

Untersuchung von Einflussfaktoren auf den Erfolg im Chemiepraktikum

Ausgangslage und Zielsetzung

Laborpraktika sind ein wesentlicher Bestandteil eines naturwissenschaftlichen Studiums (Hofstein & Lunetta, 2003; Reid & Shah, 2007). Kritiker allerdings stellen den tatsächlichen Wert laborpraktischen Arbeitens für die universitäre Ausbildung fähiger Chemiker/innen in Frage und bemängeln, dass die zusätzlichen Kosten für Labore und deren Ausstattung sowie der erhöhte Zeitaufwand für die Organisation und Durchführung von Laborpraktika im Vergleich zu Vorlesungen nicht zwingendermaßen zu besseren Lernerfolgen führen (Hawkes, 2004; van den Berg, 2013). Der strittige Stellenwert von Laborpraktika ist besonders vor dem Hintergrund hoher Studienabbruchquoten im ersten Studienjahr im Fach Chemie relevant (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014). Typischerweise belegen Studierende während dieser Zeit ein Laborpraktikum in der Allgemeinen Chemie, welches sie bestehen müssen, um mit ihrem Studium fortfahren zu können. Aus der bestehenden Kritik resultiert die Notwendigkeit das Lernen und den Erfolg in Laborpraktika in der Praxis kritisch zu überprüfen, da bisher nur wenig über den Lernzuwachs in Laborpraktika bekannt ist. Darüber hinaus steht die Frage im Raum, ob nicht Ressourcen für ineffektive Laborpraktika bzw. spätere Studienabbrecher aufgewendet werden.

Theoretischer Hintergrund

Das Vorwissen spielt eine tragende Rolle für bedeutsames Lernen und ist wichtig für den stufenweisen Aufbau von Wissen (z. B. Bretz, Fay, Bruck & Towns, 2013; Novak, 1993). Hodson (1992) überträgt diesen Gedanken auf das praktische Arbeiten und argumentiert, dass das Vorwissen einen Einfluss auf naturwissenschaftliche Beobachtungen ausübt und die Aufmerksamkeit auf bestimmte Beobachtungsaspekte lenkt. Entsprechend können zwei Personen denselben Versuch beobachten und zu unterschiedlichen Erkenntnissen gelangen, da sie ihren individuellen Beobachtungen unterschiedliche Bedeutungen beimessen. Die Konstruktion von Bedeutung kann zudem durch die individuelle Wahrnehmung der Lernumgebung und Erwartungshaltungen an Lernziele gelenkt werden, welche wiederum ebenfalls durch das eigene Vorwissen geprägt sind (Bussey, Orgill & Crippen, 2013). Diese Unterschiede zeigen sich auch bei Chemie-Studierenden. Es gibt Evidenzen, dass sie mit unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen in das Labor gehen, welche sich auf ihre Arbeit auswirken. Während einige Studierende bis zu sieben Stunden zur Vorbereitung der durchzuführenden Versuche aufwenden, bereiten sich andere erst während der Experimentierphase selbst vor (Meester & Maskill, 1995b). Zudem wird häufig beobachtet, dass Studierende im Labor Unsicherheiten im Umgang mit dem Laborinventar zeigen und Schwierigkeiten bei der Anfertigung von Versuchsprotokollen haben (Rollnick, Zwane, Staskun, Lotz & Green, 2001). Wenn sie darüber hinaus das Chemielabor als neue und unbekannte Lernumgebung erst noch kennenlernen müssen, gelangen sie schnell an ihre kognitiven Grenzen (Rollnick et al., 2001). Dies hat zur Folge, dass sie die korrekte und präzise Ausführung von Prozeduren den Vordergrund stellen (Bennet & O'Neale, 1998) und Versuche nach einem kochbuchartigen Prinzip abarbeiten (Domin, 1999). Insbesondere leistungsschwachen Studierenden sollte daher genug Zeit zur Verfügung stehen, um die Lücken im Vorwissen hinreichend vor Veranstaltungsbeginn aufarbeiten zu können und so dem oft zitierten Ziel der Verknüpfung von Theorie und Praxis gerecht zu werden (z. B. van den Berg, 2013). Ist dies nicht der Fall, da sie z. B. das Praktikum als semesterbegleitende Veranstaltung belegen, kann eine mögliche Folge ein geringerer Praktikumerfolg sein.

Forschungsfrage und Hypothesen

Aktuell gibt es bisher kaum quantitative Untersuchungen darüber, wie die individuellen Eingangsvoraussetzungen von Chemie-Studierenden auf ihren Erfolg im Laborpraktikum wirken. Besonders die Rolle des Vorwissens und der Praktikumsposition im Curriculum sind hier von Interesse. Daraus ergibt sich die Frage, ob diese beiden Faktoren einen Einfluss auf Erfolg im Chemiepraktikum ausüben (F). Es wird vermutet, dass Studierende mit geringem Vorwissen gefährdet sind, unzureichende Leistungen im Praktikum zu erbringen, wenn sie ein semesterbegleitendes Praktikum belegen, da hier Wissen vorausgesetzt wird, welches sie sich noch aneignen müssen (H_1). Studierende mit hohem Vorwissen dagegen sollten, unabhängig von der Position des Praktikums grundsätzlich erfolgreicher sein, da sie die notwendigen Voraussetzungen bezogen auf das Vorwissen bereits erfüllen (H_2).

Studiendesign & Methoden

Die vorliegende Studie untersucht ein Chemiepraktikum für Erstsemester-Studierende mit Lehramtsoption an der Universität Duisburg-Essen, da dieses Praktikum sowohl als semesterbegleitende als auch als zweiwöchige Block-Veranstaltung am Ende des Semesters angeboten wird. Beide Veranstaltungen besitzen denselben zeitlichen Umfang von 70 Stunden und sind inhaltlich identisch strukturiert. Das Vorwissen wird mit drei unterschiedlichen Testinstrumenten erfasst. Grund für die Dreiteilung sind unterschiedliche Vorwissens-Domänen. Einerseits muss zwischen Fachwissen und laborpraktischen Fähigkeiten (Lab Skills) differenziert werden. Darüber hinaus jedoch sprechen Abrahams, Reiss & Sharpe (2013) von direkt beobachtbaren und indirekt beobachtbaren Lab Skills. Somit liegt ein paper-pencil Test sowohl für das Fachwissen (FW) (Freyer, 2013; Platova & Walpuski, 2014) als auch für die indirekt beobachtbaren Lab Skills (LS_{id}) (Platova & Walpuski, 2014) vor, während die direkt beobachtbaren Lab Skills (LS_d) über einen hands-on Test mit fünf Stationen erfasst werden (Platova & Walpuski, 2014). Die Daten der paper-pencil Tests werden idealerweise nach Item-Response-Theorie in ein Rasch-Modell überführt (Pentecost & Barbera, 2011). Das Videomaterial wird zunächst über ein Kodiermanual analysiert und anschließend ebenfalls in ein Rasch-Modell überführt. Aus diesen Daten soll das Vorwissen möglichst genau geschätzt werden. Darüber hinaus werden Kontrollvariablen, wie die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie die schulische und experimentelle Vorbildung erhoben. Anschließend sollen über Regressionsmodelle Aussagen über den Zusammenhang zwischen diesen Größen und Praktikums Erfolg getroffen werden können.

Ausgewählte Ergebnisse der Pilotstudie

Die bisher durchgeführte Pilotstudie hatte das Ziel die Grundannahmen zu prüfen und sicherzustellen, dass entsprechende Testinstrumente zur Beantwortung der Forschungsfrage zur Verfügung stehen. Für die Bestimmung der Testgüte wurden die Tests an insgesamt 98 Praktikumssteilnehmer/innen (51 % weiblich) erprobt, von welchen 81 vollständige Datensätze vorliegen. Erste Analysen mittels ConQuest®-Software konnten zeigen, dass die Gütemaße der paper-pencil Tests in einem akzeptablen bis zufriedenstellenden Bereich liegen. Dennoch wurde zwischen der Testung der semesterbegleitenden (P_1) und der Block-Gruppen (P_2) der Test zur Erfassung der Lab Skills revidiert. Die Testgüte konnte damit geringfügig verbessert werden (siehe Tab. 1).

Test-Instrument	N	Item-Reliabilität	EAP/PV-Reliabilität	Item-Schwierigkeit	wMNSQ	t-Werte
Fachwissen	81	.94	.89	-1.50 - 3.69	0.76 - 1.22	-2.7 - 1.9
Lab Skills (P_1)	59	.91	.68	-1.80 - 2.25	0.79 - 1.13	-1.8 - 1.0
Lab Skills (P_2)	39	.91	.71	-1.91 - 2.40	0.87 - 1.11	-1.1 - 0.6

Tab. 1: Testgütemaße für paper-pencil Tests zur Messung des Vorwissens.

Eine daran anschließende Modellanalyse sollte überprüfen, ob die so erhobenen Domänen tatsächlich unterschiedliche Konstrukte abbilden. Auf Grundlage der Daten des Fachwissens-Tests und des revidierten Lab Skills Tests wurde ein ein-dimensionales Modell gegen ein zwei-dimensionales Modell geprüft (siehe Tab. 2). Hier konnte aufgrund einer signifikanten Präferenz des zwei-dimensionalen Modells ($\chi^2(2, N=39) = 166.64, p < .001$) die Trennbarkeit beider Konstrukte sichergestellt werden.

	1D-Modell		2D-Modell	
		Fachwissen	Lab Skills (LS _{id})	
<i>N</i>	39		39	
Deviance	2153.37		1986.73	
Varianz	0.60	0.73		0.25
Geschätzte Parameter	55		57	
AIC	2263.36		2100.74	
BIC	2240.87		2077.43	
CAIC	2295.88		2134.43	

Tab. 2: Dimensionsanalyse der Konstrukte „Fachwissen“ und „Lab Skills (indirekt)“.

Mit den reliabel geschätzten Personenfähigkeiten aus dem Rasch-Modell wurden zudem explorativ erste Regressionsanalysen gerechnet. Dabei stellte sich heraus, dass nur das Vorwissen der Fachinhalte signifikant prädiktiv auf die Endnote im Praktikum wirkt ($F(1, 68) = 18.611, p < .001$). Die entsprechenden Maße sind in Abb. 1 einzusehen.

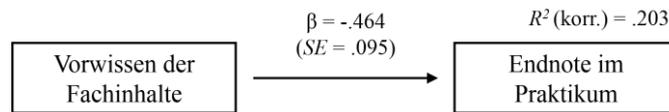


Abb. 1: Lineare Regression zur Vorhersage der Endnote im Praktikum.

Ausblick für die Hauptstudie

Die bisherigen Analysen konnten sicherstellen, dass das Vorwissen über die paper-pencil Tests reliabel erfasst werden kann und dass die Items der Tests unterschiedliche Konstrukte abbilden. Die Daten der direkt beobachtbaren Lab Skills (LS_{id}) befinden sich dagegen noch in der Auswertung, da an dieser Stelle zunächst Optimierungen im Kodiermanual und der Auswertungsmethodik vorgenommen werden mussten. Dennoch wurden die Erfahrungen aus der Testadministration herangezogen, um die Stationsaufbauten und Instruktionen für die Hauptstudie zu optimieren und strenger zu standardisieren.

Erste explorative Analysen konnten zudem die Annahme bestätigen, dass das Vorwissen der Studierenden bezogen auf die Fachinhalte signifikant die Endnoten im Praktikum beeinflussen. Da die laborpraktischen Fähigkeiten scheinbar bisher keinen signifikanten Einfluss ausüben, werden für die Hauptstudie zusätzlich Instrumente implementiert, welche die Zielsetzungen des Praktikums gezielt abfragen, um Hinweise darüber zu erhalten, ob eine der Vorwissens-Domänen vorrangig notwendig zum Absolvieren des Laborpraktikums ist.

Literatur

- Abrahams, I., Reiss, M. J. & Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science. *Studies in Science Education*, 49 (2), 209 - 251.
- Bennett, S. W. & O'Neale, K. (1998). Skills development and practical work in chemistry. *University Chemistry Education*, 2 (2), 58 - 62.
- Bussey T. J., Orgill M. K. & Crippen, K. J. (2013). Variation theory: A theory of learning and a useful theoretical framework for chemical education research. *Chemistry Education Research and Practice*. 14 (1), 9 - 22.
- Domin, D. S. (1999). A content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of higher-order cognitive tasks. *Journal of Chemical Education*, 76 (1), 109 - 111.
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156*. Berlin: Logos Berlin.
- Hawkes, S. J. (2004). Chemistry is not a laboratory science. *Journal of Chemical Education*, 81(9), 1257.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. Hannover: HIS.
- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work – Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1 (2), 115 - 144.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28 - 54.
- Meester, M. A. M., & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 705 - 719.
- Novak, J. D. (1993). Human constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6 (2), 167 - 193.
- Pentecost, T. C. & Barbera, J. (2013). Measuring learning gains in chemical education: a comparison of two methods. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 839 - 845.
- Platova, E. & Walpuski, M. (2014). Improvement and evaluation of a laboratory work for the first-semester teacher-students. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 2* (co-ed. Lavonen, J. & Zeyer, A.), (pp. 37 - 43) Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172 - 185.
- Rollnick, M., Zwane, S., Staskun, M., Lotz, S. & Green, G. (2001). Improving pre-laboratory preparation of first year university chemistry students. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1053 - 1071.
- van den Berg, E. (2013). The PCK of laboratory teaching: turning manipulation of equipment into manipulation of ideas. *Scientia in educatione*, 4(2), 74 - 92.