

Wolfgang Lutz¹
Sebastian Haase²
Jan-Philipp Burde³
Thomas Wilhelm⁴
Thomas Trefzger¹

¹Julius-Maximilians-Universität Würzburg
²Freie Universität Berlin
³Eberhard-Karls-Universität Tübingen
⁴Goethe-Universität Frankfurt

Erste empirische Ergebnisse zum Einsatz digitaler Materialien im Flipped Classroom zur E-Lehre und Optik

Flipped Classroom bezeichnet eine aus Amerika stammende und für den schulischen Kontext entwickelte Unterrichtsmethode (Johnson et al. 2015), bei der die Lernendenzentrierung und die aktive Gestaltung von Lernprozessen unter dem Einsatz digitaler Medien im Mittelpunkt stehen (Lento 2015; Abeysekera & Dawson 2015; Bishop & Verleger 2013; Duxbury et al. 2016). Ziel ist es, durch eine digital aufbereitete Lernumgebung die sonst übliche Aufteilung der Wissensvermittlung im Unterricht und der Intensivierung der Lerninhalte zu Hause miteinander zu vertauschen, um so die Unterrichtszeit vermehrt für kooperative Lernphasen in Kleingruppen zu nutzen, z.B. zur Vertiefung der Inhalte oder dem Experimentieren (Bergmann & Sams, 2012; Lage et al. 2000). Dazu werden im Flipped Classroom typischerweise Lernvideos zur Informationsvermittlung zeitlich vor dem Unterricht eingesetzt. Mit ihnen erarbeiten sich die Schüler:innen selbstständig wichtige Lerninhalte in ihrem individuellen Lerntempo und bereiten sich so auf die nächste Unterrichtsstunde vor. Das Intensivieren bzw. Experimentieren in der anschließenden Präsenzzeit ergibt allerdings nur Sinn, wenn die Lerninhalte auch verstanden wurden. Um eine Brücke zwischen dem digitalen Selbstlernprozess und der anschließenden Präsenzzeit zu schlagen, sollten die Schüler:innen nach Al-Samarraie et al. (2019) deshalb bereits in der Vorbereitungsphase oder spätestens zu Beginn des Unterrichts die Möglichkeit haben, ihr Wissen in interaktiven Aufgaben bzw. Quizfragen anzuwenden. Diese Idee findet sich auch im Inverted Classroom Mastery Model wieder, in dem formative E-Assessments, so genannte „Mastery Worksheets“, eingesetzt werden (Handke, 2014). Außerdem sollte es zu Beginn des Unterrichts Raum geben, um Fragen und Probleme der Schüler:innen gemeinsam zu diskutieren (Al-Samarraie et al., 2019). Dazu bietet sich beispielsweise eine Think-Pair-Share-Phase (Lyman, 1981) an. Aus diesen Überlegungen leiteten wir das in Abb. 1 skizzierte Ablaufschema für eine Unterrichtseinheit im Flipped Classroom ab.

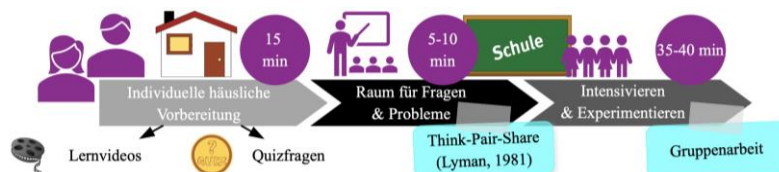


Abb. 1 Ablaufschema für eine Unterrichtseinheit im Flipped Classroom


Ausgehend von dem dargestellten Modell wurden für den Physikunterricht der Sekundarstufe I in den Themenbereichen E-Lehre und Optik im Sinne eines Design-Based-Researches (kurz: DBR) forschungsbasierte und praxisorientierte Lehrgänge konzeptioniert, in ersten Interventionen erprobt und weiterentwickelt. Die in der Praxis häufig beobachteten Probleme eines unzureichenden konzeptionellen Verständnisses und zu gering ausgeprägter experimenteller Kompetenzen bei den Schüler:innen auch nach einer formalen Instruktion, stellen im Projekt die Ausgangspunkte der DBR-Zyklen dar. Als besonders lernförderlich haben sich in diesem Zusammenhang die beiden Unterrichtskonzeptionen des Elektronengasmodells (Burde, 2018) in der E-Lehre und des Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzepts (Haagen-Schützenhöfer et al., 2017) in der Optik erwiesen und wurden deshalb bei der Gestaltung der neuen Unterrichtsmaterialien als Grundlage genutzt. Mit Hilfe des SAMR-

Modells (Puentedura, 2006) erfolgte zunächst eine Kategorisierung auf vier Ebenen, um zu entscheiden, wie durch eine Digitalisierung der Unterrichtsmaterialien ein Mehrwert gegenüber den traditionellen Materialien erreicht werden kann. Anschließend wurden unter Berücksichtigung weiterer Lerntheorien wie beispielsweise der Cognitive Load-Theory (Sweller et al., 2011), der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (Mayer, 2014) oder auch des integrativen Modells des Text- und Bildverständnisses (Schnotz & Bannert, 2003) Animationen, Lernvideos, interaktive Quizfragen, Bildschirmexperimente und Simulationen entwickelt. Der Erwerb fachlicher Inhalte wurde im Sinne des 5E Modells (Bybee, 2006 & 2009) an eigenständige naturwissenschaftliche Untersuchungen gekoppelt, um so ein forschend entdeckendes Lernen nach dem idealisierten Forschungszyklus nach Abels et al. (2014) zu ermöglichen. Auf diese Weise entstanden Lernumgebungen, in denen die sieben Teilfacetten experimenteller Kompetenzen nach dem Modell von Nawrath et al. (2011) möglichst vielfältig gefördert und trainiert werden können. Die insgesamt resultierenden Lehrgänge zur E-Lehre und Optik umfassen jeweils zwölf aufeinander aufbauende Unterrichtseinheiten, die sowohl im traditionellen Unterricht als auch im Flipped Classroom eingesetzt werden können. Details zur Entwicklung der Unterrichtseinheiten finden sich bei Lutz et al. (2020) bzw. Lutz et al. (2021).


Ergebnisse zweier Erhebungen

Im Schuljahr 2019/20 wurden die Unterrichtsmaterialien zur E-Lehre innerhalb eines Flipped Classrooms mit $n = 296$ Schüler:innen in 13 Klassen der 8. Jahrgangsstufe an sieben bayerischen Gymnasien eingesetzt, um die im Rahmen der häuslichen Vorbereitung verwendeten Materialien zu pilotieren, d.h. wie die Schüler:innen die Lernvideos nutzen, wie sie deren Länge und Verständlichkeit einschätzen und wie die Schwierigkeiten der Quizfragen zu bewerten sind (IRT-skaliert & Selbsteinschätzung). Im Schuljahr 2020/21 folgte eine weitere Untersuchung im gleichen Design zu den Optikmaterialien, an der $n = 347$ Schüler:innen in 15 Klassen der 8. Jahrgangsstufe an fünf bayerischen Gymnasien teilnahmen. Durchschnittlich haben die Schüler:innen in der E-Lehre 8,6 (median = 10, $sd = 3,7$) und in der Optik 8,6 (median = 10, $sd = 3,6$) Lernvideos betrachtet. In Tab. 1 wird pro Einheit der Anteil der Schüler:innen dargestellt, die in der häuslichen Vorbereitungsphase auf die Lernvideos zugegriffen haben. Farblich hervorgehoben sind die coronabedingten Wechsel zwischen Präsenz- und Distanzunterricht. In beiden Interventionen lässt die Bereitschaft der Vorbereitung auf die nächste Unterrichtsstunde mittels Lernvideos über die Zeit nach. In den letzten beiden Einheiten der E-Lehre haben ein paar Lehrkräfte die zugehörigen Videos im Unterricht eingesetzt. Somit konnte von einigen Schüler:innen keine individuelle Bearbeitung registriert werden. Gründe für die Abnahme des Nutzungsverhaltens über die Zeit könnten in der Abnahme des Neuigkeitseffekts (Kerres, 2001; Urhahne et al., 2000), den pandemiebedingten Wechseln oder den ausbleibenden Notenerhebungen liegen.


Einheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E-Lehre	86%	84%	85%	82%	77%	76%	73%	69%	61%	63%	57%	49%
Optik	79%	79%	77%	76%	72%	77%	72%	66%	71%	67%	65%	64%



vollständiger
Präsenzunterricht



teilweise Präsenz- und
Distanzunterricht



vollständiger
Distanzunterricht

Tab. 1 Nutzung der Lernvideos in der häuslichen Vorbereitung

In einer Korrelation mit Messwiederholung (kurz: KmM) ergibt sich für die zeitliche Entwicklung des Nutzungsverhaltens eine signifikante Abnahme mit einer kleinen Effektstärke, was eine gewisse Kontinuität im Nutzungsverhalten vermuten lässt (E-Lehre: $r = -0.33$, $p < 0.01$ & Optik: $r = -0.33$, $p < 0.01$). Um diesen Effekt genauer zu untersuchen, wurde die Anzahl der betrachteten Lernvideos pro Schüler:in ermittelt (siehe Tab. 2). Es zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Schüler:innen die Lernvideos umfangreich, ungefähr ein Drittel teilweise und ca. 12 % der Schüler:innen kaum oder gar nicht nutzten.

Betrachtete Lernvideos	E-Lehre				Betrachtete Lernvideos	Optik			
	0 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12		0 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12
Anteil	12 %	13 %	20 %	55 %	Anteil	12 %	14 %	18 %	56 %

Tab. 2 Anzahl der betrachteten Lernvideos pro Schüler:in

Zu lange Lernvideos können sich negativ auf das Nutzungsverhalten auswirken, da sie eventuell vorzeitig abgebrochen oder gar nicht erst angeschaut werden. Schön & Ebner (2013) empfehlen deshalb Längen zwischen 2 und 5 Minuten, wobei bei zu kurzen Videos die Gefahr besteht, Inhalte zu oberflächlich zu thematisieren. In den Interventionen hatten die Lernvideos (ohne Intro & Outro) eine durchschnittliche Länge von 5:55 min (E-Lehre) und 7:06 min (Optik). Die Schüler:innen bewerteten die Videolängen über eine dreistufige Likert-Skala unmittelbar nach den Lernvideos. Dabei zeigt sich eine hohe Akzeptanz der Videolängen (siehe Tab. 3 links), wobei sich aus einer KmM zwischen der Videolänge und der Bewertung der Länge ableiten lässt, dass die Schüler:innen kürzere Videos präferieren (E-Lehre: $r=-.29$, $p<.01$ & Optik: $r=-0.24$, $p<.01$). Da die Effektstärken klein sind, können aber auch die längeren Videos als passend angesehen werden. Die wahrgenommene Verständlichkeit der Lernvideos wurde über eine vierstufige Likert-Skala eruiert und kann insgesamt als hoch eingestuft werden (Tab. 3 rechts). In einer KmM nimmt die Bewertung der Verständlichkeit über die Lerneinheiten mit einer kleinen Effektstärke ab (E-Lehre: $r=-0.3$, $p<.01$ & Optik: $r=-0.29$, $p<.01$), wobei sich gleichzeitig die Komplexität der aufeinander aufbauenden Lerneinheiten mit der Zeit sukzessive steigert.

	Die Länge des Lernvideos war ...			Wie hast du die Inhalte des Lernvideos verstanden?			
	zu kurz	genau richtig	zu lang	gar nicht	nur teilweise	ganz gut	vollständig
E-Lehre	3 %	76 %	21 %	1 %	17 %	53 %	29 %
Optik	3 %	68 %	29 %	1 %	15 %	51 %	33 %

Tab. 3 Beurteilung der Länge und des Verständnisses der Lernvideos

Nach den Lernvideos kamen unter anderem Quizfragen im Multiple Choice Format zum Einsatz, um zunächst einfachere Lernzielniveaus (Erinnern & Verstehen) zu adressieren. Das Erreichen höherer Lernziele (Anwenden, Analysieren, Beurteilen & Schaffen) wird im Flipped Classroom erst während der Präsenzzeit intendiert (Lundin et al., 2018; Zainuddin & Halili, 2016). Die in Abb. 2 mittels Rasch-Skalierung ermittelten Aufgabenschwierigkeiten bestätigen, dass die Schüler:innen die Inhalte aus den Lernvideos unmittelbar anwenden konnten und die Aufgabenformate somit für die angestrebten Lernziele geeignet waren. Dieses Bild wird auch durch eine Selbsteinschätzung bestätigt, in der 74 % (E-Lehre) bzw. 79 % (Optik) der Schüler:innen angaben, mit den meisten oder sogar allen Quizfragen zurechtgekommen zu sein. Am Ende jeder Einheit wurden außerdem noch die für die Bearbeitung benötigte Zeit (E-Lehre: $\mu=16:12$ min & Optik: $\mu=15:20$ min) erfragt und das situationale Interesse (adaptiert nach Habig, 2017) erfasst. In einer KmM nimmt dieses in beiden Interventionen mit geringen Effektstärken über die Zeit ab (E-Lehre: $r=-0.33$, $p<.01$ & Optik: $r=-0.18$, $p<.01$).

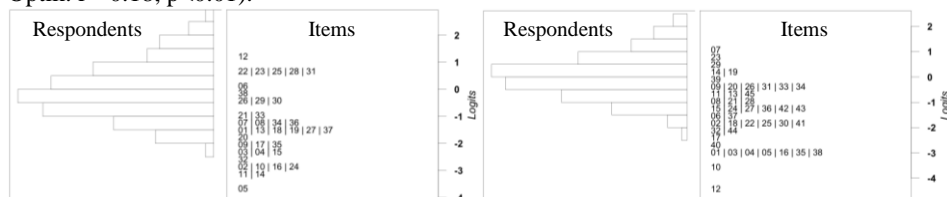


Abb. 2 Wright Map zur Schwierigkeit der Quizfragen (links: E-Lehre, rechts: Optik)

Insgesamt zeigen sich in beiden Interventionen sehr ähnliche Effekte, so dass die Grundvoraussetzung für eine Vergleichsstudie im Cross-Over-Design mit dem Ziel, die Entwicklung experimenteller Kompetenzen und des konzeptionellen Verständnisses zwischen dem Flipped Classroom und dem konventionellen Unterricht zu untersuchen, gegeben scheint.

Literatur

- Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014). Mit „Mysteries“ zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 29(3), 20-21.
- Abeysekera, L. & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1–14.
- Al-Samarraie, H.; Shamsuddin, A. & Alzahrani, A. I. (2019). A flipped classroom model in higher education: a review of the evidence across disciplines. *Educational Technology Research and Development*, 1–35.
- Bergmann, J. & Sams, A. (2012). Flip your classroom. Reach every student in every class every day. Eugene: ISTE/ASCD.
- Bishop, J. L. & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. Atlanta.
- Burde, J.-P. (2018). Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial. Link: www.einfache-elehre.de
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness.
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Washington, DC: National Academies Board on Science Education.
- Duxbury, T.; Gainor, M. & Trifts, J. (2016). Increasing active learning in accounting and finance by flipping the classroom. *Journal of the Academy of Business Education*, 17, 35–51.
- Haagen-Schützenhöfer, C., Fehringer, I., Rottensteiner, J. (2017). Optik für die Sekundarstufe I.
- Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Berlin: Logos.
- Handke, J. (2014). The inverted classroom mastery model-A diary study. In E.-M. Großkurth & J. Handke (Hrsg.), *The inverted classroom model: The 3rd German ICM-conference proceedings*. Oldenburg: De Gruyter.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Estrada, V. & Freeman, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. Deutsche Ausgabe. The New Media Consortium. Austin, Texas.
- Kerres, M. (2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. Oldenbourg, München.
- Lage, M. J.; Platt, G. J. & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43.
- Lento, C. (2015). Promoting active learning in introductory financial accounting through the flipped classroom design. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 8(1), 72–87.
- Lundin, M.; Bergviken-Rensfeldt, A.; Hillman, T.; Lantz-Andersson, A. & Peterson, L. (2018). Higher education dominance and siloed knowledge: a systematic review of flipped classroom research. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15, 1–30.
- Lutz, W., Burde, J.P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2020). Digitale Unterrichtsmaterialien zum Elektronengasmodell. In: *PhyDid B*.
- Lutz, W., Haase, S., Burde, J.P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2021). Ein interaktiver Lehrgang zur geometrischen Optik auf tet.folio. In: *PhyDid B*.
- Lyman, F. (1981). The Responsive Classroom Discussion. In A. S. Anderson (Ed.), *Mainstreaming Digest* (pp. 109-113). College Park, MD: University of Maryland College of Education.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 43–71). New York: Cambridge University Press.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. In: *PdN PHYSIK in der Schule*. Heft 6 Jahrgang 60: S. 42-49.
- Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education. Link: <http://hippasus.com/resources/tte/> (Stand 5/2021).
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13 (2), 141–156. doi:10.1016/S0959-4752(02)00017-8
- Schön, S. & Ebner, M. (2013). Gute Lernvideos ... so gelingen Web-Videos zum Lernen! Online zugänglich unter: <http://bimsev.de/>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Urhahne, D.; Prenzel, M.; von Davier, M.; Senkbeil, M.; Bleschke, M.(2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 6:167–186.
- Zainuddin, Z. & Halili, S. H. (2016). Flipped classroom research and trends from different fields of study. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(3), 313–340.