

Guido Haag¹
Jochen Scheid¹
Patrick Löffler¹
Alexander Kauertz¹

¹Universität Koblenz-Landau

Modellierung experimenteller Kompetenz

Ausgangslage.

Experimente als Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind zentrales Element des Physikunterrichts. Darüber hinaus sind unterschiedlichste Ziele und Erwartungen damit verbunden: Überprüfen von Wissen, Motivation, Verbinden von Theorie und Praxis und viele mehr (Tesch & Duit, 2004). Empirische Studien zur Untersuchung der Wirksamkeit sind in der Ausrichtung der theoretischen Rahmung entsprechend vielfältig (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Gemeinsam ist ihnen, dass es häufig nicht gelingt, die erhofften Effekte nachzuweisen (Harlen, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004). Eine der direkt mit der Untersuchung verbundenen Herausforderungen ist es, die experimentelle Kompetenz als Personenmerkmal zu berücksichtigen (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Bisherige Anstrengungen, experimentelle Kompetenz zu beschreiben, orientieren sich überwiegend an den typischen Schritten des Experimentierprozesses und benennen in diesem Zusammenhang in der Regel Teilkompetenzen. Hammann, Phan und Bayrhuber (2007) beispielsweise unterscheiden drei Dimensionen: „Suche im Hypothesenraum“, „Testen von Hypothesen“ und „Analyse von Evidenzen“. Wellnitz und Mayer (2008) modellieren die vier Teilkompetenzen „Fragestellung“, „Hypothese“, „Untersuchungsdesign“ und „Datenauswertung zum Experimentieren“. Nach Gut-Glanzmann und Mayer (2018) umfasst experimentelle Kompetenz *„das Wissen und die Fähigkeit, durch gezielte handelnde Auseinandersetzung mit der Natur Daten zu gewinnen, diese vor dem Hintergrund von Modellen und Theorien zu interpretieren und dadurch Wissen und Erkenntnisse über die Natur abzuleiten.“* (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 122). Maiseyenko, Nawrath und Schecker (2013) unterteilen experimentelle Kompetenz in noch feinere Teilfähigkeiten: „Fragestellung entwickeln“, „Vermutung/Hypothese aufstellen“, „Experiment planen“, „Versuch funktionsfähig aufbauen“, „Beobachten/Messen/Dokumentieren“, „Daten aufbereiten“, „Schlüsse ziehen/diskutieren“. Ein tragfähiges Modell experimenteller Kompetenz muss daher neben deklarativem immer auch prozedurales Wissen berücksichtigen (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Um diese Teilfähigkeiten und damit auch experimentelle Kompetenz mess- und bewertbar zu machen, müssen Kompetenzniveaus modelliert werden (Mayer und Wellnitz 2014). Dazu gibt es verschiedenste Ansätze, z.B. Schulbuchanalysen oder Expertenbefragung (Schecker, Neumann, Theyßen, Eickhorst & Dickmann, 2016). Besondere Anforderungen werden dabei an die Untersuchung des prozeduralen Wissens gestellt, da die Validität von bestehenden schriftlichen Tests angezweifelt wird (Schecker et. al, 2016). Gut-Glanzmann und Mayer (2018) geben in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass eine Fokussierung auf die kognitiven Elemente experimenteller Kompetenz die maßgeblichen, handlungsbezogenen Aspekte ausklammert und so die Untersuchung limitiert. In diesem Artikel wird daher versucht, einen Ansatz zu einem umfassenden Modell experimenteller Kompetenz zu beschreiben. Dazu soll gezeigt werden, wie die drei Fähigkeitsaspekte *kognitive Fähigkeit*, *manuelle Fähigkeit* und *affektive Fähigkeit* mit den genannten Teilkompetenzen in Zusammenhang stehen. Als Ausgangspunkt dient das im Rahmen des ESNaS-Projekts entwickelte und vielfach erprobte Kompetenzstrukturmodell (Walpuski, Kampa, Kauertz & Wellnitz 2008).

Kognitive Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz

Im Kompetenzstrukturmodell nach Walpuski et. al (2008) werden kognitive Fähigkeitsaspekte auf vier Niveaustufen konkretisiert: *Reproduzieren* (Identifizieren von Information), *Selektieren* (Auswählen von Informationen), *Organisieren* (Strukturieren von Information) und *Integrieren* (Einbinden von Information in die Wissensbasis). In Tabelle 1 werden diese Abstufungen den Teilkompetenzen experimenteller Kompetenz nach Maisyenko et al. (2013) gegenübergestellt und gezeigt, dass eine Integration möglich ist. Aus Platzgründen kann hier nur eine Auswahl dargestellt werden.

Tabelle 1: Kognitive Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Fragestellung entwickeln	Vermutung / Hypothese aufstellen	Experiment planen
Reproduzieren	Die Fragestellung des Experiments ist vorgegeben und muss genannt werden	Die Hypothesen sind vorgegeben und müssen genannt werden	Die Planung und gegebenenfalls die Sicherheitsvorkehrungen sind vorgegeben und müssen genannt werden
Selektieren	Aus vorgegebenen Fragestellungen muss eine Frage ausgewählt werden	Aus vorgegebenen Hypothesen muss eine Auswahl getroffen werden	Die vorgegebenen unabhängigen und abhängigen Variablen müssen identifiziert werden; aus bekannten Sicherheitsvorkehrungen müssen zu den Gefahrenquellen passende ausgewählt werden
Organisieren	Eine eigene Fragestellung muss formuliert werden	Eigene Hypothesen müssen formuliert werden	Selbstständige Planung auch unter Berücksichtigung von Variablenkontrollstrategie muss erstellt werden; Nach Hinweis müssen selbständig Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden
Integrieren	Eine Fragestellung wird aus intrinsischem Interesse entwickelt	Hypothesen werden selbstständig erstellt und auf Basis des vorhandenen Wissens überprüft	Versuch wird selbstständig so geplant, dass Störgrößen möglichst eliminiert/minimiert werden; selbständige Berücksichtigung aller Sicherheitsaspekte

Manuelle Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz

Als Ausgangspunkt zur Integration manueller Fähigkeitsaspekte wird auf bewährte Abstufungen von entsprechenden Lernzielen zurückgegriffen. Bloom (1976) unterscheidet dabei zwischen *Imitation* (Nachahmung von Bewegungen und Handlungen), *Manipulation* (Ausführung bestimmter Bewegungen nach Instruktion), *Präzisierung* (Verbesserung der Genauigkeit von Bewegungen), *Handlungsgliederung* (Koordination verschiedener Bewegungsabläufe) und *Naturalisierung* (Intuitives Anwenden). Wie zuvor, ist auch in Tabelle 2 aus Platzgründen eine Beschränkung der Beschreibung notwendig.

Tabelle 2: Manuelle Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Versuch funktionsfähig aufbauen	Beobachten / Messen / Dokumentieren	Daten aufbereiten
Manipulation	Experiment wird nach Instruktion aufgebaut	(Mess-)Geräte oder Experimentiermaterialien werden nach Instruktion gehandhabt	Tabelle oder Graph werden frei Hand nach Instruktion angefertigt
Präzisierung	Präzises Einmessen des Versuchsaufbaus	Messungen werden präzise durchgeführt und dokumentiert, nachvollziehbare Skizzen etc. werden erstellt	Werkzeuge wie Geodreieck, Taschenrechner oder Computer werden eingesetzt
Naturalisierung	Gewohnte experimentelle Aufbauschritte laufen automatisiert ab	Gewohnte experimentelle Messungen und Dokumentationsarten laufen automatisiert ab	Gewohnte Arten der Datenaufbereitung werden automatisiert umgesetzt

Affektive Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz

Auch für affektive Fähigkeitsaspekte steht eine bewährte Lernzieltaxonomie zur Verfügung (Bloom, 1976): *Imitation* (Erkennen, dass Verhaltensweisen bewertet werden), *Wertbeantwortung* (Handeln nach be- und erkannten Wertevorstellungen), *Wertung* (Dingen und Handlungen einen Wert beimessen), *Wertordnung* (Aufbau eines individuellen hierarchischen Wertesystems), *Verinnerlichung* (Integration der Werte in die eigene Persönlichkeit). Auch hier ist eine Umfangsreduktion aus formalen Gründen notwendig (Tabelle 3).

Tabelle 3: Affektive Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Fragestellung entwickeln	Versuch funktionsfähig aufbauen	Schlüsse ziehen / diskutieren
Wertung	Begründung der Notwendigkeit der Fragestellung	Einsicht, dass sorgfältiger Aufbau zu besserem Ergebnis führt	Einsicht, dass die Diskussion zur besseren Interpretation der Ergebnisse führt

Diskussion und Ausblick

In dem vorliegenden Artikel soll gezeigt werden, wie verschiedene Fähigkeitsaspekte und typische Teilkompetenzen in Verbindung gebracht werden können. Um experimentelle Kompetenz messbar zu machen, müssen aber auch Merkmale von Experimenten standardisierbar gemacht werden, z.B. der fachliche Kontext oder schwierigkeiterzeugende Merkmale. Hier bietet sich die Adaption des Aufgabenmerkmals *Komplexität* (Kauertz, 2008) an, da damit eine weitere Eingliederung in das ESNaS-Kompetenzstrukturmodell (Walpuski et. al 2008) gut umsetzbar ist.

Literatur

- Bloom, Benjamin Samuel (Hg.) (1976): Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Unter Mitarbeit von Max D. Engelhart. 5. Aufl., 17. - 21. Tsd. Weinheim, Basel: Beltz (Beltz-Studienbuch, 35).
- Gut-Glanzmann, Christoph; Mayer, Jürgen (2018): Experimentelle Kompetenz. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 121–140.
- Hammann, M., Phan, T. H., & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin, & H.-H. Krüger (Eds.), Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Vol. 8.
- Harlen, W. (1999). Effective teaching of science: A review of research. SCORE publication Using research series: Vol. 21. Glasgow: Scottish Council for Research in Education.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Kauertz, Alexander (2008): Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben: Logos Berlin.
- Maiseyenko, V., Nawrath, D. & Schecker, H. (2011). Modellbasierte Förderung und Diagnose von Experimentierkompetenz. In: D. Höttecke (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: Lit Verlag.
- Mayer, J., & Wellnitz, N. (2014). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 19–29). Berlin: Springer.
- Schecker, Horst; Neumann, Knut; Theyßen, Heike; Eickhorst, Bodo; Dickmann, Martin (2016): Stufen experimenteller Kompetenz. In: *ZfDN* 22 (1), S. 197–213. DOI: 10.1007/s40573-016-0050-3.
- Tesch, Maike; Duit, Reinders (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; 10, S. 51–69.
- Walpuski, Maik; Kampa, Nele; Kauertz, Alexander; Wellnitz, Nicole (2008): Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU* 61 (6), S. 323–326.
- Wellnitz, Nicole; Mayer, Jürgen (2008): Evaluation von Kompetenzstruktur und –niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (7), S. 129–143.