

Vergleich analysierender und erarbeitender Strukturierungen im Physikunterricht

Bei der Behandlung neuer, nicht-trivialer Fachinhalte kann ein analysierendes oder erarbeitendes Vorgehen gewählt werden. Der zeitliche und formallogische Ablauf von Unterricht kann je nach Vorgehen entsprechend unterschiedlich strukturiert werden. Das Ziel dieses Promotionsvorhabens ist es, Erkenntnisse über eine mögliche Wirkung der Verknüpfungsart des Vorwissens im Zuge analysierender und erarbeitender Strukturierungen im Physikunterricht zu erlangen. Im Fokus liegt die Frage, ob eine hinführende oder rückführende Verknüpfung mit dem Vorwissen bei der Einführung neuer fachlicher Inhalte im Unterricht zu unterschiedlicher Lernleistung führt und sich Effekte bezüglich der Lernmotivation und Überforderung der Lernenden zeigen.

Begriffliche Einordnung

Lehrtraditionen, Strukturmodelle oder Lehr-Lerntheorien werden in dieser Arbeit als „hinführend“ bezeichnet, wenn neue Inhalte vom Vorwissen schrittweise abgeleitet werden. Oftmals werden dazu einleitend Phänomene oder Problemstellungen betrachtet. Es wird von „Rückführung“ gesprochen, wenn bei Einführung neuer Konzepte zunächst das Konzept als solches dargestellt wird. Eine Verknüpfung mit dem Vorwissen kann nach der Analyse des Neuen im Unterrichtsverlauf folgen. Diese Definition weist zunächst starke Ähnlichkeiten zu den im bildungssprachlichen Kontext viel verwendeten Begriffen einer „induktiven“ und „deduktiven“ Unterrichtsmethode auf und soll im Folgenden davon abgegrenzt werden.

Unter einer induktiven Methode wird im bildungssprachlichen Kontext eine Entwicklung von spezifischen Details hin zum Allgemeinen verstanden. Mit dem Begriff der deduktiven Methode wird entsprechend einer Entwicklung vom Allgemeinen hin zum Einzelnen definiert (Wild & Möller, 2009). Das Allgemeine stellt dabei oft ein neues fachliches Konzept oder eine Regelmäßigkeit dar und unter der Bezeichnung spezifische Details können beobachtbare Phänomene oder auch Beispielsituationen verstanden werden. In Abgrenzung zu einem Verständnis der Begrifflichkeiten nach Piercescher Wissenschaftstheorie (vgl. Minnameier, 2005) werden die Begriffe induktiv und deduktiv im Folgenden weiterhin als überordnende Beschreibungen im bildungssprachlichen Konsens verwendet. Kulgemeyer (2018) präzisiert die Begriffe induktive und deduktive Methode insofern weiter, als dass er bei der Konstruktion von Erklärungen von einer Example-Rule Strategie als Form der induktiven Methode und einer Rule-Example Strategie als Form einer deduktiven Methode spricht. Bei Erklärungen lässt sich unterscheiden, ob man von einem Beispiel ausgehend eine Regel ableitet oder nach der Präsentation einer Regel ein Beispiel zur Verdeutlichung anführt. Kokkonen et al. (2021) vergleichen in ihrer Studie eine Einführung neuer Inhalte nach Concreteness Fading mit einer Einführung nach Concreteness Introduction. Im Vorgehen nach Concreteness Fading wird der Abstraktionsgrad verschiedener äußerer Repräsentationen des neuen, fachlichen Inhaltes, wie Modelldarstellungen, stufenweise gesteigert, was als induktive Methode identifiziert werden kann. In umgekehrter Weise wird bei Concreteness Introduction der Grad der Abstraktion gewählter Repräsentationsformen des neuen Konzeptes schrittweise reduziert, womit sich Concreteness Introduction einer deduktiven Methode unterordnen lässt.

Bei einer hinführenden und rückführenden Strukturierung lässt sich im Vergleich zu den beiden oben genannten Schemata ebenso eine logische Richtung zum neuen Konzept hin bzw. vom neuen Konzept ausgehend identifizieren. Der wesentliche Unterschied lässt sich in der Rolle des Vorwissens finden, welches bei einer Hinführung den Ausgangspunkt und bei einer Rückführung das Ziel der Strukturierung darstellt: Das Vorwissen der Lernenden enthält sowohl Wissen über allgemeine Konzepte und Regelmäßigkeiten als auch spezifische Details und Einzelheiten. Somit lässt sich eine Hinführung nicht eindeutig als induktive Methode und eine Rückführung nicht eindeutig als deduktive Methode charakterisieren.

Wirkungen induktiver und deduktiver Vorgehensweisen

Wie oben beschrieben, ist die logische Richtung bezüglich des neuen Konzeptes bei induktiver bzw. deduktiver Methode mit einer Hinführung bzw. Rückführung vergleichbar. Aus diesem Grund werden die Effekte induktiver und deduktiver Methoden bei der Diskussion der Wirkung hinführender und rückführender Strukturierung berücksichtigt. Im Folgenden wird aufgezeigt, weshalb sich daraus insbesondere eine Betrachtung des Lernfortschrittes, der Lernmotivation und der Überforderung rechtfertigen lässt.

Hinweise dafür, dass sich ein deduktives Vorgehen besonders bei der Vermittlung deklarativen Wissens (Tomlinson & Hunt, 1971) und ein induktives Vorgehen für den Erwerb prozeduralen Wissens eignet (Champagne et al., 1982), konnten von Seidel, Blomberg & Renkl (2013) erneut beobachtet werden. Dem gegenüber zeigen verschiedene Studien, dass im deutschen Physikunterricht bei der Konzeptbildung weiterhin induktive Muster eine zentrale Rolle spielen: Es konnte beobachtet werden, dass die lernprozessorientierten Phasen der Erarbeitung im Kontext sowie der Planung und Durchführung eigener Handlungen eine zeitlich stärkere Ausprägung im Unterrichtsgeschehen einnehmen als Phasen der Verallgemeinerung und des aktiven Umgangs mit neuen Konzepten (Geller, 2015). Es werden oft kleinschrittige Vorgehensweisen nach fragend-erarbeitendem Muster in Phasen der Konzeptbildung angewandt, deren Lerneffekt jedoch in höheren Klassen schwach ausfällt (Trendel, Wackermann & Fischer, 2015). Maurer (2016) verweist darauf, dass sich unterschiedliche Arten innerfachlicher Vernetzung ebenfalls auf den Lernfortschritt der Lernenden auswirken könnten.

Darüber hinaus lässt sich bei Geller (2015) sowie bei Kulgemeyer (2019) die Vermutung finden, dass ein induktives Vorgehen mit einer erhöhten Motivation der Lernenden bei der Auseinandersetzung mit neuen Inhalten einhergeht. Kalyuga et al. (2003) geben an, dass eine mögliche Abhängigkeit der intrinsischen kognitiven Belastung vom Vorwissen besteht, was durch die Studien von Leppink et al. (2013) bekräftigt werden konnte. Es sollen deshalb mögliche Auswirkungen hinführender und rückführender Strukturierungen auf das Interesse der Lernenden (Berger, 2000), die Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Jerusalem, 2002) sowie die extrinsische, intrinsische und lernbezogene kognitive Belastung (Sweller et al., 1998; Sweller, 2010) untersucht werden.

Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Es werden zwei Unterrichtseinheiten zum Thema Transformator mithilfe der Basismodelltheorie nach Oser & Baeriswyl (2001) strukturiert. Mit der Basismodelltheorie ist eine Vorgabe zur Strukturierung von Unterricht gegeben, die als Ausgangspunkt der Unterrichtsplanung die Zielsetzung des Lernens fokussiert. Je nach Zielsetzung ergeben sich somit verschiedene Basismodelle. Mit der Behandlung eines für die Lernenden neuen und schwer selbst-findbaren Konzeptes ist somit die Voraussetzung zur Anwendung des Basismodelles Konzeptaufbau gegeben (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001; Wackermann, 2008; Krabbe, Zander, Fischer, 2015). Die beiden Unterrichtsabläufe unterscheiden sich jeweils in der Stufe zwei

„Erarbeiten eines prototypischen Musters“ des Basismodells, welche hin- bzw. rückführend modelliert wird. Die übrigen Unterrichtsphasen werden möglichst gleich strukturiert und es werden insbesondere keine Inhalte nur einem der beiden Entwürfe vorbehalten. Der einleitende Kontext der Leistungsübertragung über weite Strecken hinweg wurde aus Muckenfuß (2007) übernommen und das konzeptuelle Verständnis des Transformators nach Helzel (2020) berücksichtigt. Das Thema wird zusätzlich in einen Kontext eingebettet, wofür Oser & Baeriswyl (2001) keine eindeutige Stufe angeben. Orientiert an einer kontexteinge-bunden Rule-Example Strukturierung, wie sie von Seidel, Blomberg & Renkl (2013) nach Kulgemeyer (2018) beschrieben wird, geschieht die Kontexteinbettung bereits in Stufe eins des Basismodells.

Die Studie ist als quasiexperimentelle Laborstudie im Prä-Post-Design geplant. Schüler/-innen der zehnten Jahrgangsstufe aus Realschulen und Gymnasien werden in das Lernforschungslabor der Didaktik der Physik der Universität Regensburg eingeladen und erhalten eine 90-minütige Unterrichtseinheit zum Thema Transformator. Der Vortest setzt sich aus einem kognitive-Fähigkeiten Test (Maurer, 2016), einem Wissenstest zu Transformatoren und Induktion (Wecker, 2022¹), einem Interessenstest zu Fach- und Sachinteresse (Berger, 2000) sowie einer Befragung zu Geschlecht, Schulart und -zweig der Schüler/-innen zusammen. Im Nachtest werden situatives bzw. aktualisiertes Interesse (Berger, 2000), Wissenszuwachs (Wecker, 2022¹) sowie die Wahrnehmung der Schüler/-innen zum Versuchsleiter gemessen. Die Wahl des Messzeitpunktes der Überforderungsmessung wird derzeit noch abgewägt. Für eine Messung nach der geplanten Variation innerhalb der Gruppen, also direkt im Anschluss an Stufe zwei des Basismodells, spricht eine eindeutigere Zuordnung möglicher Messunterschiede auf die Variation als bei einer Messung im Posttest. Mit einer Messung der Überforderung im Posttest bleibt der Unterrichtsverlauf ungestört, jedoch weisen Schmeck et al. (2013) darauf hin, dass dadurch die Überforderung zu anderen Zeitpunkten während der Unterrichtsstunde als zu dem der geplanten Variation aufgenommen werden kann. Als Messinstrument werden die in der Studie von Thees et al. (2021) diskutierten Fragebögen herangezogen. Der geplante Test zur wahrgenommenen Selbstwirksamkeit der Lernenden befindet sich noch in Bearbeitung. Der Selbstwirksamkeitsbegriff wird nach der Definition von Schwarzer & Jerusalem (2002) beschrieben. Die Pilotierung des Testinstruments wird im Frühjahr 2022 abgeschlossen sein. Der Beginn der Datenerhebung ist für das Sommersemester 2022 angesetzt.

¹ Ein Wissenstest über Transformatoren sowie ein Vorwissenstest zur Induktion wird derzeit im Zuge einer Masterarbeit von Corinna Wecker erstellt und pilotiert.

Literatur

- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik—Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Logos-Verl.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E. & Gunstone, R.F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17, 31–53.
- Geller, C. (2015). Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. Logos Verlag.
- Helzel, A. (2020). *Elektrodynamik an Schule und Hochschule: Eine Analyse der fachlichen Hintergründe und Wege der Elementarisierung*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61842-4>
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist* 38: 23–31.
- Kokkonen, T., Lichtenberger, A., & Schalk, L. (2021). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. *Learning and Instruction*, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524>
- Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Waxmann.
- Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, 54(2), 109–139. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054>
- 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>
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Minnameier, G. (2005). *Wissen und inferentielles Denken: Zur Analyse und Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen*. Lang.
- Muckenfuß, H. (2007). Vom Induktionsgesetz zum Transformator. Unterrichtsgang zur Bedeutung des Transformators für die elektrische Energieübertragung. In *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* (Bd. 18, Nummer 102, S. 25–29).
- Oser, F., K., & Baeriswyl, F., J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction on learning. *Handbook of Research on Teaching*, 1031–1065.
- Schmeck, A., Opfermann, M., van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2015). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: Differences between immediate and delayed ratings. *Instructional Science*, 43(1), 93–114. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9328-3>
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2013). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. <https://doi.org/10.25656/01:3930>
- Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. *Educational Psychology Review* 22, 123–138.
- 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. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Thees, 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>
- Tomlinson, P.D., & Hunt, D.E. (1971). Differential effects of rule-example order as a function of learner conceptual level. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 3(3), 237–245.
- Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H. E. (2008). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 322–340.
- Wackermann, R. (2008). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Logos Verlag.
- Wackermann, R., Trendel, G., & Fischer, H. E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(7), 963–985. <https://doi.org/10.1080/09500690902984792>
- Wild, E., & Möller, J. (Hrsg.). (2009). *Pädagogische Psychologie: Mit 27 Tabellen*. Springer.