

## Cognitive Load und authentische Probleme

### Hintergrund

Das Lösen von Problemen oder Aufgaben stellt eine zentrale Kompetenz im Physikunterricht dar (Hopf et al., 2011), die jedoch den Lösenden vor erhebliche kognitive Anforderungen stellen kann. Authentische Probleme, die in einem Kontext untersucht und interpretiert werden müssen, haben in den letzten Dekaden an Präsenz in Schulen zugenommen. Sie stellen aber über das eigentliche Problemlösen hinausgehende, zusätzliche Anforderungen an den Lösenden.

Empirische Studien weisen auf affektive Merkmale wie Motivation hin, die Kontexte zu fördern im Stande sind, zeigen jedoch keinen eindeutigen Einfluss auf die Leistung im Problemlöseprozess (Bennett et al., 2007).

Die Cognitive Load Theory (z.B.: Schnotz et al., 2007) scheint einen sinnvollen Rahmen zu bieten, diesen möglichen Einfluss näher zu untersuchen und bietet Erklärungsansätze:

Während von einer potentiellen Motivationssteigerung, dem Gefühl der Bedeutsamkeit oder der Möglichkeit, an Bekanntes anzuknüpfen, eine Senkung der kognitiven Belastung erwartet werden kann, ist davon auszugehen, dass zusätzliche, miteinander interagierende Informationen, eine tendenziell höhere Textlänge oder die Möglichkeit, sich durch den Kontext abzulenken, zu einer Steigerung der kognitiven Belastung führen kann. Die Vorstudie soll dazu beitragen, dieses Spannungsfelds näher zu untersuchen (vgl. auch Kuhn et al, 2010). Dazu werden personen- und schulklassenbezogene Variablen kontrolliert und aufgabenbezogene Variablen wie die Authentizität und der Lesbarkeitsindex variiert.

### Forschungsfragen und Design

Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

F1: Welchen Einfluss hat die kognitive Belastung auf die Leistung im Problemlöseprozess?

F2: Welcher Anteil der Varianz der Leistung lässt sich durch die betrachteten Variablen erklären?

F3: Lässt sich die kognitive Belastung als ein Mediator aufgabenbezogener und personenbezogener Variablen modellieren (vgl. Nesbit et al., 2006)?

LIX hoch	Gruppe 2 (39 SuS)	Gruppe 4 (39 SuS)	Darüber hinaus ist das Ziel der Studie, die verwendeten Instrumente und Materialien sowie die eingesetzte multivariate Parallelisierung näher zu untersuchen und mögliche Hinweise zur Aufgabengestaltung zu generieren, was hier jedoch nur am Rande präsentiert werden kann.
----------	----------------------	----------------------	--

LIX niedrig	Gruppe 1 (38 SuS)	Gruppe 3 (44 SuS)	An der vorliegenden Vergleichsstudie nahmen 170 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7 bis 10 im Alter von 11 bis 18 Jahren an einem Gymnasium teil. Alle Schulklassen haben die für Termin II relevante Thematik, gleichförmige Bewegung, bereits behandelt.
-------------	----------------------	----------------------	---

	traditionell	authentisch	Die Studie umfasst zwei Erhebungszeitpunkte im Zeitraum Februar bis März 2017, zwischen denen je Klasse genau eine Woche lag. Jeder Termin nahm 60 min
--	--------------	-------------	--

in Anspruch. Zu Termin I wurden für den Problemlöseprozess relevante personenbezogene Variablen (z.B. Brandenburger, 2016; Löffler, 2016) erhoben vgl. Tab.1. Diese Daten wurden für eine multivariate Parallelisierung der beim zweiten Termin eingeteilten vier Gruppen

Abb.1 Gruppen beim II. Termin

verwendet. Während die Gruppen inhaltsgleiche Aufgabentexte zum Themenbereich gleichförmige Bewegung und drei Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ sowie drei Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Bewertung“ erhielten (Hopf et al., 2011), unterschieden sich die Texte in den aufgabenbezogenen Variablen Kontext (traditionell, authentisch) und Lesbarkeitsindex (niedrig: LIX=29, hoch: LIX=47) vgl. Abb.1.

Die Zuteilung im Rahmen der multivariaten Parallelisierung erfolgte so, dass sich die Gruppen in keiner der 15 Variablen (vgl. Tab.1) statistisch unterschieden. Die praktische Einteilung in die Gruppen und die anschließende Bearbeitung der Aufgaben erfolgte beim zweiten Erhebungstermin in Einzelarbeit. Beim zweiten Erhebungstermin wurden nach jeder der sechs Aufgaben die kognitive Belastung und die aktuelle Motivation erhoben.

Skala/Variable	Termin	Items	Reliabilität (Cronbachs Alpha)	Quelle
Abhängige Variable				
Leistung (nach Manual)	II	1-17	0,78-0,90	-
Mögliche Mediatorvariablen				
Kognitive Belastung	II	3	0,85 vgl. Jaeger et al.	Paas, 1992; Kalyuga, et al. 1999; Kuensting, 2007; Maynard et al. 1997
Aktuelle Motivation	II	3	0,75 vgl. Jaeger et al.	
Unabhängige Variablen				
Kontext, Authentizität	II	-	-	-
Geschlecht	I	1	-	-
Alter	I	1	-	-
Fachwissen (gleichförmige Bewegung)	I	12	0,66	-
Intrinsische Motivation	I		>0,70	Kuhn, 2010
Selbstkonzept	I		>0,70	
Alltagsbezug PH Unterricht	I		>0,70	
Kognitiver Fähigkeits-Test (Q2, V3)	I	je 20	0,85 0,75	Heller et al., 2000
Leseverständnis	I	23	0,51	Schlagmüller et al., 2007
Lesegeschwindigkeit	I	1	-	
Noten in Mathematik, Physik, Deutsch, Sport	I	je 1	-	-
Anzahl der Bücher	I	1	-	-

Tab.1: Überblick über das Studiendesign und Variablen

Mit Ausnahme des Fachwissenstests handelte es sich bei allen Instrumenten um Skalen, die sich bereits in Studien bewährt hatten. Der Fachwissenstest wurde raschskaliert. Nach (Adams, 2002) ist der Test Rasch-homogen, da die gewichtete mittlere quadratische Abweichung (wMNSQ-Wert) für alle Items im Bereich 0,93 und 1,08 liegt und der zugehörige kritische t-Wert von 1,96 für kein Item überschritten wird. Zudem liegen keine Hinweise auf

Differential Item Functioning vor. Der Test erwies sich für die Stichprobe als etwas zu leicht. Das Material des Erhebungstermins II bestand aus einem verkürzten Zeitungsartikel über einen Schwimmwettkampf in Rio de Janeiro 2016. Zentral geht es, angelehnt an (Hopf et al., 2011), um die Frage der Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung der Tausendstelsekunde bei der Bewertung der Leistung eines Schwimmers. Damit bedient es den Interessentyp „Mensch und Natur“ und bevorzugt so weder Mädchen noch Jungen (Müller, 2006).

### Ergebnisse

**F1:** Bei der Untersuchung eines möglichen Einflusses der kognitiven Belastung auf die Leistung im Problemlöseprozess wurde zwischen den verschiedenen Kompetenzbereichen unterschieden. Im Rahmen einer hierarchischen Regression zeigte sich unter Kontrolle der Stufe und des

	$\beta(S)$	$\beta(FW)$	$\beta(CL)$	$R^2$	$\Delta R^2$
Fachwissen	<b>0,30**</b>	<b>0,34**</b>	<b>-0,28**</b>	0,53	0,06
Bewerten	0,03	<b>0,50**</b>	-0,05	0,27	0,00

Tab.2: hierarchische Regression. Erklärung nach Spalte:

- Standardisiertes Regressionsgewicht von Stufe (S), Fachwissen (FW) und kognitiven Belastung (CL).
  - Varianzaufklärung durch S, FW, CL
  - Veränderung durch Hinzunahme von CL zum Modell
- \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$

Fachwissens ein hochsignifikanter Einfluss der kognitiven Belastung auf die Leistung im Kompetenzbereich „Fachwissen“, jedoch nicht im Kompetenzbereich „Bewerten“ (s. Tab.2).

**F2:** Nach Streichung nicht signifikanter Pfade verbleiben bei den Aufgaben im Kompetenzbereich Fachwissen acht personenbezogene Variablen, die 68% der Varianz der Leistung erklären. Bei den Aufgaben zum Kompetenzbereich „Bewerten“ verbleiben die Mathematiknote, das Fachwissen, und die Lesefähigkeit, die 32% der Varianz der Leistung erklären.

**F3:** Bezüglich der aufgabenbezogenen Variablen lässt sich keine Mediationsfunktion der kognitiven Belastung auf die Leistung beobachten. Diese lässt sich jedoch für die personenbezogenen Variablen Mathematiknote, Fachwissen und Geschlecht bei den Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ nachweisen.

### Diskussion und Ausblick

Es zeigt sich, dass die kognitive Belastung als ein Prädiktor der Leistung im Problemlöseprozess im Kompetenzbereich Fachwissen fungiert. Selbst nach Kontrolle der bedeutenden Einflussfaktoren Fachwissen und Stufe lässt sich eine zusätzliche Varianzaufklärung durch die kognitive Belastung erreichen. Das verwendete Maß scheint nur für Aufgaben sensibel, in denen gerechnet werden muss. Dies könnte an der recht großen Transparenz dessen, was in solchen gefordert wird, einhergehen. Ein Ansatz könnte sein, sich zusätzlich anzuschauen, ob der Lösende davon ausgeht, das Problem gelöst zu haben. Weder ließ sich ein Zusammenhang zwischen aufgabenbezogener Variablen mit der kognitiven Belastung finden, noch konnte eine Mediationsfunktion derselben nachgewiesen werden. Tendenzen deuten jedoch darauf hin, dass die kognitive Belastung eher durch den Lesbarkeitsindex (nicht signifikant) als durch die Authentizität beeinflusst wird. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Studien (Kuhn, 2010).

Mit Blick auf die Aufgabengestaltung in der Schulpraxis scheint es nicht hinderlich, authentische Texte oder Texte mit einem LIX im Bereich 29 bis 47 zu verwenden. Als fruchtbar erscheint uns eine genauere Untersuchung der Rolle von Interaktionsvariablen, die als Maßnahmen beschrieben werden, die die kognitive Belastung senken können, wie die Extraktion und Reduktion notwendiger Informationen, Verständnis des Problems oder Routinen (Sweller et al., 2011) um Handlungshinweise für die Praxis zu generieren.

### Literaturverzeichnis

- Adams, R. (2002). Scaling PISA cognitive data. In R. Adams & M. Wu (Hrsg.), PISA 2000 technical report (S.99-108). Paris: OECD.
- Baltes-Götz, B. (2015). Mediator- und Moderatoranalyse per multipler Regression mit SPSS. Universität Trier. Zentrum für Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie (ZIMK)
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. (2007). Bringing Science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. In Sci. Ed. 91 (3), S. 347-370.
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?. Eine Untersuchung mit Studierenden. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 218. Logos Verlag Berlin.
- Friege, G., Lind, G., Reinhold, P. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in der Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 5, Heft 1, S.41-62.
- Hayes A.F. (2013). Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. A Regression –Based Approach. The Guilford Press.
- Heller, K., Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen: Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz Test.
- Hopf, M., Schecker, H., Wiesner, H. (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.
- Jaeger, D., Müller, R., Franz, T. (2016). Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load. *GDCP Tagungsband*
- Jaeger, D., Franz, T., Müller R. (2017). Cognitive Load und Aufgabenmerkmale. Verwendung von Zusatzfragen bei authentischen Problemen. DPG Frühjahrstagung 2017. *PhyDid. B*, DD 13.1 (eingereicht)
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology*, (13), 351-371.
- Kuensting, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fachbereich Bildungswissenschaften.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W., Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. PdN-PhiS 5/59.
- Löffler, P. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. Wie wirkt Kontext?. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 205. Logos Verlag Berlin.
- Maynard, D. C., Hakel, M. D. (1997). Effects of objective and subjective task complexity on performance. *Human Performance*, 10(4), 303-330.
- Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Handreichung für die Unterrichtsentwicklung.
- Nesbit, J.C., Hadwin, A.F. (2006). Handbook of Educational Psychology. Methodological Issues in Educational Psychology. Routledge.
- Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 84, No. 4, 429-434.
- Schlagmüller, M., Ennemoser, M., Schneider, W. (2007). LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und -verständnisstest für die Klassen 6-12
- Schnotz, W., Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 469-508.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga S. (2011). Cognitive Load Theory. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.