

Steffen Brockmüller¹
Mathias Ropohl²

¹Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
²Universität Duisburg-Essen

Ist Vorwissen ein Prädiktor für Schwierigkeiten beim Auswerten von Versuchsdaten?

Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Das Auswerten von Versuchsdaten ist eine für Schüler:innen anspruchsvolle naturwissenschaftliche Denkweise, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass verschiedene Wissensbereiche angewendet und miteinander sowie mit den Versuchsergebnissen in Beziehung gesetzt werden müssen. So spielt für (1) das Daten Aufbereiten und (2) Interpretieren, (3) das Schlussfolgern, (4) die kritische Reflexion des Versuchs sowie das (5) Finden möglicher Generalisierungen neben dem fachlich-konzeptuellen Wissen auch das Wissen über Prozesse des Datenauswertens (prozedurales Wissen) und das Wissen über Konzepte und Begründungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (epistemisches Wissen) eine Rolle. Während die Beziehungen dieser Wissensbereiche untereinander bereits naturwissenschaftsdidaktische Aufmerksamkeit erhalten haben (Nehring & Schwichow, 2020), ist ihr Einfluss auf die Performanz von Lernenden beim Anwenden von Denk- und Arbeitsweisen in Experimentiersituationen bislang wenig erforscht. Die hier beschriebene Studie zielt darauf ab, durch die Untersuchung manifester Schwierigkeiten beim Auswerten von Versuchsdaten und deren Zusammenhang mit den Wissensbereichen Evidenz in diesem Bereich zu schaffen. Im Fokus stehen dabei Oberstufenlernende, da für diese Population bislang auch qualitativ wenig über Schwierigkeiten beim Experimentieren bekannt ist (z.B. Toplis, 2006). Schwierigkeiten, die in einer Reihe von Studien zu jüngeren Lernenden identifiziert worden sind, können zudem nicht ohne Weiteres auf Oberstufenlernende übertragen werden (s. Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Die höhere Komplexität von Experimenten und geforderte Selbstständigkeit in der Oberstufe lässt darüber hinaus einen Einfluss des Vorwissens der Schüler:innen erwarten (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019).

Es ist folglich zu klären, (*FF1*) welche Schwierigkeiten bei der Datenauswertung bei Lernenden der Oberstufe beim Auswerten aus chemischen Versuchen gewonnener Daten bestehen und (*FF2*) wie das Auftreten dieser Schwierigkeiten mit dem fachlich-konzeptuellen, dem prozeduralen und dem epistemischen Wissen der Schüler:innen zusammenhängt.

Methode

Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurden in zehn Grund- und Leistungskursen der Q1 und Q2 von Gesamtschulen und Gymnasien zum einen während einer Unterrichtsstunde Daten zu den einzelnen Vorwissensbereichen erhoben ($N = 154$). Hierzu wurden drei aus bestehenden Instrumenten adaptierte Skalen zum fachlich-konzeptuellen (Hülsmann, 2015), zum prozeduralen (Vorholzer et al. 2016) und zum epistemischen Wissen (Arnold, 2015) eingesetzt und mithilfe der Software Winsteps raschskaliert. Die Skalen zeigen eine zufriedenstellende Personenreliabilität ($.69 \leq PR \leq .75$). Darüber hinaus zeigen sich mittlere Korrelationen ($.28 \leq \rho \leq .63$) zwischen den einzelnen Skalen, sodass von

ausreichender Diskrimination ausgegangen werden kann. Zusätzlich wurden die kognitiven Fähigkeiten (nonverbale Skala, Heller & Perleth, 2000) erhoben ($\alpha = .79$).

Zum anderen führten die Schüler:innen während zweier weiterer Unterrichtsstunden vorstrukturierte Titrationsexperimente in Zweiergruppen durch (Versuch 1: Vergleich der Säurestärke zweier Säuren, Versuch 2: Untersuchung einer Pufferlösung). Grundlegende Informationen, Fragestellung, Hypothesen und Durchführung des Versuchs wurden den Schüler:innen vorgegeben. Als Resultat der durch digitale Sensoren unterstützten Versuchsdurchführung lagen den Schüler:innen Messdaten zweier Titrationsmessreihen vor. Die Auswertung dieser Daten erfolgte auf Basis offener Aufgabenstellungen, die an den fünf Teilbereichen des Datenauswertens (s.o.) orientiert formuliert wurden. Eine Teilstichprobe wurde dabei videographiert ($n = 72$ in 36 Zweiergruppen). Die resultierenden Videodaten wurden entsprechend einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015), ergänzt durch die schriftlichen Lernendenantworten, induktiv auf unmittelbar beobachtbare Schülerschwierigkeiten hin untersucht, indem basierend auf einem aus Kechel (2016) adaptierten Kodiermanual sukzessive Schwierigkeiten identifiziert und kategorisiert wurden. Dazu wurde zunächst für beide Versuche durch zwei unabhängige Kodierer je ein Kategoriensystem erstellt. Anschließend wurden die Kategoriensysteme kritisch verglichen, wo nötig angepasst und vereinheitlicht, sodass ein Kategoriensystem, das für beide Versuche einsetzbar ist, entstand. Das Kategoriensystem wurde in der Folge auf das verbleibende Datenmaterial angewandt. Dabei wurden wo nötig weiterhin neue Kategorien formuliert und prozessbegleitend innerhalb des Kodiererteams synchronisiert.

Ergebnisse

Als Resultat der Videoanalyse liegt ein Kategoriensystem mit insgesamt 38 Kategorien vor, die sich über die fünf Teilbereiche des Auswertens erstrecken. Diese Schwierigkeitskategorien sind in Tabelle 1 einzusehen. Es zeigt sich, dass das Kodiermanual im Bereich *Daten aufbereiten* besonders produktiv ist. Hier ergaben sich insgesamt 17 Schwierigkeitskategorien. Die restlichen 21 Kategorien verteilen sich auf die weiteren Bereiche. Eine Schwierigkeit wurde durchschnittlich bei $M_{S1} = 14.32$ (Versuch 1) bzw. $M_{S2} = 17.57$ Proband:innen (Versuch 2) diagnostiziert. Hohe Standardabweichungen dieser Mittelwerte zeigen, dass es sowohl Personen mit wenigen als auch mit vielen diagnostizierten Schwierigkeiten gibt ($SD_{S1} = 11.15$ bzw. $SD_{S2} = 16.40$). Gleichzeitig wurden einer Person durchschnittlich $M_{P1} = 9.15$ Schwierigkeiten bzw. $M_{P2} = 11.22$ Schwierigkeiten zugewiesen. Die Standardabweichungen ($SD_{P1} = 4.10$ bzw. $SD_{P2} = 4,95$) verweisen auf Varianz innerhalb der Stichprobe.

Um die Schwierigkeiten auf Ihren Zusammenhang mit dem Vorwissen hin zu untersuchen, wurde für jede Schwierigkeit, bei der die Anzahl der Events dies zuließ, ein binär-logistisches Regressionsmodell berechnet, welches neben den drei Wissensbereichen zusätzlich die kognitiven Fähigkeiten enthielt. Aufgrund des explorativen Charakters dieser Analysen erfolgte die finale Auswahl der Variablen durch algorithmischen Rückwärtsausschluss (Likelihood-Quotienten-Test). Es resultieren auf diese Weise Regressionsmodelle, in denen ein bzw. zwei Prädiktoren verbleiben. Weit überwiegend ergeben sich erwartungsgemäß negative Prädiktoren – Die Auftretenswahrscheinlichkeit der Schwierigkeiten sinkt folglich mit steigendem Vorwissen. Die in den finalen Regressionsmodellen jeweils signifikanten Prädiktoren sind in Tabelle 1 verzeichnet. Es zeigt sich, dass im ersten Versuch häufig das

prozedurale und insbesondere das epistemische Wissen eine Rolle spielt, während im zweiten Versuch das fachlich-konzeptuelle Wissen an Relevanz hinzugewinnt.

Tab.1 Schwierigkeitskategorien mit jeweils signifikanten Prädiktoren

	#	Kurzbezeichnung der Kategorie	Prädiktoren	
			Versuch I	Versuch II
Daten aufbereiten	1	Start-pH-Wert nicht eingetragen	EpW	FW, KFT
	2	Auswahl der Messwerte u./o. Intervalle auf den Achsen zu grob	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	3	Falsche Variable(n) auf Achse(n) aufgetragen	FW	PrW
	4	Ungeeignete(s) Kriterium/Regel zur Auswahl von Messwerten	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	5	Unsicherheit bzgl. Kriterium/Regel zur Auswahl v. Messwerten	EpW	<i>n.s.</i>
	6	Unsicherheit, welche Variable(n) auf Achse(n) aufzutragen sind	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	7	Unsicherheit bzgl. der Darstellung der Graphen	PrW	<i>n.s.</i>
	8	Keine Darstellung der Graphen in <i>einem</i> Koordinatensystem	EpW	PrW⁺, EpW
	9	Achsen v. <i>zwei</i> Koordinatensystemen zusätzlich uneinheitlich	EpW	<i>N.B.</i>
	10	Ungültiges Raten/ Extrapolation des Graphenverlaufs	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	11	Mehr als zwei Variablen im Koordinatensystem	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	12	Unsystematische Auswahl von Messwerten	EpW	EpW
	13	Fehlerhafte Beschriftung der Achsen (Variablen/Einheiten)	EpW	EpW
	14	Zuweisung der UV/AV zu den Achsen n. konventionskonform	PrW	FW, KFT
	15	Intervalle einer Achse sind nicht regelmäßig	<i>N.B.</i>	<i>N.B.</i>
	16	Schwerer Fehler beim Eintragen von Messwerten	EpW	<i>n.s.</i>
	17	Falschen Diagrammtyp gewählt	<i>N.B.</i>	<i>N.B.</i>
Interpretieren	1	Nicht zielführende Beschreibung des Graphen	EpW	PrW
	2	Unvollständige/Oberflächliche Interpretation v. Graphenverlauf	PrW	FW
	3	Falsche/diffuse Verwendung fachlicher Konzepte	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	4	Fachlich falsche Interpretation	<i>n.s.</i>	PrW
	5	Beschreibung des Graphen enthält Deutung d. Graphenverlaufs	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	6	Unsicherheit beim Anwenden eigenen Vorwissens	EpW	EpW
Schlussfolgern	1	Schlussfolgerung nicht argumentativ hergeleitet	FW	<i>n.s.</i>
	2	Keine/ungeeignete Ergebnisse z. Begründ. d. Schlussfolgerung	<i>n.s.</i>	FW
	3	Unklarheit über Versuchsziel	<i>N.B.</i>	<i>N.B.</i>
	4	Schlussfolgerung widerspricht den Versuchsergebnissen	EpW	<i>n.s.</i>
	5	Kein/Oberflächlicher/Teilweiser Rückbezug zur Hypothese	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	6	Kein Bezug z. d. gelösten Stoffen b. Begründen d. Schlussfolg.	<i>n.s.</i>	FW
Beurteilen	1	Unsicherheit beim Umgang mit Schwankungen	FW⁺	<i>N.B.</i>
	2	Keine Reflexion der Messungen/Messwerte	PrW	FW, KFT
	3	Reflexion bezieht sich nicht auf die Versuchsanlage	<i>n.s.</i>	FW
	4	Keine (geeigneten) Vorschläge zur Verbesserung des Versuchs	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	5	Heranziehen ungeeigneter Kriterien zur Beurteilung	<i>n.s.</i>	KFT
	6	Erkannter Fehler wird nicht berücksichtigt	<i>N.B.</i>	<i>N.B.</i>
Gen.	1	Diffuse/keine hypoth. Gesetzmäßigkeit o. Fragestellung formul.	<i>n.s.</i>	PrW
	2	Folgefrage nicht zur Verallgemeinerung geeignet	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
	3	Kein/ein diffuses Folgeexperiment vorgeschlagen	<i>n.s.</i>	PrW

Anmerkungen. Gen. = Generalisieren. N.B = nicht berechnet. n.s = nicht signifikant. FW= fachlich-konzeptuelles Wissen. PrW= Prozedurales Wissen. EpW = Epistemisches Wissen. (*) = Der Zusammenhang ist positiv.

Diskussion

Mit den qualitativ herausgearbeiteten Schwierigkeiten liegen hilfreiche Grundlagen in den Bereichen Diagnostik und Förderung von Fähigkeiten von Schüler:innen beim Auswerten von Daten vor. Die Regressionsanalysen zeigen auf, dass für eine ganze Reihe von Schwierigkeiten ein Zusammenhang zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit und dem Vorwissen besteht. Die Ergebnisse unterstreichen insbesondere, dass für die Performanz der Lernenden beim Auswerten nicht ein Wissensbereich ausschlaggebend ist (vgl. Kind, 2013), sondern alle hier betrachteten Wissensbereich einen Einfluss ausüben.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(15–16), 2719–2749.
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe* (Biologie lernen und lehren, Bd. 10). Berlin: Logos.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. KFT 4-12+R*. Göttingen: Beltz Test.
- Hülsmann, Carolin (2015). *Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 195). Berlin: Logos.
- Kechel, J.H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 214). Berlin: Logos.
- Kind P.M. (2013). Establishing Assessment Scales Using a Novel Disciplinary Rationale for Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 530–560.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Nehring, A., Schwichow, M. (2020). Was ist Wissen, was ist Können? Deutungen des Kompetenzbegriffs und deren psychometrische Konsequenzen im Kontext von Fachwissen und Variablenkontrollstrategie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26, 73–87.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018: Aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In Reiss, K. Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (eds.), *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich* (pp. 211-240). Münster: Waxmann.
- Toplis, R. (2007). Evaluating Science Investigations at Ages 14–16: Dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29(2), 127-150.
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. v. & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 25-41.