) unterzogen.

Es ergab sich insgesamt eine gute Akzeptanz des Materials, wenngleich auch deutlich wurde, bei welchen Aufgaben Verbesserungsbedarf bestand. Einige Lehrkräfte merkten zudem an, dass sie eine hybride Version bevorzugen würden, weswegen eine solche für die Hauptstudie ergänzt wurde.

Studienablauf

Der erste Design-Based Research-Zyklus fand an zwei Schulen in Oberösterreich statt. Dabei handelte es sich um eine öffentliche Mittelschule und ein privates Gymnasium. Das Material wurde in jeweils zwei Klassen eingesetzt. Dabei wurde ein Cross-over-Design angewendet, d. h. während eine Gruppe zuerst digital und dann analog unterrichtet wurde, wurde das bei der zweiten Gruppe genau umgekehrt gehandhabt.

Klasse	Schultyp	Schulstufe	Schüler:innen-anzahl	Themen-block 1	Themen-block 2
Gruppe 1	Gymnasium (privat)	8	12	digital	analog
Gruppe 2	Gymnasium (privat)	8	13	analog	digital
3a	Mittelschule (öffentlich)	7	22	digital	analog
3b	Mittelschule (öffentlich)	7	23	analog	digital

Tabelle 1: Stichprobe des ersten DBR-Zyklus

Nach Auswertung aller Aufgaben, Interviews und Reflexionsbögen wurde eine Überarbeitung der Materialien vorgenommen. Verändert wurden all jene Aufgaben, die von Schüler:innen oder Lehrer:innen als schwierig oder problematisch eingeschätzt wurden.

Anschließend wurde ein zweiter Design-Based Research-Zyklus eingeleitet. Dieser fand an zwei Schulen in Oberösterreich statt. Dabei handelte es sich um ein öffentliches Gymnasium. Das Material wurde in zwei Klassen eingesetzt. Eine Klasse wurde rein analog und eine rein digital unterrichtet.

Klasse	Schultyp	Schulstufe	Schüler:innenanzahl	Methode
2a	Gymnasium (öffentlich)	6	25	digital
2b	Gymnasium (öffentlich)	6	26	analog

Tabelle 2: Stichprobe des zweiten DBR-Zyklus

Während des Unterrichts wurden wieder Beobachtungen durchgeführt und entsprechende Aufzeichnungen angefertigt. Im Anschluss haben die Schüler:innen wieder Reflexionsbögen ausgefüllt. Insgesamt drei Schüler:innen pro Themenbereich und Klasse wurden interviewt. Zusätzlich wurden die Aufgaben hinsichtlich ihrer Korrektheit analysiert.

Ergebnisse

Im ersten Design-Based Research-Zyklus zeigte sich, dass die Akzeptanz für das Material gut war. Sowohl die Schüler:innen des Gymnasiums als auch der Mittelschule gaben an, dass sie die Anweisungen verstanden haben und konnten diese größtenteils umsetzen. Die Arbeit mit dem iPad und das Aufnehmen von Stroboskopaufnahmen wurden als besonders positiv hervorgehoben. Aus den Unterrichtsbeobachtungen ging hervor, dass die Lernenden der Mittelschule Schwierigkeiten hatten, einzelne Berechnungen selbstständig durchzuführen, während dies im Gymnasium gut funktionierte. Das Schreiben eines Leserbriefes zum Thema „Verkehrsunfall“ wurde hingegen in der Mittelschule von mehr Schüler:innen richtig oder vollständig umgesetzt. Spannend war, dass dieselbe digitale Aufgabe von den Schüler:innen sowohl als schwierig, als auch als spannend beschrieben wurde. Evtl. könnte man also von einer „positiven Herausforderung“ sprechen.

Der zweite Design-Based Research-Zyklus legte nahe, dass die Schüler:innen bei den Themenbereichen „Zusatzgeschwindigkeit“, „Newtonsche Bewegungsgleichung“ und „Arten von Kräften“ deutlich mehr Schwierigkeiten als bei den anderen Themen hatten, die Aufgaben zu lösen. Dies wurde jedoch damit begründet, dass diese Themenbereiche gänzlich neu und sehr komplex waren. Erneut wurden einige Übungen, wie z. B. ein Rollenspiel zum Thema „Airbag“, als positiv hervorgehoben. Speziell die Übungen zur Gravitation (eindimensionale Bewegung) wurde jedoch als schwierig beschrieben. Das war zu erwarten, da bisher zweidimensionale Bewegungen behandelt wurden und eindimensionale Bewegungen sich bereits im 2DD-Mechanikkonzept (Tobias, 2010) als viel komplexer erwiesen haben. Die eindimensionale Bewegung wird daher als Sonderfall behandelt.

Conclusio und Ausblick

Basierend auf der Analyse der ersten beiden Design-Based Research-Zyklen fand eine weitere Überarbeitung der Aufgaben statt, die die inhaltlichen und formalen Schwierigkeiten für Schüler:innen minimieren sollte. Darüber hinaus wurde eine hybride Version der Materialien erstellt. In einem nächsten Schritt wird nun in der Hauptstudie jeweils eine Gruppe von Lehrkräften digital, analog und hybrid unterrichten. Vor und nach der Unterrichtsreihe werden Mechanikverständnis sowie nicht-kognitive Variablen erhoben werden. Zusätzlich wird die Personenfähigkeit in den einzelnen Gruppen durch eine Subskala des Kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000) überprüft.

Literaturverzeichnis

- GeoGebra. (2025). <https://www.geogebra.org/>
- Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. (2023). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *KFT 4-12 + R: Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Hogrefe Verl. für Psychologie. <https://www.hogrefe.com/at/shop/kognitiver-faehigkeitstest-fuer-4-bis-12-klassen-revision.html>
- Karelina, A. & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020106>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4., überarbeitete Aufl.). Grundlagentexte Methoden. Beltz. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1138552>
- MaxQDA. (2025). <https://www.maxqda.com/de/>
- oead: Die Geräteinitiative "Digitales Lernen". (2025, 1. Oktober). <https://oead.at/de/bildung-schule/datenbank-angebote-fuer-alle-schulen/detail/die-geraeteinitiative-digitales-lernen~mt>
- Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C. & Wiesner, H. (2020). Introduction to Newtonian mechanics via two-dimensional dynamics. The effects of a newly developed content structure on Bavarian middle school students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 76–91.
- Tobias, V. (2010). *Newtonsche Mechanik im Anfangsunterricht: Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen* [Dissertation]. Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & C. von Röhneck (Hrsg.), *Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Lernen in den Naturwissenschaften* (Bd. 151, S. 250–274). IPN.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 31–41). Springer Spektrum.