

Einflussfaktoren beim Lösen physikalischer Aufgaben

Hintergrund

Das Lösen von Aufgaben oder Problemen ist ein wichtiger Anteil des Physikunterrichts, da es dazu beitragen kann, theoretische Inhalte zu festigen, Mathematisierungen und Modellbildung zu üben sowie die Theorie mit der Realität zu verknüpfen (vgl. Hopf et al., 2011; Fischer und Draxler, 2001; Kühn, 2011). Dabei sind verschiedene Faktoren bekannt, die einen Einfluss auf die Leistung im Problemlöseprozess haben können. Dazu scheinen insbesondere das Fachwissen, das Selbstkonzept (z.B. Brandenburger, 2016) sowie die kognitiven Fähigkeiten (z.B. Löffler, 2016) zu zählen. Daneben gibt es Hinweise auf mögliche Einflüsse aufgabenbezogener Variablen wie der Textschwierigkeit, bzw. -länge oder der Authentizität (vgl. Kuhn, 2010; Prenzel et al., 2002).

Obwohl sich eine große Anzahl von Studien mit der Untersuchung solcher Einflussfaktoren befasst, kann häufig nur ein geringer Teil der Varianz der Leistung im Lösungsprozess erklärt werden (bspw.: 25% in Brandenburger, 2016). Dieser Befund deutet darauf hin, dass es bedeutsame Mechanismen zu geben scheint, die in den bisherigen Untersuchungen nicht erfasst wurden. Sowohl mit Blick auf die personenbezogenen als auch die aufgabenbezogenen Faktoren, scheint die Cognitive Load Theory (z.B.: Schnotz et al., 2007) einen sinnvollen Rahmen zu bieten, diese Einflüsse näher zu untersuchen. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass ein erhöhtes Fachwissen sich in einer Reduktion der kognitiven Belastung äußern und sich darüber positiv auf die Leistung auswirken kann (Mediation; vgl. Nesbit et al., 2006). Darüber hinaus macht Paas (1992) auf die Bedeutung der aktuellen Motivation bei der Messung der kognitiven Belastung aufmerksam, die daher ebenso erfasst werden sollte.

Forschungsfragen und Design

Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

F1: Lassen sich theoretisch vorhergesagte, bzw. bereits bekannte Einflüsse von zentralen Variablen auf die Leistung im Lösungsprozess empirisch nachweisen (vgl. Tab. 2)?

F2: Lassen sich die kognitive Belastung und die aktuelle Motivation in ihrer vorhergesagten Mediationsrolle bestätigen?

Textschwierigkeit niedrig	Gruppe 1 (215 SuS)	Gruppe 3 (207 SuS)	An der Studie nahmen 918 Schülerinnen (465) und Schüler (407) aus 37 Klassen der Jahrgangsstufen 7 bis 10 im Alter von 12 bis 18 Jahren an Gymnasien und Integrierten Gesamtschulen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen teil. In jeder Schulklasse gab es zwei Termine à 45 min, zwischen denen genau eine Woche Zeit lag. Während beim ersten Termin für den Lösungsprozess relevante personenbezogene Variablen erhoben wurden (vgl. Tab. 2), erfolgte beim zweiten Termin die eigentliche Erhebung. Hier wurden die Teilnehmenden klassenweise in vier Gruppen entsprechend der Ausprägungen der Aufgabenvariablen Textschwierigkeit und Authentizität eingeteilt (vgl. Tab. 1). Eine hohe Textschwierigkeit zeichnet sich beispielsweise durch einen höheren Lesbarkeitsindex sowie einer größeren Textlänge des Auf-
Textschwierigkeit hoch	Gruppe 2 (215 SuS)	Gruppe 4 (222 SuS)	
	traditionell	authentisch	

Tab. 1 Gruppen beim II. Termin

spielsweise durch einen höheren Lesbarkeitsindex sowie einer größeren Textlänge des Auf-

gabentextes aus. Diese Zuteilung erfolgte im Rahmen einer Blockrandomisierung mit Nebenbedingung, so dass Unterschiede in den kontrollierten Variablen zwischen den vier Bedingungen und damit Verzerrungen bei der Schätzung der Stärke der Einflüsse unwahrscheinlich werden. Die vier Materialversionen des zweiten Termins basieren auf einem Online-Artikel (Haack, 2016), der das Finale der olympischen Schwimm-Wettkämpfe im Jahre 2016 thematisiert. Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine Aufgabe, bei der die Durchschnittsgeschwindigkeiten der erwähnten Sportler berechnet werden sollen.

Skala/Variable	Termin	Items	Gütekriterien ¹	Quelle
Abhängige Variable				
Leistung (nach Manual)	II	31	$\alpha_K = [0,80;1]$ $\rho_{LL} = 0,70$ $\rho_{LM} = 0,78$	Eigenentwicklung
Mögliche Mediatorvariablen				
Kognitive Belastung	II	3	$\alpha_C = 0,89$	Paas, 1992; Ayres, 2006; Kalyuga et al., 1999; Maynard et al., 1997
Aktuelle Motivation	II	3	$\alpha_C = 0,80$	
Unabhängige Variablen				
Authentizität	II	-	-	z.B. vgl. Henning, 2014
Textschwierigkeit	II	-	-	-
Geschlecht	I	1	-	-
Alter	I	1	-	-
Fachwissen (gleichförmige Bewegung)	I	12	EAP Reliabilität: 0,71	Eigenentwicklung
Motivation	I	8	$\alpha_C = 0,92$	verändert aus Kuhn, 2010
Selbstkonzept	I	6	$\alpha_C = 0,88$	
Alltagsbezug Unterricht	I	8	$\alpha_C = 0,92$	
Kognitiver Fähigkeits-Test (V3)	I	20	$\alpha_C = 0,75$	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. 2: Überblick über das Studiendesign und Variablen.

Mit Ausnahme des Fachwissenstests handelt es sich bei allen Instrumenten um Skalen, die sich bereits in diversen Studien bewährt haben. Der raschskalierte Fachwissenstest scheint

¹ α_C : Cronbachs Alpha (Reliabilität); α_K : Krippendorffs Alpha dreier Beurteilender, die >12% der Daten unabhängig und mit Hilfe des Manuals bewerteten, je Item (Objektivität); ρ_{LM} Mittelwert der Spearman-Korrelationen zwischen fünf bewertenden Lehrpersonen und der manualbasierten Bewertung; ρ_{LL} : Mittelwert der Spearman Korrelationen zwischen den individuellen Bewertungen der Lehrkräfte (Validität).

nach Adams (2002) Rasch-homogen zu sein (vgl. Jaeger et al., 2018). Mit Hilfe des Manuals lässt sich die Leistung hinreichend objektiv erfassen. Für die ökologische Validität der Bewertungen anhand des Manuals spricht, dass die Bewertungen von Lehrkräften untereinander im Mittel nicht stärker zusammenhängen, als dies bei den individuellen Bewertungen der Lehrkräfte mit den manualbasierten Bewertungen der Fall ist (vgl. Tab. 2).

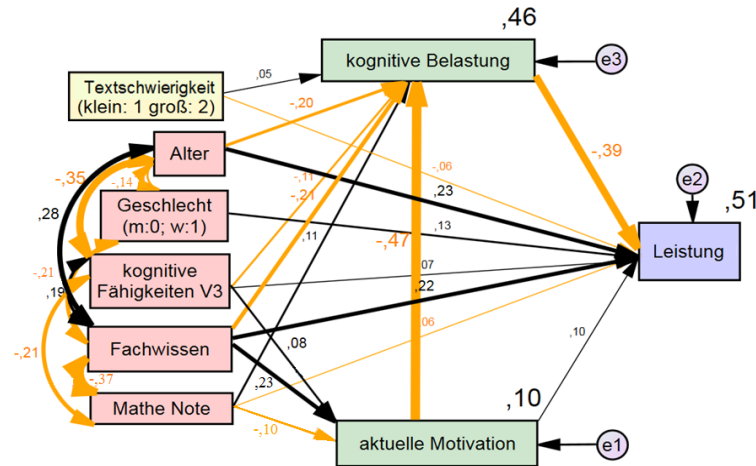


Abb. 1 Pfadmodell² der untersuchten Variablen.

Ergebnisse

Vor der Auswertung der Ergebnisse wurde untersucht, inwieweit sich die vier Gruppen in zentralen Variablen unterscheiden. Die zugehörige MANOVA testet auf Unterschiede der vier Gruppen in den betrachteten 14 personenbezogenen Variablen aus Tab. 2 und weist darauf hin, dass die Kontrolle im hohen Maße gelungen ist³.

In Abb. 1 werden aus Gründen der besseren Übersicht nur Pfade berücksichtigt, die einen signifikanten, direkten Einfluss auf die Leistung im Lösungsprozess haben. Das so gebildete Pfadmodell zeichnet sich durch sehr gute Fitwerte aus, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Modell die Daten der Stichprobe gut wiedergibt ($\chi^2 = 7,54$; $\chi^2/df = 0,63$; $N = 918$; $NFI = 0,97$; $CFI = 1,00$; $RMSEA = 0,00^4$). Es zeigt sich, dass die Authentizität hier keinen direkten Einfluss ausübt. Es können bekannte Einflussfaktoren bestätigt und die kognitive Belastung als ein wichtiger Prädiktor der Leistung und Mediator anderer Einflüsse im Lösungsprozess modelliert werden. So gehen beispielsweise mit der Erhöhung der Textschwierigkeit eine Erhöhung der kognitiven Belastung und eine Reduktion der Leistung einher. Erstaunlicherweise lässt sich für das Leseverständnis im Modell sowie andere in Abb.1 fehlende Variablen aus Tab. 2 kein direkter Einfluss auf die Leistung nachweisen. Insgesamt erklären die eingezeichneten Variablen jedoch 51% der Varianz der Leistung.

Die Ergebnisse legen nahe, dass der kognitiven Belastung eine bedeutende Rolle im Lösungsprozess zukommt. Sowohl für personen- als auch für aufgabenbezogene Variablen scheint sie eine wichtige Mediationsfunktion einzunehmen. Dies deutet darauf hin, dass sie in Folgeuntersuchungen zu Lösungs- und Lernprozessen stärker in den Fokus rücken sollte.

² Es handelt sich um standardisierte β -Koeffizienten oder Pearson-Korrelationen. Die Pfeildicke skaliert mit der Größe des Effekts. Orange, bzw. helle Pfade repräsentieren negative Einflüsse. Rote Variablen: personenbezogen; gelbe Variable: aufgabenbezogen; grüne Variable: Mediatorvariablen. e1 bis e3 beschreiben den für die abhängigen Variablen modellierten Fehlerterm (vgl. Weiber & Mühlhaus, 2010, S.8).

³ So sind die statistisch bedeutsamsten Unterschiede, die sich zwischen den authentischen und traditionellen Formaten befinden, weit vom üblichen Signifikanzniveau entfernt: $V = 0,01$; $F(14,773) = 0,45$; $p = 0,96$.

⁴ Die Werte sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Beispielsweise ist der RMSEA nicht exakt Null.

Literatur

- Adams, R. (2002). Scaling PISA cognitive data. In R. Adams & M. Wu (Hrsg.), PISA 2000 technical report (S.99-108). Paris: OECD.
- Ayres, Paul (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. In: *Learning and Instruction* 16 (5), S. 389–400. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.001.
- 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.
- Ayres, Paul (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. In: *Learning and Instruction* 16 (5), S. 389–400. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.001.
- 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.
- Haack, Melanie (2016). Michael Phelps: Kurioses Olympiafinale der Geschichte - WELT. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/sport/olympia/article157647659/Das-kurioseste-Olympiafinale-der-Geschichte.html>. zuletzt aktualisiert am 01.01.2016, zuletzt geprüft am 13.07.2018.
- Heller, K., Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen: Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz Test.
- Henning, Teresa (2014). Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2014. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 172).
- Hopf, M., Schecker, H., Wiesner, H. (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.
- Jaeger, Dennis; Franz, Torsten; Müller, Rainer (2018). Cognitive Load and authentische Probleme. In: Christian Maurer (Hg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Universität Regensburg, Gesellschaft für Didaktik der. Regensburg (38), S. 687–690. Online verfügbar unter http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band38.pdf.
- 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.
- Prenzel, Manfred; Häußler, Peter; Rost, Jürgen; Senkbeil, Martin (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? In: *Unterrichtswissenschaft Zeitschrift für Lernforschung* 30 (1), S. 120–135.
- Reinhold, P., Lind G. & Friege G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. In: *ZfDN* 5 (1), S. 41-62.
- Schlagmüller, M., Ennemoser, M., Schneider, W. (2007). LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und verständnistest 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.
- Weiber, Rolf; Mühlhaus, Daniel (2010): *Strukturgleichungsmodellierung. Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS*; [Extras im Web. Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).