

Förderung der experimentellen Kompetenz im Flipped Classroom – Eine Erprobung von Unterrichtsmaterialien in der Optik

Einleitung

Die Kompetenzorientierung wird seit der Einführung der Bildungsstandards als Grundgedanke für die Unterrichtsgestaltung herangezogen und ist in Bayern seit der Einführung des LehrplanPlus im Schuljahr 2017/18 aktueller denn je. Im Fachprofil Physik rücken die prozessbezogenen Kompetenzen in den Mittelpunkt und in diesem Kontext vor allem die Frage nach einer kompetenzorientierten Umsetzung von Experimenten, die eigene Erfahrungen erforderlich machen. So ist im LehrplanPlus zu finden, dass die Schülerinnen und Schüler (im Folgenden abgekürzt mit SuS) „zur Förderung der experimentellen Kompetenz [...] regelmäßig selbst Experimente durchführen [sollen]“ (ISB, 2019).

Die zentrale Rolle von Experimenten im Unterricht wird in zahlreichen Studien bestätigt (Kechel, 2016; Tesch, 2005; Jonas-Ahrend, 2004). Dennoch geraten Experimente, insbesondere die von den SuS selbst durchgeführten, unter der Beachtung von Leistungsmerkmalen häufig in die Kritik, zu ineffektiv zu sein (Hopf, 2007; Winkelmann, 2015). Beispielsweise experimentieren SuS oft nach rezeptartigen Anleitungen, ohne zu wissen, was sie tun (Tesch, 2005; Höttecke und Rieß, 2015; Hopf, 2007) und auf welches Ziel sie hinarbeiten (Börlin, 2012). Dem Testen von Hypothesen, so wie der eigenständigen Planung und Auswertung durch die SuS wird kaum Beachtung geschenkt (Tesch und Duit, 2004), obwohl gerade in diesem Bereich Missstände zu verzeichnen sind (Bauer, 2018). Das Experiment funktionsfähig aufzubauen und die notwendigen Messgeräte richtig einzusetzen, stellen weitere Probleme dar, an denen SuS nicht selten scheitern (Börlin, 2012). Häufig gelingt auch die Verknüpfung von Theorie und Experiment, aufgrund eines zu gering ausgeprägten Vorwissens, nicht (Hopf, Schecker und Wiesner, 2011). Vor diesem Hintergrund betonen Singer, Hilton & Schweingruber (2006) die Bedeutung der gezielten Einbettung des Experiments in den Lernprozess der SuS. Wie gelingt nun aber ein nahtloser Übergang von der Theorie zum Experiment? Zur Beantwortung dieser Frage muss zunächst geklärt werden, welche Kompetenzen SuS beim Experimentieren erwerben können.

Nawrath et al. (2011) untergliedern die beim Experimentieren relevanten Fähigkeiten in sieben Teilfacetten mit jeweils drei verschiedenen Ausprägungsstufen: 1) Fragestellung entwickeln 2) Vermutung aufstellen, 3) Experiment planen, 4) Versuch aufbauen, 5) Messen, 6) Daten aufbereiten, 7) Schlüsse ziehen. In Schülerexperimenten mit rezeptartigen Anleitungen werden die Schwerpunkte häufig nur auf den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung von Experimenten gelegt. Eigene Gedanken der SuS zur Entwicklung von Fragestellungen, zum Generieren von Hypothesen und zur Planung des Vorgehens sind in diesem Zusammenhang eher selten zu finden. Mit der Einführung des LehrplanPlus werden aber gerade diese Teilkompetenzen vermehrt gefordert. So heißt es: „Ausgehend von Fragestellungen und Hypothesen planen die Schülerinnen und Schüler Experimente und führen diese anschließend durch“ (ISB, 2019). Im Rahmen einer 45-minütigen Unterrichtseinheit gelingt es nur dann allen Ansprüchen des Schülerexperiments gerecht zu werden, wenn die SuS entweder die Auswertung nach oder die Planung vor dem Unterricht als Hausaufgabe bearbeiten. Die Einflüsse beider Unterrichtskonzepte, die im Folgenden als „klassisch“ und „flipped classroom“ bezeichnet werden, auf die Entwicklung der experimentellen Kompetenz sollen in der geplanten Studie gegenübergestellt werden.

Unterrichtskonzepte

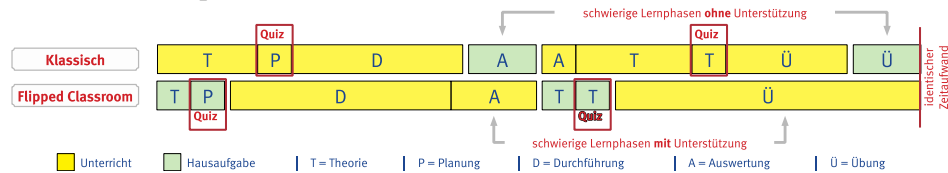


Abb. 1 Unterrichtsverlauf von zwei Unterrichtseinheiten

Die geplante Studie beinhaltet sowohl für den „klassischen“ als auch für den Unterricht im „flipped classroom“ eigens ausgearbeitete Materialien für jede Unterrichtseinheit der Intervention. Im klassisch gekennzeichneten Unterrichtskonzept (Abb. 1) motiviert die Lehrkraft das Thema der Stunde, lehrt theoretische Grundlagen und zeigt erste Phänomene durch Demonstrationsexperimente (T). Das Ende dieser Phase bildet eine offene Frage, die in einem Schülerexperiment geklärt werden soll. Zur Vorbereitung auf das Experiment (P) werden den SuS in einem kurzen Quiz gezielt Fragen zur Materialauswahl, zur Funktionsweise der Messgeräte, zur Variablenkontrolle, usw. gestellt, die die SuS individuell per Clicker beantworten. Auf diese Weise sind die Ergebnisse unmittelbar einsehbar und ermöglichen eine direkte Rückmeldung durch die Lehrkraft. In der verbleibenden Unterrichtszeit bauen die SuS das Experiment auf, führen Messungen durch und protokollieren ihre Ergebnisse (D). Für die Auswertung (A) bleibt nur wenig Zeit übrig, so dass sie hauptsächlich als Hausaufgabe bearbeitet werden muss. In der darauffolgenden Stunde werden nach einer gemeinsamen Diskussion die Ergebnisse zum Schülerexperiment gesichert (A) und die Theorie in einer weiterführenden Inputphase vertieft (T). Als Lernzielkontrolle dient erneut ein Quiz. Für die Bearbeitung von Übungsaufgaben (Ü) bleibt im Unterricht nur wenig Zeit übrig. Eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema muss somit in Form einer Hausaufgabe stattfinden.

Im „flipped classroom“-Konzept wird der Unterricht umstrukturiert (Abb. 1), indem in schülergerecht aufbereiteten Lernvideos und dem bereits beschriebenen Quiz ausgewählte Inhalte zur individuellen Vorbereitung der SuS zeitlich vor den Unterricht gesetzt werden. Auf diese Weise können sich die SuS vor der Durchführung des Experiments in ihrem eigenen Lerntempo mit den physikalischen Grundlagen, Materialien, Geräten und dem experimentellen Vorgehen vertraut machen. Im Unterricht bleibt so mehr Zeit zum Experimentieren, Auswerten und Diskutieren. In der Hausaufgabe werden die Erkenntnisse aus dem Schülerexperiment in einem Lernvideo wiederholt, gesichert und durch eine Theorie erweitert. Als Lernzielkontrolle dient ein Quiz mit einsehbaren Lösungen. Die folgende Unterrichtszeit kann vollständig für Fragen und zur Intensivierung genutzt werden.

Studiendesign

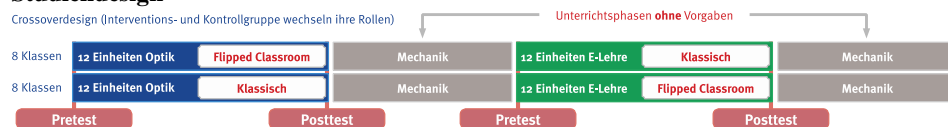


Abb. 2 Studiendesign – Interventionszeit zweimal sechs Wochen (16 Klassen, $N \approx 400$)

Aktuell werden zu den beschriebenen Unterrichtskonzepten entsprechende Materialien für die 8. Jahrgangsstufe am Gymnasium für die Themenbereiche Optik und Elektrizitätslehre dimensioniert. In einem Pre-Post-Design (Abb. 2) soll in jedem Themengebiet die Entwicklung der experimentellen Kompetenz (Mek-LSA – Theyßen et al., 2016) im „flipped classroom“ der im „klassischen“ Unterricht gegenübergestellt werden. Die kognitive Leistungsfähigkeit (Heller und Perleth, 2000), das Vorwissen (Winkelmann, 2014; Muth, 2018, Urban-Woldron und Hopf, 2012), affektive Schülermerkmale, wie Interesse, Motivation und Selbstkonzept (Finkenberg, 2018; Winkelmann, 2014) bilden wichtige Variablen zur

Erklärung auftretender Varianzen (Gut-Glanzmann und Mayer, 2018) und werden deshalb miterfasst. Die Zuweisungen zu den beiden Unterrichtsmethoden (klassisch, flipped) erfolgt unter den beteiligten 16 Klassen zu gleichen Teilen und wechselt mit dem Beginn des neuen Themas. Jede Klasse übernimmt somit sowohl die Rolle der Interventions- als auch der Kontrollgruppe, um den Einfluss der Lehrervariable möglichst klein zu halten.

Pilotstudie zur Optik

Im Schuljahr 2018/19 wurden im Rahmen einer schulinternen Evaluation über einen Zeitraum von zwei Schulwochen hinweg zwei Klassen im „flipped classroom“ (n=52) und eine Klasse „klassisch“ (n=17) unterrichtet. Thematisch wurden in den vier Unterrichtseinheiten die Reflexion und die Brechung mit jeweils einem Schülerexperiment (SExp) und einer Übungsstunde (ÜStd.) behandelt. Im Fokus der Untersuchung standen zunächst die Verständlichkeit und das Nutzungsverhalten der selbst produzierten und im „flipped classroom“ eingesetzten Lernvideos (Abb. 3 und 4).

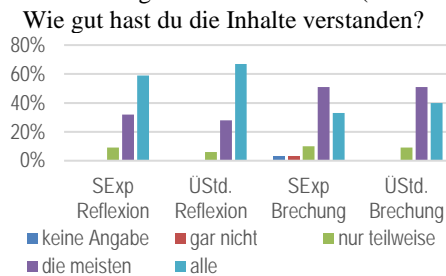


Abb. 3 Verständlichkeit der Lernvideos

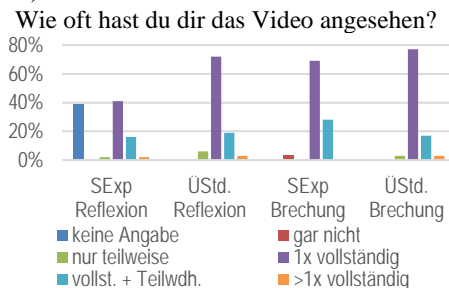


Abb. 4 Nutzungsverhalten der Lernvideos

Es zeigt sich eine durchgehend gute bis sehr gute Verständlichkeit der Lernvideos (Abb. 3), wobei die höhere Komplexität der Brechung im Vergleich zur Reflexion ersichtlich ist. Die Videos wurden meistens einmal vollständig gesehen (Abb. 4). Mit den beteiligten Lehrkräften wurde diskutiert, wie sich die Inhalte bei der Brechung didaktisch weiter reduzieren lassen und mehr Interaktivität beim Sehen der Videos erreicht werden kann.

Die SuS im „klassischen“ Unterricht zeigen im Vorwissen hoch signifikant schlechtere Leistungen ($t=-4.33$, $df=33.60$, $p < 0.001$) gegenüber der „flipped classroom“ Gruppe (Abb. 5). Im Posttest können zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede mehr festgestellt werden ($t=-1.14$, $df=28.71$, $p > 0.1$). Unabhängig von der eingesetzten Methode ist der Lernzuwachs in beiden Gruppen hoch signifikant („klassisch“: $t=-9.11$, $df=16$, $p < 0.001$; „flipped classroom“: $t=-6.98$, $df=50$, $p < 0.001$), was die Güte der entwickelten Materialien weiter bestätigt. Unterschiede ergeben sich beim Blick auf das von den SuS geleistete Arbeitspensum. Die SuS der „klassischen“ Gruppe mussten deutlich mehr Zeit für ihre Hausaufgaben investieren (Abb. 6) und bekamen von der Lehrkraft sogar eine weitere Stunde zur Verfügung gestellt, um mit den Übungsaufgaben fertig zu werden. Der „flipped classroom“ scheint demnach deutlich effektiver zu sein. Aufgrund der geringen Stichprobengröße und des kurzen Interventionszeitraums müssen die bisherigen Ergebnisse als Tendenzen gesehen werden, deren Überprüfung in der Hauptstudie erfolgt.

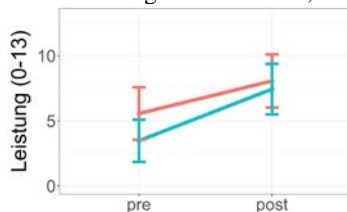


Abb. 5 Leistungsentwicklung

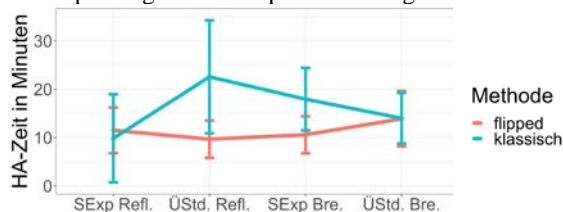


Abb. 6 Hausaufgabenzeit

Literatur

- Baur, A. (2018): Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren - Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. In: ZfDN (2018) 24: S. 115–129
- Börlin, J. (2012): Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 132).
- Finkenberg, F. (2018): Flipped Classroom im Physikunterricht. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 260).
- Finkenberg, F. & Trefzger, T. ZfDN (2019): Umgedrehter Unterricht – Flipped Classroom als Methode im Physikunterricht.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Hopf, M. (2007): Problemorientierte Schülerexperimente. Zugl.: München, Univ., Diss., 2007. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 68).
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015): Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. In: ZfDN 21 (1), S. 127–139.
- Gut-Glanzmann C. & Mayer J. (2018) Experimentelle Kompetenz. In: Krüger D., Parchmann I., Schecker H. (eds) Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer, Berlin, Heidelberg
- ISB (2019): Fachprofil Physik, URL: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/physik> [19.03.2019]
- Jonas-Ahrend, G. (2004): Physiklehrvorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2003. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, Bd. 34).
- Kechel, J.H. (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Muth, L. (2018): Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Singer, S. R., Hilton, M. L., & Schweingruber, H. A. (2006). America's Lab Report. Investigations in High School Science. Washington, DC: The National Academies.
- Tesch, M. und Duit, R. (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: ZfDN; Jg. 10, 2004, S. 51-69
- Tesch, M. (2005): Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 42).
- Urban-Woldron, H.; Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B., Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz – ein computergestützter Experimentiertest. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 15(1), 26-48.
- Winkelmann, J. (2014): Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. Dissertation