

Vergleich hinführender und rückführender Verknüpfung des Vorwissens im Physikunterricht: erste Ergebnisse

Hinführung und Rückführung

Bei der Einführung neuer, aus der Fachtheorie konstruierbarer Inhalte im (Physik-)Unterricht kann eine hinführende oder rückführende Strukturierung gewählt werden. Unter Strukturierung sollen hierbei Maßnahmen zum Aufbau einer komplexen und geordneten Wissensstruktur bei der Planung von Unterrichtsabläufen verstanden werden (kognitionspsychologisches Verständnis von Strukturierung, vgl. Lipowsky, 2009). Unter Hinführung wird eine Konstruktion des neuen Fachinhaltes aus dem Vorwissen heraus verstanden (vgl. Krabbe, Zander & Fischer, 2015). Bei der Rückführung wird das neue Konzept vorgestellt und anschließend werden daran bekannte Elemente aus dem Vorwissen identifiziert (Unger & Rincke, 2023). Mit diesem Beitrag wird ein erster Vergleich der Wirkung hinführender und rückführender Strukturierung auf die kognitive Belastung vorgestellt.

Vorstellbare Auswirkungen

Im Projekt werden mögliche Wirkungen hin- und rückführender Strukturierungen auf den Lernerfolg (Maurer, 2016), das Interesse (Geller, 2015) und die kognitive Belastung (Leppink et al., 2013) untersucht. Zum aktuellen Zeitpunkt können Ergebnisse zum Wissensstand und zur kognitiven Belastung vorgestellt werden, weshalb auf eine Definition des Interesses an dieser Stelle verzichtet wird¹. Die kognitive Belastung wird nach Sweller, van Merriënboer & Paas (1998) als Beanspruchung der Informationsverarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses definiert. Diese Verarbeitungskapazität ist begrenzt und wird beim Lernprozess sowohl mit der Verarbeitung der Komplexität des Lerninhaltes selbst belastet (*intrinsische* kognitive Belastung) als auch mit der Verarbeitung der Darstellung des Lerninhaltes (*extrinsische* kognitive Belastung). Die *lernbezogene* kognitive „Belastung“ wird sowohl als vermittelnde Funktion zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis interpretiert als auch als ressourcenzuteilende Funktion zwischen intrinsischer und extrinsischer kognitiver Belastung beschrieben (Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019). Hohe lernbezogene kognitive Belastung kann insofern als lernförderlich interpretiert werden, als dass viele Ressourcen der Verarbeitung der intrinsischen Belastung zugeteilt werden und die Übersetzung des Lerninhaltes in das Langzeitgedächtnis angesprochen wird.

Studiendesign und erste Datenauswertung

In Abbildung 1 sind der Aufbau der Stunde, die erhobenen Variablen sowie die Messzeitpunkte der Datenerhebung zu sehen. Es wurden je eine hinführende und eine rückführende Unterrichtseinheit zum Thema Transformator nach Basismodelltheorie strukturiert (Oser & Baeriswyl, 2001). Hierbei wurde das Basismodell Konzeptaufbau verwendet. Die Variation findet in der zweiten Stufe statt, wie in Abbildung 1 durch das offene Schloss angedeutet wird.

¹ Hierzu sei auf Berger (2000), Fechner (2009) und Habig (2017) verwiesen.

Stichwörter: Person-Gegenstands-Konzeption; wertbezogene und emotionale Valenz

Alle anderen Unterrichtsphasen wurden in beiden Stundenverläufen gleich gestaltet (geschlossenes Schloss). Die in Abbildung 1 dargestellten Variablen wurden mit folgenden Instrumenten erhoben: Individuelles und situationsbedingtes Interesse nach Fechner (2009) und Habig (2017), Schlüssigkeit des Unterrichtes und Wahrnehmung zum Versuchsleiter nach Trepke, Seidel & Dalehefte (2003). Die Items zum Vorwissen und zum Wissensstand über das Stundenthema Transformator wurden selbst erstellt und im Zuge einer Masterarbeit pilotiert (Unger & Rincke, 2023). Die kognitive Belastung wurde nach Theese et al. (2021) mittels eines Fragebogens gemessen, in welchem über die Selbstwahrnehmung der Schüler*innen bezüglich der Komplexität und Darstellung des vorgestellten Fachinhaltes sowie über die Lernerfahrung der Schüler*innen intrinsische, extrinsische und lernbezogene kognitive Belastung unmittelbar nach der vorgenommenen Variation bestimmt wurden. Die sprachliche Formulierung der Items wurde an das Stundenthema Transformator angepasst und der resultierende Fragebogen vor Beginn der Hauptstudie pilotiert (Unger & Rincke, 2023).

Aus der Studie gingen $N = 189$ ausgefüllte Fragebögen für die Datenauswertung hervor. Die Gruppen H (*Hinführung*; $N_H = 93$) und R (*Rückführung*; $N_R = 96$) setzten sich beinahe im Verhältnis 1:1 aus Real-schüler*innen ($n_{H \cap RS} = 52\%$, $n_{R \cap RS} = 54\%$) und Gymnasialschüler*innen ($n_{H \cap GYM} = 48\%$, $n_{R \cap GYM} = 43\%$) sowie im Verhältnis 1:2 aus männlichen ($n_{H \cap M} = 33\%$, $n_{R \cap M} = 29\%$) und weiblichen ($n_{H \cap W} = 62\%$, $n_{R \cap W} = 64\%$) Teilnehmenden zusammen. Im Folgenden wird die Stichprobe aufgeteilt nach starkem und schwachem Vorwissen untersucht. In den Gruppen H und R war kein Unterschied bezüglich des mittleren Vorwissensstandes innerhalb der Gruppe messbar (Mittelwerte ohne signifikantem Unterschied nahezu gleich: $\hat{x}_H(VW) \approx \hat{x}_R(VW)$), weshalb eine weitere Unterteilung der Gruppen in Teilgruppen mit starkem und schwachem Vorwissen vorgenommen wurde. Als Auswahlkriterium für eine Zuordnung wurde der Median der Gesamtstichprobenverteilung bezüglich der Messung „Vorwissen“ gewählt. Es lassen sich folgende Ergebnisse berichten:

Die Punktecala im Wissenstest reicht von 0 bis 48 Punkten. Im *Wissensstand* nach der Unterrichtseinheit zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der Gruppen H und R. Unterteilt man die Gruppen H und R in die Teilgruppen „hohes“ und „niedriges“ Vorwissen, so zeigte die Teilgruppe „hohes Vorwissen“ einen hoch signifikanten Unterschied ($\Delta \hat{x} = 2.8$) mit mittlerem Effekt² (Effektgröße $d = .62$) zugunsten der Gruppe R. In den Teilgruppen mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied zwischen Gruppe H und R.

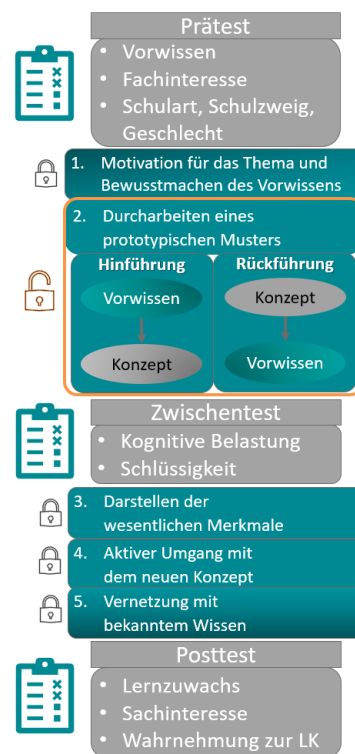


Abb. 1: Unterrichtsphasen nach 5-stufigem Basismodell Konzeptaufbau mit Messzeitpunkten

² Unterteilung der Effektgröße d nach Cohen (1988), zitiert nach Rasch et al. (2010, S. 68): kleiner Effekt: $d \in [.20, .50)$, mittlerer Effekt $d \in [.50, .80)$, großer Effekt $d \geq .80$

Die kognitive Belastung wurde auf einer 6-Stufigen Skala von 0 bis 5 gemessen. Der Mittelwert der *extrinsischen kognitiven Belastung* (ECL) über die gesamten Stichprobe betrug 1.9 Punkte. Die ECL lag bei Unterteilung nach Gruppe H und R signifikant niedriger für Gruppe R ($\Delta \hat{x}_{\text{CLex}} = .4^*$, $d = .32$). Bei Unterteilung der Stichprobe nach hohem und niedrigem Vorwissen war sie signifikant höher für Lernende mit niedrigem Vorwissen ($\Delta \hat{x}_{\text{CLex}} = .7^{***}$, $d = .62$). Bildet man aus den Lernenden mit hohem und niedrigem Vorwissen Teilgruppen nach Zugehörigkeit zu Gruppe H und R, fiel auf, dass die ECL signifikant höher für Lernende mit hohem Wissen in Gruppe H ausfiel als für Lernende mit hohem Vorwissen in Gruppe R ($\Delta \hat{x}_{\text{CLex}} = .5^*$, $d = .49$). Für Lernende mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied bei Unterteilung in Teilgruppen nach H und R. Der Mittelwert der *intrinsischen kognitiven Belastung* (ICL) über die gesamte Stichprobe betrug 1.0 Punkte. Bei Unterteilung nach Gruppe H und R zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Bei Unterteilung der Stichprobe nach hohem und niedrigem Vorwissen lag die ICL signifikant höher für Lernende mit niedrigem Vorwissen ($\Delta \hat{x}_{\text{CLin}} = .3^*$, $d = .31$). Bildet man aus den Lernenden mit hohem und niedrigem Vorwissen wieder Teilgruppen nach Zugehörigkeit zu Gruppe H und R fiel auf, dass die ICL signifikant höher für Lernende mit hohem Wissen in Gruppe H ausfiel als für Lernende mit hohem Vorwissen in Gruppe R ($\Delta \hat{x}_{\text{CLin}} = .4^*$, $d = .56$). Für Lernende mit niedrigem Vorwissen zeigte sich kein Unterschied bei Unterteilung in Teilgruppen nach H und R. Der Mittelwert der *lernbezogenen kognitiven Belastung* über die gesamte Stichprobe betrug 3.3 Punkte. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei Vergleich der Gruppen H und R, bei Vergleich der Gruppen hohes und niedriges Vorwissen sowie beim Vergleich der Teilgruppen niedriges und hohes Vorwissen der Gruppen H und R.

Erste Interpretation und weiteres Vorgehen

Maurer (2016) vermutet, dass bei unterschiedlicher Strukturierung die unterschiedliche Verknüpfung mit dem Vorwissen Einfluss auf das Lernen nimmt. In den vorgestellten Ergebnissen zeigte sich dieser mögliche Einfluss als Unterschied in der ECL zwischen den Gruppen Hin- und Rückführung. Eine Rückführung kann als kognitiv entlastender Teil der Darstellungsform des Lerninhaltes gedeutet werden. Erwartungskonform zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe H und R bezüglich ICL, war doch auch der Fachinhalt in seiner Komplexität in beiden Gruppen derselbe. Sweller et al. (2019) beschreiben im Modell der kognitiven Belastung, dass sich hohes Vorwissen reduzierend auf die ICL auswirkt. Die in diesem Beitrag vorgestellte Messung liefert ein erwartungskonformes Ergebnis, wenn auch mit kleinem Effekt. Dieser Effekt zeigte sich auch bei den Messwerten zur ECL. Ein möglicher Einfluss der Strukturierungsart scheint hier wahrscheinlich: Unterteilt man die Gruppen H und R nach Vorwissensstand der Lernenden, fällt auf, dass der gemessene Unterschied der ECL bei Lernenden mit hohem Vorwissen auftrat, während sich bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen kein Unterschied zwischen den Gruppen H und R zeigte. Gleiches ließ sich insbesondere bei der ICL beobachten. Hierzu muss jedoch berücksichtigt werden, dass durch das Messinstrument die *wahrgenommene* Komplexität des Fachinhaltes und der Darstellung desselbigen abgefragt wurden. Für dieses Beispiel lässt sich folgern, dass Lernende mit hohem Vorwissen einer Rückführung kognitiv leichter folgen können als einer Hinführung und der Fachinhalt bei einer Rückführung von diesen als weniger komplex wahrgenommen wird. Hervorzuheben ist, dass sich durch die Art der Strukturierung keine Unterschiede bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen hinsichtlich der kognitiven Belastung und des erreichten Wissensstandes zeigten. Mögliche Effekte auf die Interessanztheit des Unterrichts sowie mögliche Korrelationen zwischen den erhobenen Variablen werden in einem nächsten Schritt untersucht.

Literatur

- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Geller, C. (2015). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Waxmann.
- 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>
- Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*, 73–101. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88573-3_4
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Oser, F., K., & Baeriswyl, F., J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction on learning. *Handbook of Research on Teaching*, 1031–1065.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. (3., erw. Aufl, Bd. 1). Springer.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. doi.org/10.1023/A:1022193728205
- Theese, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. *Frontiers in Education*, 6, 705551. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.705551>
- Trepke, C., Seidel, T., & Dalehefte, I. M. (2003). Zielorientierung im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*, 201–228, IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Unger, P., Karsten, R. (2023) Vergleich hinführender und rückführender Strukturierungen im Physikunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*, 714-717. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.