

## Kognitive Belastung von Erstsemesterstudierenden in Laborpraktika

### Theoretischer Hintergrund

Laborpraktika sind traditionell ein charakteristisches Element naturwissenschaftlicher Studiengänge. Als eine herausragende Besonderheit wird dabei die Vermittlung zwischen der *Domäne der Objekte* und Beobachtungen (praktischer Umgang mit Geräten und Chemikalien) und der *Domäne der Vorstellungen* (konzeptuelles Verständnis von Fachinhalten) angesehen (Abrahams & Millar, 2008; Tiberghien, 2000).

Aus Sicht der Cognitive Load Theory (z. B. Paas & Sweller, 2014) bergen Laborpraktika ein hohes Risiko kognitiver Überlastung, weil zum einen in zwei Inhaltsbereichen gleichzeitig gelernt werden soll, nämlich in der *Domäne der Objekte* und in der *Domäne der Vorstellungen*, sodass ein hoher *intrinsic load* zu erwarten ist. Zum anderen besteht durch die Laborumgebung eine vergleichsweise große Gefahr, dass Lernende durch unklare Versuchsanleitungen oder die Suche nach Geräten und Chemikalien im Labor einen hohen *extraneous load* erfahren.

Neuere Testinstrumente zur Erfassung der kognitiven Belastung ermöglichen es *intrinsic load* und *extraneous load* getrennt voneinander zu erfassen (Leppink, Paas, van der Vleuten, van Gog, & van Merriënboer, 2013). Das Instrument erfasst darüber hinaus einen dritten Faktor, für den allerdings nicht abschließend geklärt werden konnte, ob er *germane load* erfasst (Leppink, Paas, van Gog, van der Vleuten, & van Merriënboer, 2014). Ziel der hier vorgestellten Studie ist es zu prüfen, inwiefern das Testinstrument, das bisher nur im Rahmen klassischer Lernumgebungen (paper pencil, multimedia learning) eingesetzt wurde, auch in Laborpraktika erfolgreich eingesetzt werden kann, um zwischen *intrinsic load* und *extraneous load* zu differenzieren. Darüber hinaus soll überprüft werden, inwiefern es möglich ist, im Rahmen von Laborpraktika zusätzlich die kognitiven Belastungen, die durch die beiden Lernbereiche (*Domäne der Objekte*, *Domäne der Vorstellungen*) verursacht werden, zu unterscheiden. Wenn dies gelingt, kann mithilfe des Testinstruments überprüft werden, ob die Effektivität von Laborpraktika durch Interventionsmaßnahmen, die auf einen der beiden Lernbereiche abzielen, verbessert werden kann.

### Fragestellung

- Inwiefern können im Rahmen eines Laborpraktikums *intrinsic load* und *extraneous load* getrennt voneinander erfasst werden?
- Inwiefern kann im Rahmen eines Laborpraktikums die kognitive Belastung, die durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, von der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Vorstellungen* verursacht wird, unterschieden werden?

### Design

Im Rahmen eines Praktikums der *Allgemeinen Chemie* führen Studierende (Lehramt Chemie) des ersten Semesters sieben unterschiedliche Experimente (1) Acidimetrie, 2) Pufferlösung, 3) Redoximetrie, 4) Komplexometrie, 5) Gravimetrie, 6) Elektrogravimetrie, 7) Photometrie) durch. Direkt nach der Durchführung jedes jeweiligen Experiments wird die kognitive Belastung durch die beiden Lernbereiche (*Domäne der Objekte* (DdO), *Domäne der Vorstellungen* (DdV)) und unnötige Verarbeitungsprozesse, die durch die *Lernumgebung* (Labor (L)) verursacht werden, mittels Fragebogenerhebung auf einer 7-stufigen Skala (trifft zu, trifft nicht zu) erfasst.

Hierzu wurde das Instrument von Leppink und Kollegen (Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014; Leppink, van Gog, Paas, & Sweller, 2015) ins Deutsche übersetzt und an die spezifische Lernsituation angepasst. Das adaptierte Testinstrument umfasst insgesamt 26 Items. Es wurden vier Fragebogenversionen (A, B, C, D) erstellt, die die Items in unterschiedlicher (zufälliger) Reihenfolge enthalten.

Tabelle 1: Aufbau des Testinstruments

	DdO	DdV	L	Gesamt
germane load	5 Items	5 Items	-	10 Items
intrinsic load	4 Items	4 Items	-	8 Items
extraneous load	4 Items	-	4 Items	8 Items
Gesamt	13 Items	9 Items	4 Items	26 Items

### Methoden

Da angenommen werden muss, dass die Komponenten miteinander korrelieren, wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA), mit oblique Rotation (oblimin) durchgeführt. Hierfür wurden alle Fragebögen zur kognitiven Belastung verwendet (Studierende können somit bis zu sieben Mal in die Analyse eingehen). Dieses Vorgehen hat zum einen den Vorteil, dass für die Komponentenanalyse ein größerer Datensatz zur Verfügung steht, zum anderen bietet dieses Vorgehen den weiteren Vorteil, dass gleichzeitig mehrere inhaltlich unterschiedliche Lernsituationen in die Analyse eingehen, wodurch die Daten inhaltlich valider werden. Komponenten, die aus einer solchen Analyse hervorgehen, sollten daher robust und auf andere Lernszenarien übertragbar sein.

### Ergebnisse

Die Studie fand im Wintersemesters 2017/18 statt ( $N_{Studierende} = 81$ ). Fragebögen, bei denen Angaben fehlten oder Angaben nicht eindeutig waren, wurden nicht berücksichtigt. Dadurch ergaben sich 485 Datensätze ( $KMO = .926$ , Einzelitems  $\geq .857$ , Barlett's  $\chi^2(325) = 6250$ ,  $p < .001$ ).

Die Hauptkomponentenanalyse ergab vier Komponenten, die sich inhaltlich sinnvoll interpretieren lassen: Die erste Komponente (*germane load*) umfasst alle Items, die darauf zielen *germane load* (gl) zu erfassen (zur Diskussion, ob dieser Faktor wirklich *germane load* erfasst, siehe Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014; Leppink, et. al., 2015). Eine Differenzierung zwischen der *Domäne der Objekte* und der *Domäne der Vorstellungen* gelang hier nicht. Die zweite Komponente (*extraneous load*) umfasst alle Items, die darauf zielen *extraneous load* (el), der sich auf die *Domäne der Objekte* (DdO) bezieht, zu erfassen. Darüber hinaus laden vereinzelt auch Items, die *extraneous load* (el), der durch die *Lernumgebung* (L) verursacht wird, erfassen sollten, auf diese Komponente. Ob es hier möglicherweise durch sprachliche Anpassung der Items gelingen kann, zwischen *extraneous load*, der durch die *Lernumgebung*, und *extraneous load*, der durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, zu differenzieren, wird in einer Folgestudie geprüft. Die dritte Komponente (*intrinsic load*, *Domäne der Vorstellungen*), umfasst alle Items, die darauf zielen, *intrinsic load* (il), der auf die *Domäne der Vorstellungen* (DdV) zurückgeht, zu erfassen. Diese kognitive Belastung lässt sich vom *intrinsic load* (il), der durch die *Domäne der Objekte* (DdO) verursacht wird, abgrenzen (Komponente 4: il, DdO). Auf die letzte Komponente laden außerdem zwei Items (el3, L und meell), die darauf zielen die kognitive Belastung, die durch die *Lernumgebung* verursacht wird, zu erfassen. Da diese Items in Komponentenanalysen mit unterschiedlichen Teilstichproben verschiedenen Komponenten zugeordnet wurden, wurden sie für weitere Analysen ausgeschlossen. Bei diesen Items ist ebenfalls zu prüfen, inwiefern sie durch sprachliche Anpassung optimiert werden können. Möglicherweise lässt sich dadurch auch eine weitere Ausdifferenzierung zwischen (el, L und el, DdO) erreichen.

Tabelle 2: Mustermatrix

Item- bezeichnung	K 1	K 2	K 3	K 4	Reliabilität (N = 485)
	gl	el	il, DdV	il, DdO	
gl(1), DdV	0.833				.901
gl(2), DdV	0.799				
gl(3), DdV	0.758				
gl(4), DdV	0.828				
megl, DdV	0.476		-0.491		
gl1, DdO	0.664				
gl2, DdO	0.731				
gl3, DdO	0.633				
gl4, DdO	0.651				
meglvd	0.533				
il1, DdV			-0.765		.823
il2, DdV			-0.755		
il3, DdV			-0.863		
meilfw			-0.598		
il1, DdO				-0.685	.809
il2, DdO				-0.595	
il3, DdO				-0.646	
meilvd				-0.551	
el1, DdO		0.812			
el2, DdO		0.824			.842
el3, DdO		0.906			
meelvd		0.496			
el1, L		0.635			
el2, L		0.543			
el3, L				-0.472	
meell				-0.631	

*Unerwünschte Querladungen < .400 werden unterdrückt,  
in Grau: unerwünschte (Quer)Ladungen > .400*

Im Anschluss an die Komponentenanalyse wurden entsprechend der identifizierten Komponenten die Items zu Variablen zusammengefasst. Hierfür wurde die mittlere Zustimmung der Studierenden zu den jeweiligen Items für einen Versuch berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass *intrinsic load* und *extraneous load* im Rahmen eines Laborpraktikums getrennt voneinander erfasst werden können. Zusätzlich konnte eine dritte Komponente (möglicherweise *germane load*) bestimmt werden. Darüber hinaus konnte mit Blick auf den *intrinsic load* zwischen der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, und der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Vorstellungen* verursacht wird, unterschieden werden.

#### Ausblick

Geplant ist das Instrument im Wintersemester 2018/19 erneut einzusetzen und dabei die Formulierung der Items el3, L und meell zu überarbeiten, um eine weitere Differenzierung realisieren zu können. In einem nächsten Schritt wäre es wünschenswert das Instrument in anderen Laborpraktika zu erproben. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwiefern mit dem Instrument Interventionen, die auf einer Veränderung der kognitiven Belastung zielen, evaluiert werden können.

**Literatur**

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. M. P., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavioral Research Methods*, 45(4), 1058-1072.
- Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. M., & van Merriënboer, J. J. G. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction*, 30(2), 32-42.
- Leppink, J., van Gog, T., Paas, F., & Sweller, J. (2015). Cognitive load theory: researching and planning teaching to maximize learning. In: J. Cleland & S. J. Durning (Hrsg.), *Researching Medical Education - First Edition* (S. 207-218). John Wiley & Sons.
- Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implication of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning. Second Edition* (pp. 27-42). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education. The contribution of research* (pp. 27–47). Buckingham: Open University Press.