

## Cognitive Load und Aufgabenmerkmale

- Verwendung von Zusatzfragen bei authentischen Problemen -

Dennis Jaeger\*, Christos Itsios<sup>+</sup>, Torsten Franz\*, Rainer Müller\*

\*Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Physik und Physikdidaktik

<sup>+</sup>Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Mathematik, Didaktik der Mathematik  
dennis.jaeger@tu-bs.de, christos.itsios@uni-due.de, torsten.franz@tu-bs.de, rainer.mueller@tu-bs.de

### Kurzfassung

Ziel der vorgestellten Vorstudie ist es, einen Beitrag zu der Frage zu liefern, ob es durch Angabe von allgemeinen Lösungsstrategien möglich ist, den Erfolg von Schülerinnen und Schülern beim Lösen von Physikproblemen zu beeinflussen. Hierzu haben wir eine Studie mit 84 Schülerinnen und Schülern durchgeführt, die ein Problem in einem authentischen Kontext entweder mit, oder ohne unterstützender Zusatzfragen lösen sollten. Neben der Leistung beim Lösen erheben wir die kognitive Belastung sowie die aktuelle Motivation und untersuchen, ob diese Mediatorfunktionen bezüglich des Erfolgs ausfüllen. Um trotz der geringen Anzahl an Probanden Aussagen treffen zu können, wurden die Gruppen bezüglich zwölf Personenvariablen (u.a. Vorwissen, Leseverständnis, Vornoten) parallelisiert. In unserer Studie ergeben sich keine signifikanten Einflüsse der Verwendung von Zusatzfragen. Die verwendeten kurzen Maße für die kognitive Belastung und aktuelle Motivation konnten überprüft werden. Zudem zeigte sich, dass die kognitive Belastung einen wichtigen Einflussfaktor auf die Leistung im Problemlöseprozess darzustellen scheint.

### 1. Einleitung

Nicht erst seit den vergleichenden Schulstudien (PISA, TIMSS etc.) interessiert man sich in der Fachdidaktik dafür, welche Merkmale einen Einfluss auf das erfolgreiche Lösen von Problemen durch Schülerinnen und Schüler haben. Hierbei ist es auch Aufgabe des Unterrichts, Schülerinnen und Schülern erfolgreiche Lösestrategien zu vermitteln.

In dieser Arbeit stellen wir Ergebnisse einer Untersuchung vor, inwieweit das explizite Vermitteln von Lösestrategien in Form von Zusatzfragen einen Einfluss auf den Erfolg beim Lösen eines Problems hat. Wir untersuchen dabei Probleme, die in einen authentischen Kontext eingebettet sind. Hierbei sind wir insbesondere daran interessiert, den Einfluss der Zusatzfragen auf die kognitive Belastung der Lernenden und auf die Leistung beim Lösen des Problems und zudem eine potentielle Mediatorrolle [10] der kognitiven Belastung zu untersuchen. Die Auswertung basiert auf Daten, die im Rahmen einer Masterarbeit [3] erhoben wurden.

#### 1.1. Hintergrund der Cognitive Load Theory

Die Cognitive Load Theory beschäftigt sich mit der kognitiven Belastung des Menschen. Als solche wird jede Art von Anforderung an das Arbeitsgedächtnis interpretiert. Es wird davon ausgegangen, dass das menschliche Gedächtnis in ein sehr limitiertes Arbeitsgedächtnis und ein nahezu unbeschränktes Langzeitgedächtnis eingeteilt werden kann. Um

neue Anforderungen zu verarbeiten, werden mit Hilfe der Sinnesorgane gewonnene Informationen, sowie Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis geladen. Man unterscheidet zwischen intrinsischen Belastungen und extrinsischen Belastungen. Die Cognitive Load Theory legt nahe, dass eine Überlastungssituation eintritt, falls die Summe aus beidem die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses überschreitet. Die Aufgabe ist dann nicht mehr lösbar. Auf der anderen Seite darf die Aufgabe nicht zu leicht sein, um eine Unterforderungssituation zu vermeiden [14].

Mit Blick auf das Bearbeiten einer physikalischen Problemstellung führen Anforderungen, die mit dem Material verknüpft und intendiert sind, zu einer intrinsischen Belastung, während eine ungünstige Art und Weise der Gestaltung des Materials, sich in einer extrinsischen Belastung widerspiegelt [15]. Anhand dieser Unterscheidungen wird ersichtlich, dass eine zentrale Forderung der Cognitive Load Theorie für Instruktionsmaterialien die Reduktion der extrinsischen Belastung darstellt. Ist das Lern- und Übungsmaterial auf diese Weise adäquat an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst, kann eine sinnvolle Beschäftigung mit dem Problem stattfinden. Prozesse, die allgemein als lernförderlich gelten, wie der Aufbau semantischer Netze [1], die bewusste Anwendung von Strategien, Abstrahierungen von Schemata, Umstrukturierungen von Repräsentationen des Problems, sowie metakognitive Prozesse können dann ermöglicht werden [14].

## 1.2. Zusatzfragen als Hilfe beim Lösen von Problemen

Die Frage, welche Strategien beim Lösen von Problemen erfolgversprechend sind, wurde von verschiedenen Seiten untersucht. Ein Standardwerk der Mathematik zu diesem Thema stammt von G. Polya aus dem Jahr 1944. In diesem Buch beschreibt Polya, wie mathematische Probleme strukturiert, organisiert und systematisch durchdacht werden können. Er empfiehlt hier unter anderem, sich an bestimmten Leitfragen zu orientieren.

Ob der Einsatz solcher Zusatzfragen auch beim Lösen von Problemen im Fach Physik hilfreich ist, wurde in einer vorherigen Studie bereits untersucht [20]. Hier wurde ein leicht negativer Effekt der Zusatzfragen auf die Lösung der Aufgaben beobachtet, jedoch wurden in dieser ersten Untersuchung kaum Personenvariablen kontrolliert und es wurde auch keine Verbindung zur kognitiven Belastung untersucht.

In unserer Studie haben wir einem Teil der Probanden Zusatzfragen zu ihrem Problem gegeben, welche sie beantworten sollten. Diese basieren auf den Originalfragen von [21] und den Fragen aus [20]. Eine Beispielfrage lautet:

*Versuche die Aufgaben in eigenen Worten im Kopf wiederzugeben. Finde heraus, welche Informationen gegeben sind und welche bestimmt werden müssen.*

## 1.3. Hintergrund zur Verwendung authentischer Kontexte

Die Forderung nach der Verwendung authentischer Kontexte im Physikunterricht wird schon seit langer Zeit erhoben. Man verspricht sich hier einerseits zusätzliche Motivation beim Bearbeiten, da die Lernenden den Problemen mehr Bedeutung zuschreiben und ihre Interessen besser angesprochen werden und andererseits einen verbesserten Erwerb der Kompetenz, das Gelernte auf alltägliche Situationen anzuwenden, anstatt lediglich träges Wissen zu generieren [9].

Unter authentisches Material verstehen wir Material, welches folgende Kriterien erfüllt: 1. Das Thema des Problems ist real existent und nicht für die Aufgabe konstruiert. 2. Das Material entstammt einer realen Quelle, beispielweise einer Zeitungsnachricht und ist möglichst unverändert entnommen. 3. Das Thema soll für viele Menschen bedeutsam sein.

## 1.4. Spannungsfelder

Betrachtet man die Verwendung von Zusatzfragen und ebenso den Einsatz von authentischen Kontexten aus der Sicht der Cognitive Load Theory, ergeben sich verschiedene Spannungsfelder.

So sollte sich die Verwendung von strukturierenden Fragen positiv auf die Wahrscheinlichkeit auswirken, ein gegebenes Problem zu lösen, da durch die strukturierte Herangehensweise mentale Ressourcen geschont werden. Gleichmaßen müssen Ressourcen aufgewendet werden, um die Zusatzfragen zu verstehen und zu beantworten. Ob die Verwendung solcher Fragen netto eine Verbesserung oder Verschlechterung darstellt, lässt sich a priori nicht vorhersagen.

Ein ähnliches Spannungsfeld existiert bei der Verwendung authentischer Kontexte: Die erwartete Motivationssteigerung sollte zu einer Mobilisierung zusätzlicher Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses führen und eine effizientere Verarbeitung durch mögliches Anknüpfen an bekannte Informationen aus dem Langzeitgedächtnis führen, was die Lösewahrscheinlichkeit eher erhöht. Gleichzeitig wird das Arbeitsgedächtnis aber durch die zusätzlichen und potentiell ablenkenden Rahmeninformationen des Kontextes belegt, was zu einer Verringerung der Lösewahrscheinlichkeit führen sollte. Erste Hinweise zur Untersuchung dieses Spannungsfeldes sind in [6] und [7] zu finden.

## 2. Fragestellung

Wir untersuchen den Einfluss von strukturierenden Zusatzfragen auf die kognitive Belastung und die Leistung beim Lösen eines physikalischen Problems aus einem authentischen Kontext. Unser Problem ist dem Themenbereich Mechanik und hier dem Bereich „gleichförmige Bewegung“ zugeordnet.

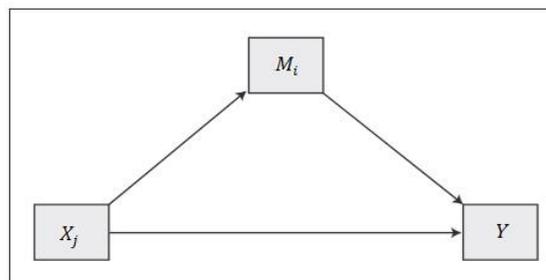
Wir untersuchen folgende Unterschiedshypothesen bezüglich der Verwendung von Zusatzfragen:

H1) Es gibt einen Unterschied in der Leistung beim Problemlöseprozess.

H2) Es gibt einen Unterschied in der kognitiven Belastung.

H3) Es gibt einen Unterschied in der aktuellen Motivation.

Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, ob sich die kognitive Belastung und die aktuelle Motivation als Mediator der Aufgabenvariable (hier die Existenz von Zusatzfragen) und der Personenvariablen modellieren lassen (vgl. Abbildung 1).



**Abb. 1** Pfadmodell zur Mediatorhypothese – angelehnt an [18]. Die  $X_j$  stellen die Aufgabenvariable sowie die Personenvariablen dar, während die  $M_i$  die möglichen Mediatoren Cognitive Load und aktuelle Motivation und  $Y$  die Leistung im Problemlöseprozess darstellen.

### 3. Studiendesign

An der Untersuchung nahmen drei Schulklassen der Jahrgangsstufe 8 mit insgesamt 43 Schülerinnen und 40 Schülern im Alter von 12 bis 15 Jahren an zwei Gymnasien teil. Alle Schulklassen haben die Thematik „gleichförmige Bewegung“ bereits behandelt. Während dies in einer Klasse zum Erhebungszeitpunkt I ca. ein Jahr zurückliegt, haben zwei Klassen fünf Wochen zuvor die „gleichförmige Bewegung“ thematisiert.

Die Studie umfasste zwei Erhebungstermine Anfang bis Mitte Dezember 2016, zwischen denen genau eine Woche Zeit lag. Jeder Termin nahm eine Schulstunde (45 Minuten) in Anspruch. Zu Erhebungstermin I wurden für den Problemlöseprozess möglicherweise relevante Personenvariablen erhoben. Diese Daten wurden für eine Parallelisierung der beim zweiten Termin eingeteilten zwei Gruppen verwendet. Während die Gruppen identisches Instruktionsmaterial bekamen, unterschieden sie sich in den Arbeitsaufträgen dahingehend, dass Gruppe 1 diese mit Zusatzfragen erhielt und Gruppe 2 diese nicht erhielten. In Tabelle 1 ist ein Überblick über das Studiendesign und die betrachtete Variablen zu finden.

Variablen	Quelle
Abhängige Variable (in Abbildung 1: $Y$ )	
Leistung im Problemlöseprozess (Anzahl der Punkte nach Manual)	[3]
Mediatorvariablen (in Abbildung 1: $M_i$ )	
Kognitive Belastung	[13],[5], [11]
Aktuelle Motivation	[8]
Unabhängige Variablen (in Abbildung 1: $X_j$ )	
Aufgaben mit und ohne Zusatzfragen	[3], [21]
Geschlecht	-
Alter	-
Mathematiknote	-
Physiknote	-
Deutschnote	-
Intrinsische Motivation	[6]
Selbstkonzept	[6]
Alltags- und Realitätsbezug des Physikunterrichts	[6]
Kognitiver Fähigkeits-Test (Q2)	[2]
Leseverständnis	[17]
Lesegeschwindigkeit	[17]
Vorwissenstest zur gleichförmigen Bewegung	[3]

**Tab.1** Überblick Studiendesign und Variablen

### 3.1. Messinstrumente zum Zeitpunkt I

Die zum Zeitpunkt I erhobenen personenspezifischen Variablen sind in Tabelle 1 unter „unabhängige Variablen“ zu finden. Bis auf den Vorwissenstest handelt es sich dabei um bereits aus der Literatur bekannte bewährte Testinstrumente. Um das Vorwissen zu erheben wurde im Rahmen der Untersuchung ein entsprechender Vorwissenstest entwickelt [itsios], der jedoch nach Streichung ungenügender Items eine nicht ausreichende Reliabilität von  $\alpha \approx 0,4$  aufwies und im Folgenden keine Bedeutung haben wird.

### 3.2. Parallelisierung

Die Parallelisierung fand in der Woche zwischen den Erhebungsterminen statt und erfolgte klassenweise. Dazu wurden die Schülerinnen und Schüler einer Klasse so auf zwei Gruppen verteilt, dass diese sich in allen Variablen statistisch nicht unterscheiden. Die über die Variablen minimale asymptotische Signifikanz des Mann-Whitney Testes betrug  $p_{\min} = 0,3$ .

Die klassenweise Parallelisierung passt in natürlicher Weise zum Studiendesign und hat den Vorteil, dass unbeobachtete, klassenspezifische Variablen (wie z.B. Lehrervariable oder Umgebungsvariablen) auf die Gruppen gleichverteilt werden.

Sollten sich entsprechend der Hypothesen Unterschiede in den Gruppen zeigen, sind diese mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf die zwölf personenspezifischen Variablen, sondern tendenziell eher auf das unterschiedliche Instruktionsmaterial zurückzuführen.

### 3.3. Untersuchungsmaterial zum Zeitpunkt II

Das Untersuchungsmaterial des Erhebungstermins II besteht aus dem Instruktionsmaterial und den zugehörigen vier Arbeitsaufträgen. Bei der Konstruktion wurden verschiedene Anforderungen an das Material gestellt. Es sollte die oben genannten Kriterien der Authentizität erfüllen, aus motivationalen Gründen dem Interessensbereich „Mensch und Natur“ [9] zuzuordnen sein und eher ein Problem als eine Aufgabe im Sinne von [12] darstellen. Das verwendete Material bestand aus einem verkürzten Zeitungsartikel über den Taifun „Haiyan“ [22], welcher die extremen Auswirkungen des Sturmes auf den Philippinen beschreibt und die Notwendigkeit einer verlässlichen Vorhersage motivieren soll. Weiterhin erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Karte der Region (inklusive Maßstab) mit den originalen Positionsdaten des Taifuns [23]

Einer von vier sich anschließenden Arbeitsaufträgen sei hier exemplarisch genannt:

### Aufgabe 3

Erstelle eine Vorhersage, wann der Taifun die Küste der Philippinen erreicht.

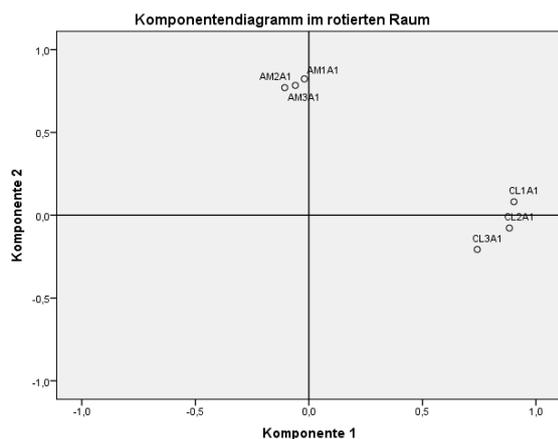
Nach jedem Arbeitsauftrag werden die Schülerinnen und Schüler gebeten, eine Einschätzung der kognitiven Belastung und ihrer Motivation abzugeben. Um die kognitive Belastung zu messen, verwenden wir insgesamt drei Items mit siebenstufiger Skalierung. Unsere Items basieren auf den in [11] und in älteren Studien [5], [11] verwendeten Items.

Alternative Möglichkeiten, die kognitive Belastung zu messen, finden sich beispielsweise in [6], wo die Belastung durch Textschwierigkeit mit sieben Items untersucht wird. In [11] werden elf Items zur Messung des Cognitive Loads verwendet, während in [24] lediglich zwei Items isoliert und in [4] nur ein Item betrachtet wird. Für unsere Studie war eine zeit-ökonomische Messung der Belastung wichtig und es sollten verschiedene Aspekte des Konstrukts erfasst werden, weswegen wir uns für eine Messung mit drei Items entschieden haben.

Nach [13] ist bei der Verwendung solcher Items zur kognitiven Belastung insbesondere die aktuelle Motivation, bzw. die Bereitschaft, sich in dem Moment mit der Aufgabe zu beschäftigen von Bedeutung. Daher wurden zudem drei Items als Indikator für die aktuelle Motivation nach [8] nach jeder Aufgabe eingesetzt.

In dieser Studie zeigten sich zufriedenstellende Reliabilitäten der Skalen zur kognitiven Belastung und zur aktuellen Motivation  $\alpha = 0,7$  bis  $\alpha = 0,9$  mit Trennschärfen größer 0,4.

Zudem zeigte sich im Rahmen einer Faktorenanalyse mit diesen sechs Items eine Eindimensionalität der Skalen, die zudem stark entlang zweier unabhängiger Faktoren laden (vgl. Abbildung 2).



**Abb. 2** Ladungsdiagramm zur Faktorenanalyse der Items zur aktuellen Motivation (AM-Items) und zum Cognitive Load (CL-Items) exemplarisch bei Aufgabe 1.

## 4. Ausgewählte Ergebnisse

Von den insgesamt 83 Teilnehmenden waren nur 69 Lernende an beiden Untersuchungszeitpunkten

anwesend. Je nach Fragestellung konnte also bei der Auswertung eine Stichprobengröße von minimal 69 und maximal 83 berücksichtigt werden.

### 4.1. Unterschiedshypothesen

Zur Untersuchung der Hypothesen wurden die aktuelle Motivation und die kognitive Belastung je Aufgabe aus den jeweils drei Items mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse ermittelt.

Mit Hilfe des Mann-Whitney U-Test lassen sich weder über alle Aufgaben, noch bei Betrachtung der einzelnen Aufgaben signifikante Unterschiede in der Leistung im Problemlöseprozess zwischen den beiden Gruppen finden ( $p \approx 0,58$ ). Ein Effekt entsprechend der Hypothese ist damit sehr unwahrscheinlich, sodass Hypothese 1 verworfen wird.

Bezüglich Hypothese 2 lassen sich Tendenzen der Mittelwerte dahingehend erkennen, dass das Material mit Zusatzfragen mit einem höheren Load einherzugehen scheint. Jedoch ist dieser Mittelwertunterschied nicht über alle Aufgaben hinweg konsistent und statistisch nicht signifikant ( $p$ -Werte zwischen 0,4 und 0,8).

Auch Hypothese 3 wird auf Grund fehlender signifikanter Unterschiede verworfen. Hier lässt sich jedoch über alle Aufgaben hinweg die Tendenz erkennen, dass die Existenz von Zusatzfragen mit einer geringeren aktuellen Motivation einherzugehen scheint ( $p$ -Werte zwischen 0,06 und 0,8).

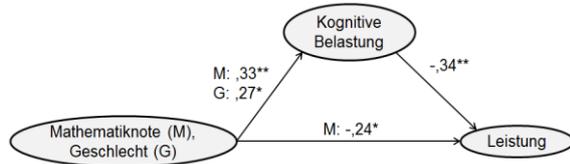
Abschließend lässt sich festhalten, dass keine Unterschiede in der Leistung, der aktuellen Motivation und der kognitiven Belastung bei der Verwendung oder Nichtverwendung von Zusatzfragen, wie sie hier eingesetzt wurden, festzustellen sind. Tendenziell geht ihre Verwendung jedoch mit einer eher geringeren Motivation einher, sich mit der Thematik zu befassen.

### 4.2. Pfadanalyse

Im Folgenden soll ein grober Einblick in das in Abbildung 1 dargestellte Pfadmodell gewonnen werden. Es sei jedoch erwähnt, dass die Stichprobengröße mit  $N = 69$  hier für eine sinnvolle Schätzung nur bedingt ausreichend ist. Während die Stichprobengröße für mittlere Mediatoreffekte nahezu hinreichend erscheint [19], ist diese für eine multiple Regression mit 13 Variablen bei weitem zu gering. Mit GPower lässt sich die notwendige Stichprobengröße auf ca. 190 schätzen. Daher können hier im Allgemeinen nur Hinweise und Tendenzen gefunden werden. Der Vollständigkeit halber und mit Ausblick auf kommende Studien soll dies hier dennoch kurz geschehen.

Zur Untersuchung der Mediatorhypothese im Sinne des Pfadmodells in Abbildung 1 wird das Macro Process [18] verwendet.

Nach Streichung nicht signifikanter Pfade verbleiben die Mathematiknote (Noten von 1 bis 5), das Geschlecht (1: männlich, 2: weiblich) und die kognitive Belastung im Modell vgl. Abbildung 3.



**Abb. 3** Pfadmodell zur Mediatoranalyse vgl. Abbildung 1. \* stellt signifikante Pfade ( $p < 0,05$ ) dar, während \*\* hochsignifikante Pfade ( $p < 0,01$ ) meint.

In Abbildung 3 finden sich jeweils die standardisierten Regressionskoeffizienten. Exemplarisch bedeutet das, dass für die kognitive Belastung zweier Lernenden, die sich in ihrer Mathematiknote um eine Standardabweichung unterscheiden, ein Unterschied von 0,33 Standardabweichungen vorhergesagt wird.

Es zeigt sich, dass eine schlechtere Vorleistung im Fach Mathematik (größere Note) mit einer größeren kognitiven Belastung einhergeht. Weiter zeigt sich, dass Mädchen tendenziell eine höhere kognitive Belastung angeben. Zudem ist der recht große negative Einfluss der kognitiven Belastung auf die Leistung im Problemlöseprozess bemerkenswert. Die zu untersuchende Mediationsrolle der kognitiven Belastung von Zusatzfragen auf die Leistung konnte hier nicht gefunden werden. Ein solcher indirekter Effekt lässt sich hier, wie in Abbildung 3 angedeutet, für die Mathematiknote mit Hilfe des Bootstrap-Verfahrens finden.

### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben in dieser Studie untersucht, inwieweit Zusatzfragen das Problemlösen beeinflussen. Hierbei konnte bezüglich unserer Hypothesen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Tendenziell scheinen sie eher leicht demotivierend zu wirken, weswegen wir keinen Grund sehen, die Zusatzfragen in untersuchter Form zum Einsatz zu empfehlen.

Dies könnte unter anderem darin begründet sein, dass die Zusatzfragen im Sinne Polyas nicht für vergleichsweise kleine Probleme wie sie in dieser Studie vorkommen, konstruiert wurden, sondern für mathematische Probleme, die erheblich komplexer sind und mit denen man dementsprechend mehr Zeit verbringt. Ein entsprechend positiver Effekt würde sich dann erst bei komplexeren Problemen zeigen.

Im Rahmen dieser Studie konnten weiterhin die Items zur Messung der kognitiven Belastung und der aktuellen Motivation für die Verwendung nach jeder Aufgabe untersucht werden. Die Eindimensionalität der hier verwendeten Items und hinreichende Reliabilitäten konnten gezeigt werden.

Die mit Hilfe von konfirmatorischen Faktorenanalysen aus diesen Items erhaltene kognitive Belastung

scheint einen wichtigen Einflussfaktor auf die Leistung im Problemlöseprozess darzustellen. Es scheint daher lohnend, dies näher mit Hilfe einer größeren Stichprobe im Rahmen eines Strukturgleichungsmodells genauer zu untersuchen und dabei den Fokus auf das Spannungsfeld kognitive Belastung versus Authentizität des Problems zu legen.

### 6. Literatur

- [1] Friege, G., Lind, G., Reinhold, P. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in der Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 5, Heft 1, S.41-62.
- [2] Heller, K., Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen: Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz Test.
- [3] Itsios, C. (2017). Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load – unterstützende Zusatzfragen beim Lösen einer authentischen Physikaufgabe. Masterarbeit, TU Braunschweig.
- [4] Jaeger, D., Müller, R., Franz, T. (2016). Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load. GDGP Tagungsband (eingereicht)
- [5] Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. Applied Cognitive Psychology, (13), 351-371.
- [6] Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabekultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- [7] Kuhn, J., Müller, A., Müller, W., Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. PdN-PhiS 5/59.
- [8] Maynard, D. C., Hakel, M. D. (1997). Effects of objective and subjective task complexity on performance. Human Performance, 10(4), 303-330.
- [9] Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Handreichung für die Unterrichtsentwicklung.
- [10] Nesbit, J.C., Hadwin, A.F. (2006). Handbook of Educational Psychology. Methodological Issues in Educational Psychology. Routledge.
- [11] Kuensting, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fachbereich Bildungswissenschaften.
- [12] Funke, J. (2003). Problemlösendes Denken. Stuttgart: Kohlhammer.
- [13] 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.
- [14] Schnotz, W., Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory.

- Educational Psychology Review, 19 (4), 469-508.
- [15] Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295-312.
- [16] Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.
- [17] Schlagmüller, M., Ennemoser, M., Schneider, W. (2007). LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12
- [18] Hayes A.F. (2013). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. A Regression –Based Approach*. The Guilford Press.
- [19] Baltes-Götz, B. (2015). *Mediator- und Moderatoranalyse per multipler Regression mit SPSS*. Universität Trier. Zentrum für Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie (ZIMK)
- [20] Franz, R., Strahl, A., Henning, T., Franz, T. (2015). Probleme lösen mit begleitenden Zusatzfragen. *PhyDid. B*, DD 06.01
- [21] Polya, G. (1949). *Schule des Denkens*. Berlin.
- [22] Spiegel Online Artikel:  
<http://www.spiegel.de/panorama/taifun-haiyan-wirbelsturm-wuetet-auf-den-philippinen-a-932622.html>
- [23] Typhoon Center (2013). *Annual Report on the Activities of the RSMC Tokyo. TY Haiyan*. Japan Meteorological Agency.
- [24] Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 171*. Berlin: Logos.