

Fabian Bernstein^{1,2}
Sascha Schmeling²
Thomas Wilhelm¹

¹ Goethe-Universität Frankfurt am Main
² CERN, Genf

3D-gedruckte LowCost-HighTech-Experimente im Usability-Framework

Der Research-Practice-Gap in der Physikdidaktik

Die Schwierigkeiten der Implementierung und Verankerung physikdidaktischer Innovation in der Schulpraxis sind in den vergangenen Dekaden verschiedentlich beschrieben worden (z. B. in Maurer, 2017) und firmieren zumeist unter dem Schlagwort des „Research-Practice-Gap“ (Reinmann, 2005; Burde & Wilhelm, 2018).

Um diese Lücke zwischen physikdidaktischer Forschung einerseits und schulpraktischer Implementation andererseits zu verringern, wurde von einigen Akteuren (Reinmann, 2005; Wilhelm & Hopf, 2014) eine Design-Based-Research-Strategie vorgeschlagen und verfolgt, bei der in Zyklen von Design, Evaluation und Re-Design von Materialien und Konzepten in enger Zusammenarbeit mit Lehrkräften und anderen schulischen Akteuren eine höhere ökologische Validität von Forschungsergebnissen erreicht und eine Übertragung in die schulische Praxis erleichtert werden soll.

Allerdings geht dieser Ansatz mit eigenen Herausforderungen einher: Wie Judith Breuer in ihrer Monographie zur „Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen“ für den Münchener Lehrgang zur Quantenmechanik exemplarisch gezeigt hat, führt die Verfügbarmachung von Unterrichtsmaterialien allein nicht *automatisch* zu einer Übernahme nachweislich vorteilhafter Herangehensweisen in die schulische Praxis (Breuer, 2021). Gefragt sind daher Prozesse und Methoden die über die – sicherlich wünschenswerte – Ausarbeitung von direkt einsetzbarem Unterrichtsmaterial hinaus eine Verankerung didaktischer Innovationen im Physikunterricht fördern.

Das Human-Centered Design-Framework

Eine Möglichkeit, sich dem Problem zu nähern, besteht darin, Best Practices aus anderen Bereichen zu sichten. Ein vielversprechendes Framework stellt dabei das Human-Centered Design-Framework dar, das im industriellen Kontext verbreitet und erprobt ist. Ein Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass er eine breite Palette an Begriffen, Verfahren und Methoden zur Verfügung stellt, die weitgehend ausgearbeitet und in ISO Normen kodifiziert sind (9241-210 Human-centered design for interactive systems, ISO 9241-11 Usability: Definitions and concepts und ISO 9241-110 Dialogue principles).

Wenngleich die Zielstellungen in Wissenschaft und Industrie, die sich aus den verschiedenen Kontexten und damit verbunden aus verschiedenen Motivationen ableiten, nicht deckungsgleich sind, lässt sich doch eine große Schnittmenge in den Herausforderungen identifizieren – um letztlich Verhaltensänderungen zu bewirken –, die es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass sich die im industriell-kommerziellen Kontext verfügbaren Verfahren für die Dissemination physikdidaktischer Innovation produktiv machen lassen.

Ein Beispiel für den Einsatz von Human-Centered Design in der physikdidaktischen Forschung ist die Entwicklung von Experimentiermaterialien zur modernen Physik am Schülerlabor S’CoolLAB des CERN. Ziel des Projektes ist, LowCost-HighTech-Experimentiermaterialien zu entwickeln, die für den schulischen Einsatz aus Sicht der Lehrkräfte geeignet sind und die Wahrscheinlichkeit ihres Einsatzes im Unterricht zu maximieren.

Vorgehensweise im Human-Centered Design Approach

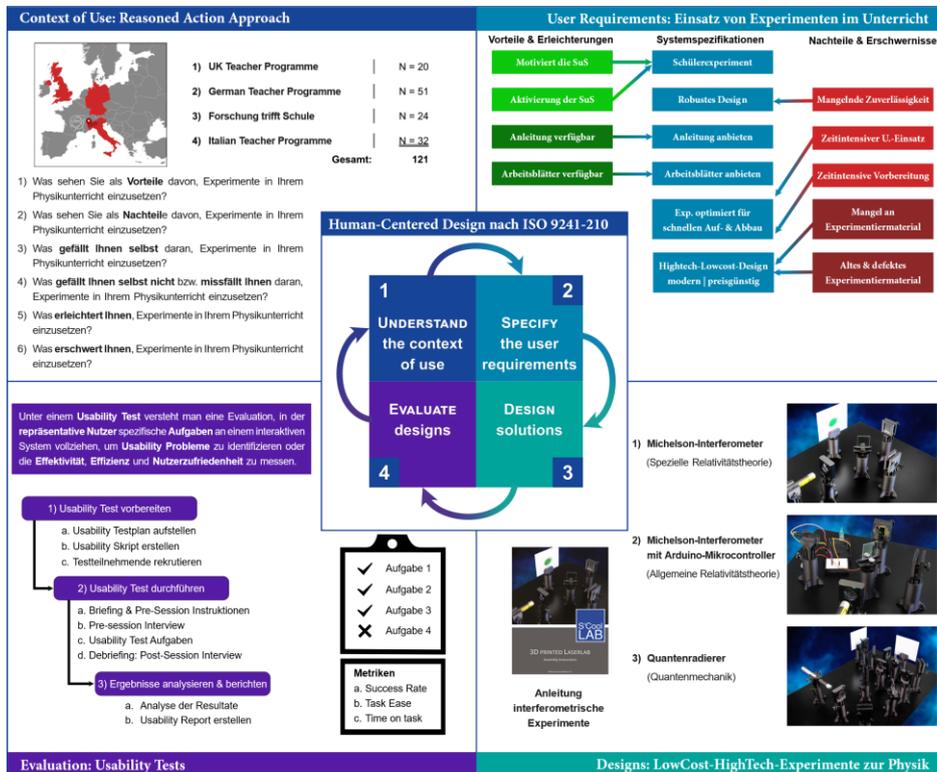


Abb.1 Der Human-Centered Design Zyklus und seine Implementierung am CERN

Die grundsätzliche Vorgehensweise im Human-Centered Design Approach (s. ISO 9241-210, 2019), der auch dieses Projekt folgt, umfasst vier Schritte und ist Abb. 1 zu entnehmen:

1. *Context of Use*: Am Anfang eines Human-Centered Design Projektes steht eine ausführliche Analyse des „Context of Use“. Der Context of Use umfasst die Eigenschaften, Aufgaben und Ziele typischer Nutzer, ihre physische, organisatorische und technische Umgebung sowie die verfügbaren Ressourcen. Ziel ist eine Perspektivübernahme, wobei die zugrundeliegende Überlegung darin besteht, dass die Entwicklung der Lösung eines praktischen Problems ein tiefgehendes Verständnis des Problems aus Sicht der Nutzer, hier der Lehrkräfte, zwingend voraussetzt. Andernfalls besteht die Gefahr, am Bedarf vorbei zu entwickeln und Lösungen zu generieren, die sich im Nachhinein als nicht tauglich erweisen.

Am CERN wurden Lehrkräfte auf Basis des Reasoned Action Approaches (Fishbein & Ajzen, 2010) – einer bewährten und verbreiteten Verhaltenstheorie – zu ihrem Experimentierverhalten befragt (Bernstein, Schmeling, Wilhelm & Woihte, 2020). Die hieraus sowie aus einer Literaturschau gewonnen Erkenntnisse wurden zur Charakterisierung des Context of Use herangezogen.

Eine Einsicht für den Bereich des schulischen Experimentierens besteht darin, dass Experimente von Lehrkräften im Physikunterricht nicht nur oder gar ausschließlich zum Erreichen von Lernzielen oder Kompetenzzuwächsen bei Schülerinnen und Schülern einge-

setzt werden – was aus didaktischer Sicht vielleicht naheliegen würde –, sondern dass häufig andere Aspekte, wie z. B. die Absicht, Schülerinnen und Schüler für das Fach Physik zu begeistern, eine mindestens ebenso wichtige Rolle spielen (Holman, 2017). Darüber hinaus sind praktische Aspekte, die üblicherweise im Rahmen von didaktischen Analysen nicht näher betrachtet werden, wie z. B. Verfügbarkeit, Eignung oder Zuverlässigkeit des Experimentiermaterials oder Spezifika des Kontextes – wie die für die Vorbereitung von Unterricht verfügbare Zeit oder Freistunden zum Aufbau von Experimenten – aus Sicht von Lehrkräften für die Unterrichtsplanung von großer Bedeutung.

2. *User Requirements*: Ausgehend von der Context of Use-Description werden Nutzeranforderungen und Systemspezifikationen analysiert: Welche Aufgaben müssen Nutzer bewältigen und welche Anforderungen muss das System erfüllen, um die Bewältigung dieser Aufgaben zu ermöglichen? Beispielsweise ließe sich aus der Beobachtung der begrenzt verfügbaren Unterrichtszeit ableiten, dass Experimente schnell auf- und abzubauen sein sollten, was die Freiheitsgrade im Design des Experimentiermaterials reduziert.
3. *Design*: Erst im dritten Schritt werden eine oder mehrere konkrete Lösungen bzw. Systeme entwickelt. Diese vorläufigen Lösungen basieren auf Hypothesen, deren grundlegendste lautet, dass die entwickelten Lösungen aus Sicht der Nutzer geeignet sind, das vorliegende Problem mindestens geringfügig besser als verfügbare Alternativen zu lösen. Am CERN wurden im Rahmen des Projektes verschiedene 3D-gedruckte und Mikrocontroller-gestützte (Analogie-)Experimente zur Quantenphysik sowie zur Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie realisiert (siehe <https://www.cern.ch/laserlab3D>). Dabei wurde auf eine Verbindung von 3D-Druck und Mikrocontrollern zurückgegriffen, weil beides preisgünstig, leicht zu beschaffen und weitgehend standardisiert ist und weil die Kombination dieser Technologien vergleichsweise anspruchsvolle und leistungsfähige Experimente zur modernen Physik ermöglicht (Bernstein, Keller, Schmeling & Wilhelm, 2021).
4. *Evaluation*: Um zu überprüfen, inwieweit die entwickelten Systeme diesem Anspruch genügen, werden sie im vierten Schritt gegen die zuvor spezifizierten Anforderungen mittels Usability Tests evaluiert. Unter einem Usability Test versteht man dabei eine praktische Test-Session, in der typische Nutzer typische Probleme lösen. Entscheidend ist hierbei, dass es sich nicht bzw. nicht ausschließlich um *Befragungen* von Nutzern – bspw. mittels der verbreiteten System Usability Scale – handelt, sondern um *Beobachtungen* tatsächlichen Nutzerverhaltens. Unterschieden wird hierbei zwischen formativen und summativen Usability-Tests: Während formative Usability Tests häufig in frühen Phasen der Systementwicklung eingesetzt werden und darauf abzielen, Usability Probleme zu identifizieren und zu beheben, werden summative Usability Tests eingesetzt, um die Systemperformance mithilfe verschiedener Kennzahlen wie Time on Task, Task Ease oder Disaster Rate (Sauro & Lewis, 2016) zu quantifizieren. Dabei gilt stets, dass Usability ein *relationaler Begriff* und *keine reine Systemeigenschaft* ist. Ob ein System für die Bewältigung bestimmter Problemstellungen geeignet ist, hängt eben nicht nur von dem eingesetzten System, sondern immer auch vom Context of Use ab. Die Evaluation der am CERN entwickelten Experimente ist an der Goethe Universität Frankfurt geplant. Die Analyse der Ergebnisse wird zeigen, inwieweit die bei der Entwicklung implizit und explizit eingeflossenen Annahmen tatsächlich zutreffen und auf diese Weise zu einem vertieften Verständnis der Problemstellung beitragen. Dies kann als Ausgangspunkt weiterer Optimierungen und zukünftiger Iterationen genutzt werden.

Literatur

- Bernstein, F., Keller, O., Schmeling, S. & Wilhelm, T. (2021). 3D-Druck und Mikrocontroller: Ein Dreiamteam für Lowcost-Hightech-Experimente? In: V. Nordmeier, H. Grötzebauch (Hg.), PhyDiD B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1155/1241>
- Bernstein, F., Schmeling, S., Wilhelm, T. & Woithe, J. (2020). Saliente Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Experimentieren. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, 86 - 89
- Breuer, J. (2021). Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Berlin: Logos.
- Burde, J.-P., Wilhelm, T. (2018). Einfache Stromkreise mit Potenzial. Ein neues Unterrichtskonzept zeigt, wie fachdidaktische Entwicklungsforschung arbeitet. Physik Journal 17 (5), 27-30
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior. The reasoned action approach. New York: Psychology Press
- Holman, John (2017): Good Practical Science, <https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/good-practical-science-report.pdf> (27.10.2021)
- ISO 9241-11 (2018): Usability: Definition and concepts
- ISO 9241-110 (2006): Dialogue principles
- ISO 9241-210 (2019): Human-centred design for interactive systems
- Maurer, C. (2017). Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (1), 52–69
- Sauro, J. & Lewis, J. R. (2016). Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research, 2. Aufl. Cambridge: Morgan Kaufmann
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin & Heidelberg: Springer