

## **Erfolg im Laborpraktikum: Welche Variablen sind relevant?**

### **Theoretischer Hintergrund**

Studierende definieren Erfolg im Studium über das Bewertungssystem und die Kursstruktur (Russell & Weaver, 2008). Da fast alle Universitäten in den Naturwissenschaften die praktischen Fähigkeiten der Studierenden über deren Protokolle bestimmen (Meester & Maskill, 1995; Sacher & Bauer, 2020; Seery et al., 2019), spielen die praktischen Fähigkeiten der Studierenden für ihre Bewertung nur eine untergeordnete Rolle - außer dass sie (irgendwie) das Experiment bestehen müssen (Elert, 2019). Fachdidaktisch herrscht keine Einigkeit darüber, ob Studierende durch das Laborpraktikum (1) den praktischen Umgang mit Geräten und Chemikalien (practise-focused), (2) ein vertieftes Verständnis der Theorie, auf der die Experimente basieren (theory-focused), oder (3) die Verbindung von beidem (linking of theory and practise) erlernen sollen (Elert, 2019; Russell & Weaver, 2008; White, 1996). Wenig überraschend wird das Lernziel des Experiments nur in etwa der Hälfte der Skripte beschrieben (Meester & Maskill, 1995). In der Literatur werden zum Teil weitere affektive Ziele für Laborpraktika diskutiert: Interesse, Motivation (Russell & Weaver, 2008), Abwechslung bieten, Motivieren, Spannend und Attraktion für Lernende (White, 1996).

Bezüglich der Bearbeitung der Versuche beschreibt die Literatur, dass das, was Studierende aus einer Aufgabe machen, nicht zwangsläufig das ist, was Lehrende intendiert hatten (Tiberghien et al., 2001). Johnstone und Wham (1982) beschreiben beispielsweise drei stereotype Verhaltensweisen: Lernende arbeiten (1) das Skript Schritt für Schritt ab, ohne zu wissen, was sie tun („Wir arbeiten an der Reaktion auf Seite 4“), (2) so schnell es geht, ohne nachzudenken, was sie tun (Ziel: fertig werden / den richtigen Zustand herstellen; siehe auch Galloway & Bretz, 2016) und (3) an „eigenen Experimenten“ statt an der Fragestellung. Als mögliche Erklärungen werden kognitive Überlastung (Johnstone & Wham, 1982), aber auch eine Betrachtung des Labors als nicht-kognitives Event (Johnstone & Wham, 1982) bzw. kein Raum, in dem neue Konzepte erlernt werden (Russell & Weaver, 2008), diskutiert. Domin (1999a) geht davon aus, dass Laborpraktika Studierenden nicht genug Zeit lassen, um über zugrundeliegende Prinzipien nachzudenken. Studien deuten dagegen darauf hin, dass Laborpraktika keine qualitative Fehlbeanspruchung, sondern quantitative Fehlbeanspruchung (Schwedler, 2017) darstellen und von den Studierenden entsprechend als zeitraubend empfunden werden (Russell & Weaver, 2008). Als weitere möglicherweise relevante Faktoren werden emotionaler Stress durch Zeitdruck, Hilflosigkeit und der Wunsch schnell fertig zu werden diskutiert (Elert, 2019; Galloway & Bretz, 2016; Keen & Sevian, 2022; Seery et al., 2019).

### **Forschungsfragen**

Welcher Zusammenhang zwischen versuchsbezogenen Variablen (kognitive Belastung, Motivation, Interesse, erreichte Punktzahl, Stressempfinden) sowie Variablen der Lernumgebung (Lernziele der Studierenden, Kursklima, unnötige kognitive Belastung) und Leistungsbewertung (Protokollnote) besteht, wird im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht.

Bestehen Zusammenhänge ...

- (FF1) für die Prozessvariablen zwischen den Versuchen?

- (FF2) zwischen den Prozessvariablen für einen Versuch?
- (FF3) zwischen der (Protokoll)Note, Prozessvariablen und Variablen der Lernumgebung?

### **Lehrveranstaltung**

Die Untersuchung fand im Erstsemesterpraktikum Allgemeine Chemie für Lehramtsstudierende Chemie (B.Sc.) in drei Praktikumsgruppen (2 x semesterbegleitend, 1 x Block zu Beginn der vorlesungsfreien Zeit) für 7 Versuche zur quantitativen Analyse statt (1. Essigsäuretitration, 2. Pufferlösung, 3. Redoximetrie, 4. Komplexometrie, 5. Gravimetrie, 6. Elektrogravimetrie, 7. Photometrie). Im Rahmen des Praktikums müssen Studierende zunächst ein Antestat zu jedem Versuch bestehen, bevor sie eine Probelösung erhalten, die sie analysieren, um anschließend den zu ermittelnden Wert zu berechnen, den sie bei der Praktikumsleitung ansagen. Entsprechend der Übereinstimmung zwischen bestimmtem Wert und tatsächlichem Wert erhalten die Studierenden zwischen 0 und 10 Punkte. Falls weniger als 2 Punkte erzielt wurden, muss der Versuch wiederholt werden. Im Durchschnitt müssen pro Versuch 5 Punkte erreicht werden. Nach Bestehen der 7 Versuche wird den Studierenden ein Versuchsprotokoll zu drei Versuchen zugeordnet. Für das Anfertigen des Protokolls haben die Studierenden eine Woche Zeit, bei nicht ausreichender Leistung kann das Protokoll einmalig korrigiert werden.

### **Studiendesign**

Vor Beginn des Praktikums (Pre-Zeitpunkt) wurden die Lernziele der Studierenden erfasst. Hierzu wurden 32 Lernziele (Elert, 2019) über 5-stufige Ratingskala zur erwarteten Relevanz im Praktikum von den Studierenden bewertet. Im Praktikum wurden für jeden Versuch vor jeder Ansage die kognitive Belastung (empfundene Aufgabenschwierigkeit, Kalyuga et al., 2001, investierte Denkanstrengung, Paas, 1992), Motivation (Erwartung: Was erwarten Sie, wie gut Sie in diesem Versuch abschneiden werden?, Wert: Für wie nützlich halten Sie diesen Versuch?) und Interesse (situationales Interesse: Ich finde diesen Versuch interessant, Relevanz: Ich finde diesen Versuch persönlich wichtig) über 9-stufige Ratingskalen erfasst. Nach der Ansage wurde die erreichte Punktzahl sowie, erneut über 9-stufige Ratingskalen, der erlebte Stress erfasst (Schwarzer & Jerusalem, 1999). Nach Bestehen der sieben Versuche (Post-Zeitpunkt) wurden erneut die Lernziele erhoben (s. o.) sowie die erlebte unnötige kognitive Belastung durch die Lernumgebung (8 Items, 7-stufig, adaptiert nach, Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014) und das Kursklima (adaptierte Skala Wärme des Linzer Fragebogen zum Schul- und Klassenklima (8-13), semantische Differentiale, 5-stufig, Eder, 1998) erhoben. Nach Bestehen des Protokolls (Follow up-Zeitpunkt) wurden zusätzlich zur Protokollnote die Variablen des post-Zeitpunkts erneut erhoben.

### **Methode**

Aufgrund von hohen Datenverlusten werden für die Analyse lediglich die Versuche 2-7 und hier jeweils nur die erste Ansage pro Versuch betrachtet. Berücksichtigt wurden nur Studierende mit nahezu vollständigen Datensätze ( $N = 20$ ). Die Datenanalyse erfolgte mit IBM SPSS (Version 26). Berichtet werden Korrelationsanalysen.

### **Ergebnisse**

Die einzige Variable, für die sich über alle sechs Versuche signifikante Korrelationen findet (FF1), ist des Stresserleben ( $r = .654-.906$ ). Für die Variable Wert finden sich noch für etwa die Hälfte der Versuche signifikante Korrelationen. Für alle anderen Variablen finden sich über die Versuche hinweg lediglich einzelne signifikante Zusammenhänge. Es scheinen demnach kaum Zusammenhänge zwischen beispielsweise der kognitiven Belastung, die ein Versuch verursacht, und der kognitiven Belastung, die ein anderer Versuch verursacht, zu bestehen.

Auch hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den betrachteten Prozessvariablen pro Versuch (FF2) finden sich kaum stringente Zusammenhänge über alle Versuche. Lediglich Wert und situationales Interesse sind für alle sechs Versuche signifikant korreliert ( $r = .510 - .908$ ). Erwartbare Zusammenhänge, wie beispielsweise zwischen kognitiver Belastung, Motivation und erreichter Punktzahl, sind nur in Teilen und dann nur vereinzelt vorhanden. Zwischen der Protokollnote und Prozessvariablen (kognitive Belastung, Motivation, Interesse, erreichte Punktzahl, Stressempfinden) sowie Variablen der Lernumgebung (Lernziele der Studierenden, Kursklima, unnötige kognitive Belastung) (FF3) liegen keine stringenten Zusammenhänge vor. Es gibt zwar vereinzelte signifikante Korrelationen zwischen Prozessvariablen und der Protokollnote, diese treten aber nur für einzelne Versuche auf. Die erreichte Punktzahl und die kognitive Belastung korrelieren für keinen Versuch mit der Protokollnote.

### **Diskussion**

Die Ergebnisse zeigen, dass die Protokollnote in quasi keinem Zusammenhang mit der Lernumgebung oder dem Lernprozess im Praktikum steht. Auch auf Ebene der Versuche bleiben erwartbare Zusammenhänge, wie beispielsweise zwischen kognitiver Belastung und erreichter Punktzahl oder zwischen Erwartung der Studierenden und erreichter Punktzahl aus. Lediglich Wert und situationales Interesse sind für alle sechs Versuche signifikant korreliert. Für die betrachteten Prozessvariablen bestehen über die sechs Versuche hinweg wenig Zusammenhänge. Studierende, die in Versuch 3 eine hohe Punktzahl erreichen, erreichen beispielsweise nicht auch in Versuch 4 eine hohe Punktzahl (obwohl beide Versuche Titrationsversuche sind). Die Versuche scheinen demnach nicht eine kohärente Lernumgebung zu bilden, sondern eher für sich zu stehen. Für Studierende scheint es auch dadurch schwierig zu sein einzuschätzen, welche Anforderungen an sie gestellt werden und ob es ihnen gelingt diese zu bewältigen.

Angesichts der Ergebnisse überrascht es wenig, dass Studierende keinen Zusammenhang zwischen ihren Fähigkeiten und dem Erfolg im Labor sehen (Elert, 2019; Galloway & Bretz, 2016). Für mehr Transparenz bezüglich der Anforderungen im Labor ist ein fachdidaktischer Konsens darüber, was Studierende im Labor lernen sollen unerlässlich (Keen & Sevian, 2022). Im Sinne eines Constructive Alignments (Wildt & Wildt, 2011) sollten (1) Transparenz über Lernziele, (2) dazu passende Aufgaben und (3) eine passende Bewertung (wie kann die aussehen?) angestrebt werden (Sacher & Bauer, 2020).

### **Limitationen**

Die vorliegenden Ergebnisse sind durch hohe Datenverluste, die Beschränkung auf nur sechs Versuche und die erste Ansage beschränkt. Berücksichtigt wurden nur 20 Studierende mit (fast) vollständigen Datensätzen – dadurch wurden Abbrecherinnen und Abbrecher automatisch ausgeschlossen. Viele Studierende stammen aus der sehr kleinen Blockveranstaltung. Die vorliegende Studie hat die Antestate nicht berücksichtigt (extrinsisch motivierte Vorbereitung auf ein Experiment „Du darfst sonst nicht anfangen“, Meester & Maskill, 1995) und es liegen keine (Fach)Wissensdaten vor.

Darüber hinaus muss angesichts der Ergebnisse die Auswahl der Variablen hinterfragt werden. Qualitative Studien zeigen, dass möglicherweise (auch) Frustration und Langeweile relevante Variablen sein können (Galloway & Bretz, 2016; Keen & Sevian, 2022; Seery et al., 2019).

### Literaturverzeichnis

- Domin, D. S. (1999a). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 109–111. <https://doi.org/10.1021/ed076p109>
- Eder, F. (1998). *Linzer Fragebogen zum Schul- und Klassenklima für die 8.-13. Klasse (LFSK 8-13): Handanweisung*. Hogrefe-Verlag.
- Elert, T. (2019). *Course success in the undergraduate general chemistry lab. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 284*. Logos Verlag.
- Galloway, K. R. & Bretz, S. L. (2016). Video episodes and action cameras in the undergraduate chemistry laboratory: eliciting student perceptions of meaningful learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 139–155. <https://doi.org/10.1039/c5rp00196j>
- Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*(19), 71–73.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579–588. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579>
- Keen, C. & Sevian, H. (2022). Qualifying domains of student struggle in undergraduate general chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 12–37. <https://doi.org/10.1039/d1rp00051a>
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. & van Merriënboer, J. J. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction*, 30, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.001>
- 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. <https://doi.org/10.1080/0950069950170603>
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Russell, C. B. & Weaver, G. (2008). Student Perceptions of the Purpose and Function of the Laboratory in Science: A Grounded Theory Study. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 2(2). <https://doi.org/10.20429/ijstl.2008.020209>
- Sacher, M. D. & Bauer, A. B. (2020). Kompetenzförderung im Laborpraktikum. In T. Haertel, S. Heix, C. Terkowsky, S. Frye, T. R. Ortelt, K. Lensing & D. May (Hrsg.), *Labore in der Hochschullehre* (S. 51–66). wbv Publikation.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. R. Schwarzer.
- Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 165–179. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0064-5>
- Seery, M. K., Agustian, H. Y. & Zhang, X. (2019). A Framework for Learning in the Chemistry Laboratory. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 546–553. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800093>
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C. & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483–508. <https://doi.org/10.1002/sci.1020>
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761–774. <https://doi.org/10.1080/0950069960180703>
- Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im "Constructive Alignment". Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, A. Fleischmann, N. Schaper, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre*. DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH.