

Heidrun Heinke¹
Ahmad Asali¹
Jens Noritzsch¹
Jirka Müller²
Lukas Mientus²
Andreas Borowski²

¹ RWTH Aachen University,
² Universität Potsdam

D4MINT: Digitale Ressourcen zur Schulung experimenteller Kompetenzen

Zusammenfassung

Eines der kürzlich gegründeten Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung ist das Zentrum D4MINT als Zusammenschluss von Akteur:innen aus verschiedenen Fächern und vier lehrerausbildenden Hochschulen. Hier arbeiten u.a. physikdidaktische Arbeitsgruppen aus der RWTH Aachen und der Universität Potsdam an der Entwicklung, Evaluation und Verbreitung von Lehrkräfte-Fortbildungen (LFB) zur digital gestützten Förderung experimenteller Kompetenzen und zu Smartphone-Experimenten. Ein weiteres explizites Ziel ist die Formierung einer *community of practice* für Entwicklungen von experimenteller Hardware und zu Physikexperimenten. Im Sinne eines Design-Based Research-Ansatzes sollen dabei auch Erkenntnisse gewonnen werden, wie eine (intensive) Kollaboration von Lehrkräften initiiert und möglichst dauerhaft etabliert werden kann. Hierzu werden unter Nutzung umfangreicher Vorarbeiten z.B. zu der an der RWTH Aachen entwickelten App phyphox Konzepte und Materialien für LFB erarbeitet, bei denen die Vermittlung experimenteller Kompetenzen im Fokus steht. Dabei kommen auch digital gestützte Vermittlungsmethoden zum Einsatz.

Grundideen des Verbundvorhabens D4MINT

Im Verbundvorhaben D4MINT haben sich Akteur:innen aus der RWTH Aachen, der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg und der Universität Potsdam zusammengeschlossen. Sie verfolgen das gemeinsame Ziel, Module und Fortbildungsformate für die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften zur Digitalisierung im MINT-Unterricht unter Nutzung des Prinzips des „didaktischen Doppeldeckers“ zu entwickeln, einzusetzen und zu evaluieren. Das Vorhaben deckt mit einem breiten Fächerspektrum von der Mathematik über die Informatik, Biologie, Chemie, Physik, der Sachkunde, dem Maschinenbau und der Bautechnik Teilgebiete aus dem gesamten MINT-Bereich ab. Dabei werden Lehrkräfte aus Grundschulen, weiterführenden allgemeinbildenden und beruflichen Schulen und damit aus einem breiten Spektrum von Schulformen adressiert.

Das Gesamtvorhaben nutzt den Ansatz des Design-Based-Research (DBR) (vgl. Cobb, 2003; Reinmann, 2005; Lehmann-Wermser & Konrad, 2016). Hierfür wurde ein DBR-Modell an die Rahmenbedingungen des Verbundvorhabens angepasst. Das Ergebnis ist in Abb. 1 gezeigt. Dieses Modell konkretisiert die Ziele der Entwicklungen (E1 bis E3 in Abb. 1) und der Forschungsarbeiten (F1 und F2).

Aufbauend auf dem dargestellten DBR-Modell wurden zwei Gruppen von Teilprojekten konzipiert. Teilprojekte in einer dieser Gruppen fokussieren vorrangig auf die Entwicklung von neuartigen Modulinhalt zu Themen der Informatik, Bildung für nachhaltige Entwicklung, und der beruflichen Bildung. In einer zweiten Säule von Teilprojekten stehen dagegen innovative Formate im Mittelpunkt der angepeilten Ziele der Arbeit, die u.a. fachliche Inhalte aus der Chemie, Physik und zu fächerübergreifenden Kompetenzen zu *open educational resources*

(OER) betreffen. Alle Teilprojekte sollen ein gemeinsames Evaluationsinstrument für LFB nutzen, das im Rahmen des Projektes zudem weiterentwickelt werden soll.

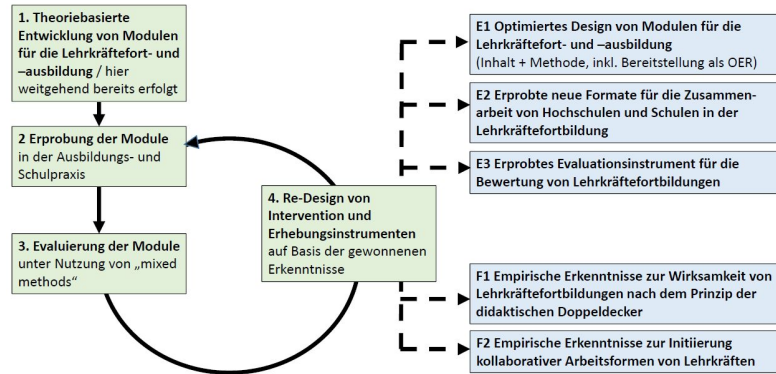


Abbildung 1: Für das Projekt angepasstes Design-Based-Research-Modell, Eigene Darstellung nach (Lehmann-Wermser & Konrad, 2016).

Geplante Arbeiten im Teilvorhaben zur Förderung experimenteller Kompetenzen

Aus physikdidaktischer Perspektive ist ein gemeinsames Teilprojekt der RWTH Aachen und der Universität Potsdam von besonderer Relevanz. Dieses ist in der Gruppe derjenigen Teilprojekte verortet, die stärker auf innovative Formate orientieren. Bezüglich der adressierten Ziele stehen in dem Teilprojekt einerseits optimierte Module für die Lehrkräfteaus- und -fortbildung im Mittelpunkt, die Smartphone-Experimente behandeln (Ziel E1). Zudem sollen in dem Teilprojekt empirische Erkenntnisse zur Initiierung kollaborativer Arbeitsformen von Lehrkräften gewonnen werden (Ziel F2).

Die Arbeiten bauen dabei auf der erfolgreichen App phyphox auf, die an der RWTH Aachen entwickelt wurde und vielfältige Smartphone-gestützte Experimente in allen naturwissenschaftlichen Fächern ermöglicht (Staacks et al., 2018; Staacks et al., 2018a). Zwei Besonderheiten der App sind dabei für das hier vorgestellte Teilprojekt besonders relevant:

- Alle Nutzer:innen von phyphox können sowohl vorbereitete experimentelle Settings verwenden und einfach ausführen als auch diese Experimentkonfigurationen modifizieren oder komplett neu erstellen und damit bedarfsgerecht anpassen (Staacks et al., 2018). Diese sind hierfür in phyphox als editierbare XML-Dateien implementiert. Diese Dateien legen die Datenquellen wie die auszulesenden Sensoren fest, definieren ggf. eine Auswertung der Daten als Folge mathematischer Operationen und geben an, wie die Ergebnisse darzustellen und zu exportieren sind. Die erstellten Konfigurationen können einfach mittels QR-Code verteilt werden (Staacks et al., 2023).
- Zum anderen können in diesen Experimentkonfigurationen neben den geräteinternen Sensoren auch Bluetooth-Geräte als Datenquellen benannt werden. Über Bluetooth Low Energy (BLE) können auf diese Weise unkompliziert praktisch beliebige zusätzliche Sensoren in der unmittelbaren Umgebung des Smartphones eingebunden werden, was sehr große experimentelle Freiheiten eröffnet (Dorsel et al., 2018; Dorsel, 2023).

Als Konsequenz überdecken die Kompetenzen beim Umgang mit Smartphone-gestützten Experimenten unter Nutzung der App phyphox einen weiten Bereich, der in Abb. 2 in Form einer Matrix aus Kompetenzleveln und -stufen aufgespannt wird. Die Kompetenzlevel definieren dabei die Art der Experimente, auf die die Nutzer:innen zugreifen. Hingegen wird auf den drei

Kompetenzstufen unterschieden, ob die Nutzer:innen vorhandene Materialien nutzen, Materialien nach Anleitung selbst erstellen oder Materialien eigenständig entwickeln.

	← Größe der Zielgruppe			
	Level A: Einfache vorgegebene phyphox-Experimente mit geräteinternen Sensoren	Level B: Erste eigene phyphox- Experimente mit geräteinternen Sensoren	Level C: Vorgegebene phyphox- Experimente mit externen Sensoren	Level D: Eigene phyphox- Experimente mit externen Sensoren
Stufe 1: vorhandene Materialien nutzen	X		X	
Stufe 2: Materialien nach Anleitung selbst erstellen	X	X	X	
Stufe 3: Materialien selbst entwickeln		X	X	X

Initiierung und Etablierung von Lehrkräfte-Kollaborationen zur gemeinsamen Materialentwicklung und -nutzung

Abbildung 2: Darstellung von Kompetenzleveln und –stufen im Umgang mit Smartphone-Experimenten mit der App phyphox mit der Option zur eigenen Gestaltung der Experimente und von unterstützenden Materialien. Die markierten Felder können sinnvoll gefüllt werden (siehe Text).

Die Abb. 2 zeigt über die markierten Zellen, welche Elemente der Matrix sich sinnvoll füllen lassen. Konkret werden für diese Zellen im Rahmen des D4MINT-Teilprojekts LFB-Module entwickelt, eingesetzt und evaluiert. Die Angebote sollen dabei sowohl Präsenzveranstaltungen als auch online zugängliche Module umfassen. Auf der Kompetenzstufe 3 erscheint es dabei nicht nur sinnvoll, LFB zu gestalten, sondern den interessierten Personen auch explizite Angebote zur Vernetzung zu unterbreiten und/oder hierfür geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen. Ziel ist es, Kollaborationen von Lehrkräften zur Erstellung eigener Experimente oder geeigneter Zusatzmaterialien z.B. unter Nutzung von 3D-Druckern oder Lasercuttern zu ermöglichen und so zu fördern, dass diese auch langfristig wirksam werden können. Zusätzlich soll auch die Distribution praxistauglicher Produkte dieser Entwicklungen effektiv unterstützt und auf diesem Weg auch das Engagement der Lehrkräfte honoriert werden. Welche Wege für eine Initiierung und Etablierung von Lehrkräfte-kollaborationen zur Entwicklung von Experimenten und Zubehör besonders zielführend sein können, wird im Rahmen der D4MINT-Aktivitäten untersucht (Ziel F2 in Abb. 1). Zudem wird überprüft, welche Zuschreibungen zu unterschiedlichen Leveln des *Stages-of-Concern*-Modells (Hord et al., 2006) von Personen, die in Lehrkräftefortbildungen zu verschiedenen Zellen aktiv sind, gerechtfertigt sind.

Es ist zu erwarten, dass die Zahl der Interessenten, die im Rahmen von Fortbildungen Kompetenzen auf den verschiedenen Kompetenzleveln erwerben möchten, vom Level A bis D merklich sinken wird (siehe Abb. 2). Dies ist dadurch begründet, dass es naturgemäß sehr viel weniger aufwändig ist, einfache vorgegebene Experimente mit geräteinternen Sensoren durchzuführen (und entsprechende Fähigkeiten dazu zu erlernen), als eigene Experimente mit externen Sensoren zu entwickeln. Dies muss nicht zwingend auf verschiedene Interessenlagen zurückzuführen sein, sondern kann auch der typischerweise hohen zeitlichen Belastung von Lehrkräften geschuldet sein (vgl. z.B. Mußmann, 2020). Dass Experimente vom Level A bereits vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Schulunterricht aufweisen, rechtfertigt die Bemühungen zur Erstellung breit nutzbarer Materialien für LFB. Technische Entwicklungen wie ein aktuell entstehender blockly-basierter Editor für phyphox-Experimentkonfigurationen

oder eine Arduino-Library für phyphox-Experimente mit externen Sensoren (Staaacks et al., 2023) helfen, die Übergänge zu den höheren Kompetenzleveln niederschwellig zu gestalten.

Literatur

- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A. A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32 (1), 9–13. <https://doi.org/10.3102/0013189x032001009>
- Dorsel, D., Staaacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Smartphone-Experimente mit externen Sensoren. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/883>
- Dorsel, D. (2023). Entwicklung der Nutzbarkeit externer Sensoren bei Smartphone-Experimenten und deren Einsatz in naturwissenschaftlichen Experimenten, Dissertation, RWTH Aachen University, <https://publications.rwth-aachen.de/record/964136>
- Hord, S. M., Stiegelbauer, S. M., Hall, G. E., & George, A. A. (2006). *Measuring implementation in schools: Innovation configurations*. Austin, TX: SEDL. Available from <http://www.sedl.org/pubs/catalog/items/cbam19.html>
- Lehmann-Wermser, A. & Konrad, U. (2016). Design-Based Research als eine der Praxis verpflichtete, theoretisch fundierte Methode der Unterrichtsforschung und -entwicklung. Methodologische Grundlagen, dargestellt am Beispiel eines Forschungsprojektes im Bandklassen-Unterricht. In J. Knigge & A. Niessen (Hrsg.), *Musikpädagogik und Erziehungswissenschaft* (S. 265–280). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15312>
- Mußmann, F., Hardwig, T., Riethmüller, M., Klötzer, S. & Peters, S. T. M. (2020). Arbeitszeit und Arbeitsbelastung von Lehrkräften an Frankfurter Schulen 2020. Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerks. der Georg-August-Universität Göttingen. <https://doi.org/10.3249/ugoe-publ-7>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 3 (1), 52–69. <https://doi.org/10.25656/01:5787>
- Staaacks, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018) Smarte Experimente in *Physik Journal*, 22 (9), 35-38
- Staaacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018a) Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, in *Physics Education*, 53 (4), 045009, <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Staaacks, S., Dorsel, D., Heinke, H., Stampfer, C. (2023) Das Labor im Miniformat in *Physik Journal*, 17 (11), 75-78