

Phillip Gerald Schoßbau<sup>1</sup>  
Uta Magdans<sup>1</sup>  
Rebecca Lazarides<sup>2</sup>  
Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl Didaktik der Physik (Universität Potsdam)  
<sup>2</sup>Professur für Schulpädagogik (Universität Potsdam)

## **Fortbildungsformate für Lehrkräfte zu Messunsicherheiten im Vergleich**

Mit Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 wurden die Bildungsstandards für die Oberstufe im Fach Physik veröffentlicht. In den Bildungsstandards und damit in den kommenden Abiturprüfungen wurden Messunsicherheiten (ehemals Messfehler) als explizite Inhalt aufgenommen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Republik Deutschland, 2020). Messunsicherheiten wurden im Schulalltag bisher wenig beachtet. Dies war u.a. der geringen Beachtung in den aktuellen Rahmenlehrplänen der Bundesländer (Messunsicherheit in den Kernlehrplänen, 2021) sowie der uneinheitlichen Literatur auf (Hoch-)Schulebene geschuldet (Heinicke 2012). Vor diesem Hintergrund ist es von Bedeutung, Lehrkräfte aktuell auf die kommenden Aufgaben vorzubereiten – dafür bedarf es Fortbildungen, welche den aktuellen Forschungsstand zu Messunsicherheiten auf nationaler Ebene vermitteln. Eine Möglichkeit der Umsetzung ist das Angebot von Online-Fortbildungen, damit auch in großflächigen Bundesländern wie Brandenburg möglichst viele Lehrkräfte an der Fortbildungsmaßnahme teilnehmen können.

Das Ziel einer guten Fortbildung ist die Übertragung erlernter Inhalte und Kompetenzen in die Schule bzw. den Unterricht. Viele Fortbildungen haben sich mittlerweile in die digitale Welt verlagert. Neben dem oft eingesetzten synchronen Onlineformat haben sich auch rein asynchrone oder aus synchronen und asynchronen Phasen zusammengesetzte, hybride Formen wie das Format des „Flipped Classroom“ etabliert. Selbstlern- und Kontaktzeiten zu Dozierenden und anderen Lernenden variieren dabei stark. Während bei Untersuchungen eine ähnliche Wirksamkeit analoger und virtueller Fortbildungen gezeigt werden konnte (Fishman et al., 2013), bleibt ein direkter Vergleich von Online-Fortbildungsformaten für Lehrkräfte bislang aus. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Erreichung des Ziels vom Fortbildungsformat abhängt.

Um die Wirksamkeit von Fortbildungen zu untersuchen, wird häufig in der Literatur das Vier-Ebenen-Modell von Kirkpatrick et al. zitiert (Kirkpatrick und Kirkpatrick, 2006). Dabei bedingt die darunter befindliche Ebene die darüberliegende. Die erste Ebene beschreibt die Akzeptanz der Fortbildung durch die Lehrkräfte und ihre Zufriedenheit mit dieser. Wird die Fortbildung als erfolgreich empfunden, so ist die Voraussetzung für die Möglichkeit der Förderung der zweiten Ebene erfüllt: Die Erweiterung der Professionskompetenzen (Wissen, Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation, Überzeugungen, etc.). Die dritte Ebene beschreibt den anschließenden Transfer in die Schule, wo das in der Fortbildung Gelernte Anwendung findet. Auf der vierten Ebene befindet sich das eigentliche Ziel einer Fortbildung: Die Kompetenzerweiterung der Schüler\*innen durch die fortgebildeten Lehrkräfte.

Aus dem Modell ist ersichtlich, dass für die Fortbildner\*innen es nur möglich ist, auf Ebene 1 und 2 direkten Einfluss auf den Fortbildungserfolg zu nehmen, weil dort der einzige Kontaktzeitpunkt mit den Lehrkräften stattfindet. Aus verschiedenen Forschungsergebnissen

ist ersichtlich, dass es in der Regel nicht ausreicht, ausschließlich Ebene eins des Modells zu bedienen, damit Lehrkräfte Fortbildungsinhalte später in die Schule übertragen (Alliger et al., 1997). Die Fortbildner\*innen müssen die Professionskompetenzen der Lehrkräfte wie Wissen, Selbstwirksamkeitserwartung und Motivation nachhaltig fördern. Für den Vergleich der Fortbildungsformate bietet es sich daher an, diese Merkmale näher zu beleuchten.

Zur Förderung der Wissensvermittlung ist im deutschsprachigen Raum der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken das Oser-Basis-Modell etabliert, wo je nach Lehrzieltyp eines von 12 Modulen ausgewählt wird, um Lernenden einen optimalen Lernprozess zu ermöglichen (Oser und Baeriswyl, 2001). Dabei werden die Fortbildungsformate so erstellt, dass die gleichen Lehrziele mit demselben Basismodell erreicht werden sollen. Der Vorteil dabei ist, dass trotz unterschiedlicher Formate (synchron/asynchron/hybrid) – und damit einhergehend unterschiedlicher Elemente auf Sichtstrukturebene – die gleichen Inhalte bzw. Kompetenzen vermittelt werden. Demnach ist zu erwarten, dass der Kompetenzzuwachs der Lehrkräfte in allen Formaten gleich groß ist.

Motivationsförderung ist ein weiteres Merkmal guter Lehrkräftefortbildungen. Unter Motivation wird die Tendenz und Ausrichtung von Menschen auf spezifische Aktivitäten verstanden, die dazu beitragen, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes Verhalten initiiert, beibehalten oder beendet wird (Rheinberg 2004). Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan beschreibt, dass menschliches Handeln durch drei zentrale Grundbedürfnisse initiiert und aufrechterhalten wird – dazu zählen das Bedürfnis nach Autonomieerleben, nach Kompetenzerleben und nach dem Erleben sozialer Zugehörigkeit (Deci und Ryan, 1993). Mit Hinblick auf die Fortbildungsformate kann davon ausgegangen werden, dass das Erleben von Autonomie unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Im rein asynchronen Format können Lehrkräfte selbst entscheiden, wann sie das Fortbildungsangebot in Form von Lernmaterialien wie Videos und Aufgaben wahrnehmen wollen und erfahren dadurch einen hohen Grad an Selbstbestimmung. Im rein synchronen Format hingegen ist streng vorgegeben, wann die Fortbildungsteilnehmer\*innen welche Inhalte besprechen, wodurch der Grad an Selbstbestimmung dort geringer ausfallen wird. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Motivationsförderung im asynchronen Format am stärksten und im synchronen Format am schwächsten ausgeprägt ist.

Die Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung (kurz: SWE) ist ein drittes Prinzip guter Lehrkräftefortbildungen. Nach der sozial-kognitiven Theorie von Bandura wird unter SWE das Vertrauen in die eigene Handlung bzw. die Bereitschaft, Handlungen auch in schwierigen Situationen umzusetzen, verstanden (Bandura, 1976). Vier Quellen der Förderung von SWE werden dabei benannt - Lernen durch Eigenerfahrungen, Lernen am Modell, Feedback und Coaching, sowie emotionale Aufgeregtheit. Für den Vergleich von Onlinefortbildungsformaten sind die zweite und dritte Quelle von Interesse, da diese von Format zu Format besonders stark variieren können. Das wohl wichtigste Merkmal synchroner Fortbildung ist der zeitlich direkte kommunikative Austausch der Fortbildungsteilnehmenden. Diese Art der Kommunikation ermöglicht eine große kollegiale Kooperation, wodurch sowohl das Feedbackgeben als auch der Austausch von Eigenerfahrungen, welches dem Modelllernen entspricht, am stärksten gefördert werden kann. Hingegen ist im asynchronen Format die kollegiale Kooperation gehemmt, da der zeitliche Verzug und die indirekte Art des Kommunikationsaustauschs diese Quellen der SWE-Förderung einschränken.

Für das hier vorgestellte Forschungsvorhaben ergibt sich basierend auf diesen theoretischen Vorannahmen folgende Fragestellung: Worin unterscheiden sich Onlinefortbildungsformate (unabhängige Variable) in Bezug auf Kompetenzzuwachs, Selbstwirksamkeitserwartung, Interesse und Transfer (abhängige Variablen)? Die dazugehörigen Hypothesen, aus obiger Theorie abgeleitet, lauten wie folgt:

- I. Der Kompetenzzuwachs ist bei allen Formaten gleich groß.
- II. Die Motivation wird im asynchronen Format am stärksten gefördert.
- III. Die Selbstwirksamkeitserwartung wird im synchronen Format am stärksten gefördert.
- IV. Die Transferleistung ist beim hybriden Modell am größten.

Die Hypothesen fokussieren dabei den Übergang von Ebene 2 zu 3 des Modells von Kirkpatrick. Hypothese IV ergibt sich dabei aus der Folgerung, dass im hybriden Modell sowohl Selbstwirksamkeit als auch Motivation gefördert wird, wodurch die Lehrkräfte eher gewillt sind, das Gelernte in den Unterricht zu übertragen,

Für die Umsetzung des Forschungsvorhabens wird ein Pre-Post-Follow up-Design realisiert. Die Intervention ist dabei die Fortbildung in dem jeweiligen Online-Format. Inhaltlich geht es in der Fortbildung um das Erwerben von Fachkompetenzen im Bereich Messunsicherheiten sowie die Übertragung der Inhalte in den Unterricht. Dafür werden drei Fortbildungstage mit jeweils vier Zeitstunden pro Tag in Anspruch genommen. Konkret geht es im ersten Tag um die Vermittlung fachdidaktischer Grundlagen. Der Fachinhalt orientiert sich an dem Sachstrukturmodell von Hellwig, dessen Inhalte sich an den Standards der GUM<sup>1</sup> und VIM<sup>2</sup> orientieren (Hellwig 2013). Der zweite Fortbildungstag fokussiert die Übertragung der Inhalte in die Schule. Dafür werden den Lehrkräften mehrere Möglichkeiten des Transfers gezeigt, unter anderem eine digitale Lernumgebung (Kardas und Ludwig, 2020) und ein sogenannter Werkzeugkasten (Hellwig und Heinicke 2020). Am dritten Fortbildungstag wird Regression als spezielles Thema des Sachstrukturmodells behandelt, welches bereits Wissen aus dem ersten Fortbildungstag voraussetzt. Neben den drei inhaltlichen Tagen gibt es noch einen vierten Fortbildungstag, welcher den Abschluss der Veranstaltung darstellt und für einen gemeinsamen Erfahrungsaustausch steht. Die Fortbildungstage erstrecken sich insgesamt auf acht Wochen, wodurch den Lehrkräften die Gelegenheit gegeben werden soll, Erprobungsphasen im eigenen Unterricht durchzuführen und im Anschluss in der Fortbildung zu reflektieren.

Die Untersuchung der abhängigen Variablen erfolgt via Online-Fragebögen. Für den Wissenszuwachs wird ein Fachwissenstest in Form eines Multiple-Choice-Tests zu Messunsicherheiten nach Schulz verwendet (Schulz 2017). Für die SWE werden auf Instrumente mit fünfstufiger Likert-Skalen nach Meinhardt zurückgegriffen (Meinhardt et al. 2016). Der Pre- und Post-Test ist jeweils vor dem ersten und nach dem dritten Fortbildungstag angesetzt, der Follow up findet zwei Monate nach der Fortbildung statt.

#### **Literatur**

- Alliger, George M.; Tannenbaum, Scott I.; Bennett Jr, Winston; Traver, Holly; Shotland, Allison (1997): A meta-analysis of the relations among training criteria. In: *Personnel psychology* 50 (2), S. 341–358.
- Bandura, Albert (1976): Lernen am Modell. Online verfügbar unter <http://sfbs.tu-dortmund.de/handle/sfbs/48>.

---

<sup>1</sup> Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement

<sup>2</sup> International Vocabulary of Metrology

- Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. DOI: 10.25656/01:11173.
- Fishman, Barry; Konstantopoulos, Spyros; Kubitskey, Beth W.; Vath, Richard; Park, Gina; Johnson, Heather; Edelson, Daniel C. (2013): Comparing the Impact of Online and Face-to-Face Professional Development in the Context of Curriculum Implementation. In: *Journal of Teacher Education* 64 (5), S. 426–438. DOI: 10.1177/0022487113494413.
- Heinicke, Susanne (2012): Aus Fehlern Wird Man Klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des Messfehlers. Berlin: Logos Verlag Berlin. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5223985>.
- Hellwig, Julia (2013): Messunsicherheiten verstehen : Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Fakultät für Physik und Astronomie. Online verfügbar unter <https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/1700>, zuletzt geprüft am 02.11.2021.
- Hellwig, Julia; Heinicke, Susanne (2020): Unterrichtsansätze und Werkzeuge für die Sekundarstufe I zur Auseinandersetzung mit Mess“fehlern“. In: *Unterricht Physik* (177|178).
- Kardas, Engin; Ludwig, Tobias (2020): Entwicklung von digitalen Lernumgebungen zum Umgang mit Daten und Messunsicherheiten. GDCP Jahrestagung 2020. GDCP e.V. Aachen (digital), September 2020.
- Kirkpatrick, Donald; Kirkpatrick, James (2006): Evaluating training programs: The four levels: Berrett-Koehler Publishers.
- Meinhardt, Claudia; Rabe, Thorid; Krey, Olaf (2016): Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skalendokumentation. Version 1.0 (Februar 2016): null.
- Messunsicherheit in den Kernlehrplänen (2021). Online verfügbar unter <https://physikkommunizieren.de/messunsicherheit/kernlehrplaene/#Ausgleichsgerade>, zuletzt aktualisiert am 02.11.2021, zuletzt geprüft am 02.11.2021.
- Oser, Fritz K.; Baeriswyl, Franz J. (2001): Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In: *Handbook of research on teaching* 4, S. 1031–1065.
- Rheinberg, Falko (2004): Motivationsdiagnostik: Hogrefe Verlag (5).
- Schulz, Johannes (2017): Messung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten. Ergebnisse einer Präpilotierung. GDCP Jahrestagung 2017. GDCP e.V. Regensburg, 2017.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Republik Deutschland (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020, vom 18.06.2020. Online verfügbar unter [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUK EwjCjdf8nfnzAhXkR\\_EDHYPuDsQQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kmk.org%2Ffileadmin%2FDateien%2Fveroeffentlichungen\\_beschluesse%2F2020%2F2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Physik.pdf&usg=AOvVaw2U\\_nfaV5GNBpfSLZyPGe6G](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCjdf8nfnzAhXkR_EDHYPuDsQQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kmk.org%2Ffileadmin%2FDateien%2Fveroeffentlichungen_beschluesse%2F2020%2F2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf&usg=AOvVaw2U_nfaV5GNBpfSLZyPGe6G), zuletzt geprüft am 02.11.2021.