

## **Förderung von Diagnosekompetenz über Experimentierprotokolle**

### **Einleitung**

Bereits in den Bildungsplänen der Grundschule ist die Anbahnung einer experimentellen Kompetenz als wichtiges Unterrichtsziel verankert. So formuliert der Perspektivrahmen Sachunterricht unter anderem, dass Schüler:innen „aus naturwissenschaftlichen Phänomenen sinnvolle Fragen ableiten“ und „einfache Versuche zur Überprüfung von Vermutungen [...] beraten, planen und durchführen“ können sollen (GDSU, 2013, S. 40). Dass der Erwerb entsprechender Kompetenzen für viele Lernende aller Schulstufen eine Herausforderung darstellt, zeigt sich an zahlreichen gut untersuchten Schüler:innen-Schwierigkeiten, die in sämtlichen Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs beobachtet werden können (einen Überblick liefert u. a. Baur, 2018).

Um Schwierigkeiten der Schüler:innen beim Experimentierprozess erkennen und ihnen angemessen begegnen zu können, müssen Lehrkräfte über eine ausgeprägte fachbezogene Diagnosekompetenz verfügen, die wiederum fachliches, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen voraussetzt (v. Aufschnaiter et al., 2015). Der Aufbau einer solchen diagnostischen Kompetenz ist Aufgabe der Lehrkräfteausbildung (KMK, 2008). Wie von Dübbelde (2013) dargelegt, bemängeln jedoch viele Studienabsolvent:innen, diesbezüglich im Rahmen ihrer Ausbildung und insbesondere im Kontext des Experimentierens, zu wenig gefördert worden zu sein.

### **Kontrastieren und Vergleichen von Experimentierprotokollen**

Als vielversprechendes hochschuldidaktisches Prinzip zur Kompetenzförderung im Rahmen der Lehramtsausbildung kann das fallbasierte *Kontrastieren und Vergleichen* hervorgehoben werden (Lipowsky et al., 2019). Nach der Definition von Marzano, Pickering & Pollock (2001) bezeichnet das Kontrastieren die Identifikation von Unterschieden und das Vergleichen die Feststellung von Gemeinsamkeiten zwischen parallel betrachteten Objekten. Eine solch gezielte Gegenüberstellung kann dazu beitragen, dass Lernende vorhandene Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den Objekten schneller entdecken und besser verstehen (Richland & Begolli, 2016). Die Effektivität des Kontrastierens und Vergleichens konnte bereits in unterschiedlichen Kontexten anhand verschiedener Einzelstudien und Metaanalysen nachgewiesen werden (u. a. Beesley & Aphthorp, 2010; Alfieri, Nokes-Malach & Schunn, 2013). Ein Einsatz der Methode in der Lehrkräfteausbildung wurde bisher jedoch kaum wissenschaftlich untersucht (Lipowsky et al., 2019).

Für eine Untersuchung des Ansatzes im Kontext der Erkenntnisgewinnung erscheinen speziell Experimentierprotokolle als Vergleichsobjekte gut geeignet. So orientiert sich ihre Struktur unmittelbar an den einzelnen Phasen des Erkenntniswegs (Brüning, 1990), sodass die exakten Schritte des experimentellen Vorgehens deutlich aus dem Material hervorgehen. Darüber hinaus sind Experimentierprotokolle aufgrund ihres systematischen und immer ähnlichen Aufbaus sehr gut nebeneinander darstellbar und somit vergleichbar.

### **Projektüberblick und Forschungsfragen zur Pilotierung**

Im Teilprojekt „KonVEx“ der Uni Kassel wird unter anderem der Frage nachgegangen, inwieweit die fachbezogene Diagnosekompetenz angehender Grundschullehrkräfte durch das Kontrastieren und Vergleichen fehlerbehafteter Experimentierprotokolle gefördert werden kann. Dazu werden Sachunterrichts-Studierende im Rahmen einer Lehrveranstaltung mit speziell präparierten Paaren von Protokollen konfrontiert und zur Identifikation von Unterschieden und Gemeinsamkeiten aufgefordert. Eine Kontrollgruppe bearbeitet dasselbe Material ohne gezielte Gegenüberstellung. Die Kompetenzentwicklung aller Teilnehmenden wird mittels verschiedener Erhebungsinstrumente in einem Prä-Posttest-Design untersucht.

Da Originalprotokolle von Schüler:innen der Primarstufe für den genannten Zweck zumeist einen zu geringen Umfang und zu wenig sprachliche Präzision besitzen, wurde das für die Studie benötigte Protokollmaterial selbst konstruiert und vor dem Einsatz in der Hauptstudie pilotiert. Der vorliegende Beitrag fokussiert sich im Folgenden ausschließlich auf die Darstellung des Designs und der Ergebnisse dieser Pilotierung, die auf der Basis folgender Forschungsfragen durchgeführt wurde: (F1) Welche Arten von Experimentierfehlern werden in den Protokollen von den Studierenden erkannt? (F2) Wie beurteilen die Studierenden das bereitgestellte Material und die Methode des Kontrastierens und Vergleichens?

### **Protokollgestaltung und Pilotierungsdesign**

Als Materialgrundlage für die Studie wurden zunächst zwölf Protokolle zu verschiedenen Schülerexperimenten des Sachunterrichts (Biologie / Physik) konzipiert und so präpariert, dass darin unterschiedliche Arten literaturbekannter Experimentierfehler repräsentiert waren. Die Verteilung der Fehlertypen erfolgte dabei in der Weise, dass jeweils zwei Einzelprotokolle mit unterschiedlichem Kontext eine identische Fehlerstruktur aufwiesen.

Das gestaltete Material wurde in einem Grundlagenkurs des Sachunterrichts ( $N=40$ ) eingesetzt. In diesem Rahmen erhielten die Studierenden den Arbeitsauftrag, die Protokolle mit gleicher Fehlerzusammensetzung paarweise gegenüberzustellen. Dabei wurden unter anderem die gefundenen Schülerschwierigkeiten in einer dafür vorgesehenen Randspalte des Materials dokumentiert. Aufgrund der Corona-Situation erfolgte die Umsetzung als digitale Variante in Heimarbeit.

Für die Auswertung im Hinblick auf F1 wurden die Anmerkungen der Teilnehmenden mittels eines Kategoriensystems geordnet. Dieses wurde zunächst deduktiv auf der Basis der literaturbekannten Fehlerkategorien erstellt, später jedoch um zusätzlich genannte Aspekte der Studierenden erweitert. Zur Beantwortung von F2 schloss sich kurz nach der Bearbeitung des Protokollmaterials eine Befragung von zwölf Teilnehmenden mittels leitfadengestützter Interviews an. Diese waren in drei thematische Abschnitte untergliedert: 1. Inhaltliche Beurteilung der Protokollarbeit, 2. Strukturelle und organisatorische Beurteilung der Protokollarbeit, 3. Erfahrungen mit dem Kontrastieren und Vergleichen. Zur Auswertung wurde das erhaltene Interviewmaterial transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert.

### **Ergebnisse der Pilotierung**

Durch den Abgleich der im Protokollmaterial gemachten Anmerkungen mit einem vorab erstellten Erwartungshorizont wurde für jeden Fehlertyp der Anteil der Experimentierfehler berechnet, der durch die Teilnehmenden identifiziert wurde. Die Ergebnisse der häufigsten Fehlerkategorien werden in folgender Tabelle zusammengefasst.

Fehlerkategorie	Anzahl Fehler gesamt	Anzahl Fehler gefunden	Anteil Fehler gefunden
Fehlerhafte Fragestellung	70	33	<b>47,1 %</b>
Fehlerhafte Hypothese	40	17	<b>42,5 %</b>
Fehler bei der Variablenkontrolle	60	42	<b>70,0 %</b>
Nichtbeachtung von Störfaktoren	70	47	<b>67,1 %</b>
Fehlender Kontrollansatz	30	13	<b>43,3 %</b>
Fehlerhafte Schlussfolgerungen	80	46	<b>57,5 %</b>
Erkennbares Ingenieursdenken	60	7	<b>11,7 %</b>

Durch die Auswertung der leitfadengestützten Interviews können zudem folgende Aussagen der Studierenden als Rückmeldung zu Material und Methode zusammengefasst werden: Hinsichtlich der inhaltlichen Ausgestaltung wurden die Komplexität und der Umfang des Materials als weitestgehend angemessen eingestuft. Zudem wurden die hohe Präzision und Verständlichkeit hervorgehoben, mit der die dargestellten Experimente beschrieben waren. Der Arbeitsauftrag zur Protokollarbeit wurde als präzise und verständlich wahrgenommen. Bezüglich der strukturellen Gestaltung der Experimentierprotokolle wurde ausnahmslos die gute Handhabbarkeit des eingesetzten Materials rückgemeldet. Die Teilnehmenden gaben an, dass die klare Struktur die Erarbeitung vereinfacht habe. Technische Schwierigkeiten bei der Bearbeitung traten kaum auf und konnten schnell und unkompliziert behoben werden. Die Methode des Kontrastierens und Vergleichens wurde durch die Teilnehmenden sehr unterschiedlich wahrgenommen. Eine Mehrzahl der Studierenden beschrieb den Ansatz als kognitiv anspruchsvoll, arbeitsaufwändig und zeitintensiv. Die übrigen Befragten teilten diesen Eindruck nicht. Der Großteil der Teilnehmenden stimmte jedoch der Aussage zu, dass die vorgegebene Herangehensweise, verglichen mit einer Einzelbearbeitung, zumindest subjektiv zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Material geführt habe.

### **Diskussion und Ausblick**

Anhand der Auswertungsdaten zu F1 wurden bereits zum aktuellen Zeitpunkt bestimmte Problembereiche der Studierenden hinsichtlich der Identifikation von Experimentierfehlern deutlich. So wurden von den Teilnehmenden in den Bereichen der Fragestellung, der Hypothese und des Kontrollansatzes jeweils weniger als die Hälfte der existenten Fehler erkannt. Ein vorhandenes Ingenieursdenken, wie es von Hammann und Kollegen (2006) beschrieben wird, wurde sogar nur in den seltensten Fällen angemerkt. Bei der Überarbeitung der Protokolle wurde folglich nochmals auf eine klare Darstellung der genannten Fehlertypen geachtet, um qualitative Mängel des Materials als Ursache für die geringere Erkennungsquote ausschließen zu können. Ferner wurden Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge der Studierenden aus den Interviews nach Möglichkeit bei der Überarbeitung des Protokollmaterials berücksichtigt. Aufgrund zahlreicher Hinweise, dass das Kontrastieren und Vergleichen mit einem hohen Arbeitsaufwand einhergeht, wurde die Zahl der für die Hauptstudie vorgesehenen Protokolle auf acht reduziert. Hinsichtlich der Struktur des Materials und der Formulierung des Arbeitsauftrags wurden hingegen keine Veränderungen vorgenommen.

Die Haupterhebung der Studie unter Einsatz der überarbeiteten Experimentierprotokolle wurden im vergangenen Semester abgeschlossen. Erste Ergebnisse hinsichtlich der übergeordneten Forschungsfragen des Projekts werden in Kürze erwartet.

## Literatur

- Alfieri, L., Nokes-Malach, T.J., Schunn, C.D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 48 (2), 87-113
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24 (1), 115-129
- Beesley, A.D. & Aphorp, H.S. (Hrsg.) (2010). Classroom instruction that works. Second Edition. Research Report. Online abrufbar unter: <https://eric.ed.gov/?id=ED543521> [30.10.2021]
- Brüning, H.-G. (1990). Das Versuchsprotokoll. *Physica didactica*, 17 (3-4), 101–109
- Dübbelde, G. (2013). Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Dissertation. Universität Kassel. Online abrufbar unter: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2013122044701> [30.10.2021]
- GDSU, Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (5), 292-299
- KMK, Kultusministerkonferenz (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019. Online abrufbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf) [30.10.2021]
- Lipowsky, F., Hess, M., Arend, J., Denn, A.-K., Hirstein, A. & Rzejak, D. (2019). Lernen durch Kontrastieren und Vergleichen – Ein Forschungsüberblick zu wirkmächtigen Prinzipien eines verständnisorientierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), *Unterrichtsqualität: Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens*. Münster: Waxmann, 373-402
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse*. 12., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz
- Marzano, R.J., Pickering, D. & Pollock, J.E. (2001). *Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. ASCD
- Richland, L.E. & Begolli, K.N. (2016). Analogy and higher order thinking: Learning mathematics as an example. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3 (2), 160-168
- von Aufschnaiter, C., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz - Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik* (5), 738-758