

## **Bewertungsmodell zur experimentellen Performanz (Physik)Studierender**

### **Ausgangslage und Ziele**

In Laborpraktika naturwissenschaftlicher Studiengänge sollen Studierende u.a. das Experimentieren und insbesondere die wissenschaftliche Erkenntnismethodik erlernen. Aufgrund vermuteter geringer Lernwirksamkeit (u.a. Welzel, 1998) hat es in den vergangenen Jahren vermehrt didaktische Neukonzeptionierungen dieser Lehr-Lernumgebung gegeben (didaktische Rekonstruktion: Theyßen, 2000; Neumann, 2004; forschendes Lernen: Alemani, 2017; cognitive apprenticeship: Bauer & Sacher 2018). Für die Überprüfung der Lernwirksamkeit werden valide Testinstrumente für die Messung experimenteller Kompetenz benötigt. Vorhandene Testinstrumente (z.B. Sander, 2000; Straube, 2016) ermöglichen die Erhebung einzelner Indikatoren erfolgreichen Experimentierens zumeist aber nur in Form von Paper-Pencils Tests, die nur Wissensbestände und keine beim Experimentieren gezeigten Fähigkeiten und Fertigkeiten abbilden können. Im hier vorgestellten Projekt wird die Tiefenstruktur experimenteller Performanz vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses analysiert (Bauer, 2018). Das zu entwickelnde Bewertungsmodell soll neben einer differenzierten Wirkungsanalyse unterschiedlicher Praktikumskonzepte Hinweise für eine Diagnose individueller Fähigkeiten ermöglichen und für die Gestaltung der Lehr-Lernumgebung im Laborpraktikum genutzt werden können.

### **Experimentelle Kompetenz Studierender**

Für die Entwicklung des Bewertungsmodells wird die studentische Performanz beim Experimentieren nach Beendigung des Anfängerlaborpraktikums untersucht. Unter Performanz wird das nach Neuweg (2011) definierte Können, oder auch *Wissen 3* verstanden. Es wird aus den gezeigten Handlungen auf die zugrundeliegenden Dispositionen und kognitiven Strukturen geschlossen.

Für die Modellierung der experimentellen Kompetenz ist auf Forschungsdesiderata aus dem Bereich Schule zurückgegriffen worden (u.a. Schecker, 2016; Meier, 2016; Gut-Glanzmann, 2014; Emden, 2011; Schreiber, 2009; Neumann, 2007, Mayer, 2007). Da das Experimentieren an Universitäten andere Zielsetzungen und eine komplexere Struktur als schulisches Experimentieren aufweist (Höttecke, 2015), ist für die Modellierung eine eigene Definition für das Experimentieren entwickelt worden: Ziel des Experimentierens ist das stabilisierende (Galison, 1987, Heering, 2014) Herauspräparieren der Eigenschaften physikalischer Phänomene (Tetens, 1987), „die in ein kohärentes Verhältnis zu Theorie und Praxis gebracht werden können“ (Höttecke, 2015, S.133). Dafür werden vertieft vernetzte Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammen mit höchst flexibel einsetzbaren Wissensbeständen benötigt. Neben dem Planen, Aufbauen, Durchführen und Auswerten experimentell gewonnener Daten (Emden, 2011) nehmen auf universitärem Niveau experimentelle Fähigkeiten wie z.B. das Testen und Optimieren experimenteller Aufbauten sowie das differenzierte Beurteilen der Ergebnisse vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses einen hohen Stellenwert ein.

Da auf universitärer Ebene bisher noch keine differenzierten Fähigkeitsbeschreibungen auf struktureller oder Gesamtprozess-Ebene existieren (Heidrich, 2017), werden die Facetten des entwickelten Kompetenzstrukturmodells deskriptiv mit beobachtbaren Indikatoren angereichert. Der Fokus liegt dabei auf Qualitätsunterschieden bei den Experimentierhandlungen, also der Differenziertheit der Argumentation (Vernetzungsgrad, fachliche Richtigkeit, Zielorientierung) innerhalb des Gesamtprozesses.

## Design

Das Bewertungsmodell wird in einem mehrstufigen methodischen Verfahren mit Hilfe komparativer Fallstudien entwickelt. Als Daten wurden videografierte, reale Experimentier-Situationen mit zwei unterschiedlich schweren, teilstrukturierten Aufgabenstellungen im Inhaltsbereich Elektrodynamik erhoben. Die Stichprobe (n=15) setzt sich aus 12 Studierenden nach dem dritten Semester und drei Experten (Doktoranden, Post-doc), die für eine möglichst hohe Varianz der gezeigten Fähigkeiten zur Abgrenzung der unterschiedlichen Fähigkeitsstufen gewählt wurden, zusammen. Auf Basis der Videoanalysen sind standardisierte Stimulated-Recall-Interviews für die Validierung des Bewertungsmodells geführt worden. Die Auswertung der Daten erfolgt in einem vierschriftigen Verfahren (siehe Abb.1). Zuerst werden chronologische Fallbeschreibungen pro Proband erstellt, um alle erhobenen Daten zusammenzuführen. Im zweiten Schritt sind unter Anwendung des theoretical samplings (Robinson, 2014) möglichst kontrastive Fälle ausgewählt worden, um das Kompetenzstrukturmodell bestehend aus neun Kompetenzfacetten unter Nutzung der dokumentarischen Methode (Rosenberg, 2012; Bohnsack, 2013) mit beobachtbaren Fähigkeitsbeschreibungen anzureichern, um damit die Rekonstruktion der zugrundeliegenden Dispositionen zu ermöglichen. In einem dritten Schritt werden die Handlungsbeschreibungen der einzelnen Fallbeschreibungen den Facetten des Modells zugeordnet. Diese werden mit der typenbildenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2012) analysiert, um typische Muster in den gezeigten Handlungen zu finden. Unter Anwendung des Außenkriteriums Komplexität (Commons, 2008) sind Qualitätsstufen gebildet worden, die eine Unterscheidung von Fähigkeitsniveaus pro Facette ermöglichen. Das so erhaltene Bewertungsmodell wird mit den Ergebnissen der Stimulated-Recall-Interviews validiert.

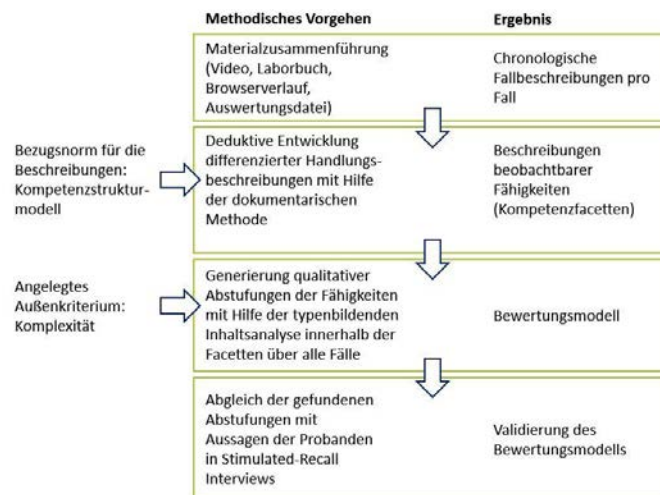


Abb. 1: Darstellung der methodischen Vorgehensweise unter Nutzung der dokumentarischen Methode für die Entwicklung des Bewertungsmodells experimenteller Kompetenz Physikstudierender.

## Erste Ergebnisse

Nach Auswertung von acht der 15 Fälle ist eine Sättigung erreicht worden. Alle Facetten des Bewertungsmodells konnten mit Indikatoren angereichert werden. Weiterhin ist es gelungen für alle Facetten vier Qualitätsstufen zu bilden, die eine Einordnung gezeigter experimenteller

Handlungen über die Differenziertheit der Argumentation ermöglichen. Die acht ausgewerteten Fälle können mit Hilfe des Bewertungsmodells charakterisiert werden: Drei Probanden erreichen in den meisten Facetten die höchsten Qualitätsstufen und können deswegen als Experten deklariert werden, zwei Probanden erreichen vorrangig die niedrigsten Qualitätsstufen und können als Novizen eingestuft werden und drei Probanden erreichen die mittleren Stufen und können als fortgeschrittene Experimentierer identifiziert werden. Diese Einordnung stimmt mit den im Vorfeld angelegten Auswahlkriterien für die Probanden (Berufserfahrung, höchster Abschluss) überein.

Erste Analysen zeigen, dass ein Qualitätsunterschied zwischen Novizen und Experten die Zielorientierung beim Experimentieren darstellt. Während Experten das möglichst stabile Herauspräparieren des physikalischen Phänomens anstreben, was sich an mehreren Optimierungsschleifen in der Planung für eine möglichst präzise Messwertaufnahme sowie an einer differenzierten Analyse der Ergebnisse und des Experimentes zeigt, sind die Novizen mit dem Erhalt eines Zahlenwertes als Messergebnis, der meist unbegründet hingenommen wird, zufrieden. Dieses Ergebnis lässt sich auch mit Hilfe der Interviews untermauern. Novizen fehlt oftmals sowohl fachinhaltliches als auch methodisches Wissen, um ihr Vorgehen beim Experimentieren und ihre Ergebnisse zu begründen. Experten hingegen zeigen dynamisch vernetztes und sehr differenziertes Fachinhalts- und Fachmethodenwissen beim Begründen des Vorgehens und der Beurteilung des Experimentes. Fortgeschrittene Experimentierer versuchen, wie die Experten, eine möglichst präzise Messwertaufnahme zu realisieren, sie besitzen allerdings noch keine elaborierten Handlungsstrategien für die Analyse und Beurteilung der einzelnen Schritte des Experimentierprozesses oder der erhaltenen Messwerte, sodass sie zwar zielorientierter und fachmethodisch fundierter experimentieren als Novizen, aber noch nicht das gesamte Experiment in seiner Vollständigkeit durchdringen können. Anhand der Aussagen in den Stimulated-Recall-Interviews kann gezeigt werden, dass das methodische Wissen bei den Probanden vorliegt, allerdings nicht handlungswirksam ist.

Einen weiteren Qualitätsunterschied experimenteller Handlungen ist beim experimentellen Vorgehen zu erkennen. Novizen, die für die Bearbeitung der Aufgabe im Schnitt 1,5 Stunden benötigen, beginnen nach einer sehr kurzen Planungsphase sofort mit der Messwertaufnahme, ohne dass eine Analyse der vorliegenden Materialien und Geräte stattgefunden hat. Dieses Vorgehen führt dazu, dass die Messwertaufnahme und auch die Auswertung aufgrund des oberflächlichen Durchdenkens sehr langwierig und unpräzise durchgeführt wird. Experten benötigen dieselbe Zeitspanne für das Absolvieren des Experimentes, verbringen allerdings im Schnitt eine Stunde mit der Analyse aller Komponenten und Geräte sowie mit der Optimierung des Experimentes. Fortgeschrittene Experimentierer benötigen im Mittel die doppelte Zeit (4 Stunden) und verbringen die gleiche Zeit mit der Planung wie die Experten. Durch die noch nicht elaboriert vorliegenden experimentellen Fähigkeiten sind sie allerdings bei der Analyse des Experimentes weniger erfolgreich und verbringen sehr viel Zeit mit nicht zielgerichteten Handlungen.

### **Ausblick**

Als nächstes soll mit Hilfe eines Expertenratings (Praktikumsleiter an deutschen Universitäten) das entwickelte Bewertungsmodell validiert werden. Weiterhin wird um eine Einschätzung gebeten, welches Fähigkeitsniveau die Studierenden typischerweise am Ende des Anfängerpraktikums erreichen. Aus diesen Ergebnissen sollen differenzierte Zielsetzungen für Anfängerlaborpraktika abgeleitet werden, welche für die Gestaltung dieser Lehr-Lernumgebungen und für den Einsatz des entwickelten Instrumentes genutzt werden können. Weiterhin wird die Interraterreliabilität an ausgewählten Fällen überprüft.

### Literatur

- Alemaní, M. (2017): Forschendes Lernen im Physikpraktikum. Stifterverband, Fellowships für Innovationen in der Hochschullehre, <https://www.stifterverband.org/lehrfellowships/2017/alemani> (04.10.2019).
- Bauer, A. B., Sacher, M. D. (2018): Kompetenzorientierte, universitäre Laborpraktika - Das Paderborner Physik Praktikum (3P), in: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018 in Würzburg*, Berlin.
- Bauer, A. B., Sacher, M. & Reinhold, P. (2019). Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S.632–635). Regensburg: Universität Regensburg.
- Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I.; Nohl, A. (Hg.) (2013). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. 3., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer.
- Commons, M. L. (2008): Introduction to the Model of Hierarchical Complexity and Its Relationship to Postformal Action. In: *GWOF* 64 (5), S. 305–320.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos Berlin.
- Galison, P. L. (1987). *How experiments end*. Chicago: University of Chicago Press.
- Heering, P. (2014): The stabilization of experimental procedures: Historical and educational aspects. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 142-148.
- Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel. Online verf.: [http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00007080/DissHeidrich.pdf](http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00007080/DissHeidrich.pdf).
- Höttecke, D.; Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. In: *ZfDN* 21 (1), 127–139.
- Gut, C. (2012): *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests*. Univ. Diss., Basel, 2012. Berlin: Logos-Verl.
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (2. Aufl.). Weinheim Beltz Juventa.
- Mayer J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: H. Vogt D. Krüger (Hg.): *Theorien der biomedizinischen Forschung*. Berlin: Springer, S. 177–186.
- Meier, M. (2016): *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos Berlin (BIOLOGIE lernen und lehren, 13).
- Neumann K., Kauertz A., Lau A., Notarp H. & Fischer, H. E. (2007): Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft* 13, S. 101–121.
- Neumann, K. (2004): *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, Bd. 38).
- Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. In: Terhart, E., Bennewitz, H., Rothland, M. (Hg.): *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster: Waxmann, 451–477.
- Robinson, O.C. (2014): *Sampling in Interview-Based Qualitative Research: A Theoretical and Practical Guide*. *Qualitative Research in Psychology*, 11: 25–41.
- Rosenberg, F. v. (2012): Rekonstruktion biographischer (Bildungs-)Prozesse. Überlegungen zu einer prozessanalytischen Typenbildung. In: Ingrid Miethe und Hans-Rüdiger Müller (Hg.): *Qualitative Bildungsforschung und Bildungstheorie*. Opladen: Budrich, S. 193-207.
- Sander, F. (2000). *Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*. Univ., Diss.-Bremen, 1999. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 13).
- Schecker, H.; Neumann, K.; Theyßen, H.; Eickhorst, B.; Dickmann, M. (2016): Stufen experimenteller Kompetenz. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 22 (1), S. 197-213.
- Schreiber, N. (2012): *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*. Berlin: Logos.
- Straube, P. (2016). *Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik*. Dissertation. Logos Verlag Berlin.
- Tetens, H. (1987). *Experimentelle Erfahrung. Eine wissenschaftstheoretische Studie über die Rolle des Experiments in der Begriffs- und Theoriebildung der Physik*. Teilw. zugl.: Marburg, Univ., Habil.-Schr., 1986. Hamburg: Meiner (Paradigmata, 8).
- Theyßen, H. (2005): *Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende*. In: *ZfDN* 11, S. 57–72.
- Welzel, M.; Haller, K. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft* 4 (1), 29–44.