Ralf Erlebach
Carolin Frank
Bergische Universität Wuppertal

Analyse und Klassifikation technischer Repräsentationen in Lehrbüchern

Innerhalb der Ausbildung in technischen Berufsfeldern sind Auszubildende mit einer Vielfalt an Repräsentationen konfrontiert. Diese Konfrontationen können dabei als Lerngelegenheiten begriffen werden, welche bestehendes Wissen aufgreifen und mit dem zu erwerbenden technischen Wissen verknüpfen. Diese Lerngelegenheiten werden jedoch nur unzureichend ausgeschöpft, da die Anforderungen durch die Repräsentationen vom Rezipienten vermutlich nicht erkannt werden. Speziell in technischen Berufen ist durch die Vielzahl unterschiedlicher Repräsentationsformen (Glancy & Moore, 2013) von vielfältigen kognitiven Anforderungen auszugehen. Um diese Vermutung zu untersetzen, wurden im Rahmen einer Lehrbuchanalyse technische Repräsentationen erhoben und hinsichtlich der kognitiven Anforderungen kategorisiert.

Theoretischer Hintergrund

Als Kommunikationsmittel kommt externen Repräsentationen im Rahmen institutionellen Lernens eine entscheidende Bedeutung zu. Repräsentationen sind materielle Darbietungen, die auf einen Gegenstand oder Sachverhalt referieren (vgl. Ainsworth, 2008). Die Fähigkeit, diese Referenzen zu erschließen, zwischen Darstellungsformen zu wechseln und Repräsentationen hinsichtlich der enthaltenen Zusammenhänge zu manipulieren, wird als „repräsentationale Kompetenz“ bezeichnet (Ainsworth, 1999; Kozma & Russell, 1997). Qualitative Studien zeigen, dass im Bereich der Technik Repräsentationskompetenz Voraussetzung für das Lösen von Problemen ist (Alabi, Magana, & Garcia, 2013; Juhl & Lindegaard, 2013; Moore, Miller, Lesh, Stohlmann, & Kim, 2013). Somit ist die Arbeit mit Repräsentationen Teil des fachlichen Lernens. Studien legen jedoch nahe, dass Lernen im Fachunterricht nicht zwangsläufig mit einem Erwerb repräsentationaler Kompetenz einhergeht (Bowen & Roth, 2002). Lernende stehen daher vor einem repräsentationalen Dilemma (Ainsworth, 2008; Rau, 2016): Wie können sie Wissen aus einer Repräsentation erwerben, die sie nicht vollständig verstehen?

Grundsätzlich ist dieses Verständnis von den kognitiven Voraussetzungen des Rezipienten abhängig, allen voran des aktivierten Vorwissens (Cook, 2006). In der Literatur finden sich jedoch bzgl. des Vorwissens inkonsistente und fragmentierte Befunde (Bodemer & Faust, 2006; Johnson, Ozogul, Moreno, & Reisslein, 2013; Mayer & Gallini, 1990; Seufert, 2003). Als Vorwissen wird, sofern angegeben, unabhängig von der Repräsentationsform inhaltsbezogenes Wissen operationalisiert. Im Besonderen mangelt es an Untersuchungen, welche die Anforderungen der Repräsentation an das Vorwissen in den Fokus rücken. Grundlage für eine solche Untersuchung ist eine Systematisierung existierender Repräsentationen nach kognitiven Voraussetzungen. Daher werden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Welche variierenden kognitiven Anforderungen stellen technische Repräsentationen an den Rezipienten?
- Wie können technische Repräsentationen auf Grundlage dieser Anforderungen kategorisiert werden?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Analyse der in Lehrwerken für Berufsschulen enthaltenen Repräsentationen durchgeführt. Das Sampling orientierte sich dabei an inhaltlichen und quantitativen Aspekten. Aufgrund der zu erwartenden Vielfalt an Reprä-

sentationsformen wurden die mechanischen Berufsfelder als Untersuchungsgegenstand gewählt, welcher durch Beschränkung auf die häufigsten IHK-Prüfungsfälle (IHK, 2017) sowie inhaltliche Analyse der Rahmenlehrpläne (KMK, 2017) auf das erste Ausbildungsjahr der Berufe Konstruktions-, Industrie-, Werkzeug- sowie Zerspanungsmechaniker/in eingegrenzt wurde. Insgesamt wurden in drei Schulbüchern des Berufsfeldes Metalltechnik für das 1. Ausbildungsjahr (Haffer u. a., 2014; Kaese, Langanke, Schmid, Sokele, & Tiedt, 2016; Moos, Wagenleiter, & Wollinger, 2015) N = 383 Repräsentationen erfasst und kontextunabhängig hinsichtlich des zu aktivierenden Vorwissens sowie deren Abstraktionsgrad kodiert.

Bezüglich des für das Verständnis der Repräsentation notwendigen Vorwissens wurde dabei in technikbezogenes Wissen, bezugswissenschaftliche Wissensbestände (Mathematik, Physik, Chemie, Informatik und Wirtschaft) sowie Allgemeinwissen differenziert. Allgemeinwissen umfasste dabei alle rezeptiven Fertigkeiten unterhalb der PIAAC-Literacy- und Numeracy-Stufen 3 (OECD, 2013) sowie Wissen, welches in alltäglichen Lebenssituationen erworben und genutzt wird. Das fachliche Vorwissen in der Technik bzw. den Bezugswissenschaften kann hingegen entweder inhaltlich oder in Form von Wissen um domänenspezifische repräsentationale Konventionen ausgeprägt sein. Darüber hinaus wurde bei der Kodierung eine weitere Ebene relevanter Wissensbestände identifiziert. Dieses Vorwissen ist im Gegensatz zur ersten nicht zwingend notwendig zum Verstehen der Repräsentation, erweist sich jedoch für das Elaborieren dargestellter Sachverhalte, Wirkzusammenhänge oder Konsequenzen als hilfreich (s. Tab. 2).

Als repräsentationsspezifisches Merkmal wurde Abstraktheit in die Untersuchung aufgenommen. Dieser Faktor wird in der Literatur als bedeutsam identifiziert (Fyfe, McNeil, Son, & Goldstone, 2014), jedoch mit widersprüchlichen Befunden (Imhof, Scheiter, Edelmann, & Gerjets, 2012; Johnson, Butcher, Ozogul, & Reisslein, 2014; Joseph & Dwyer, 1984; Berthold & Renkl, 2009). Unter Berücksichtigung dieser Befunde wurde zusätzlich zu den beiden Ebenen des Vorwissens der Abstraktionsgrad in Anlehnung an Storz und Wirsing (1987, S. 47f) kodiert (s. Tab. 1).

Abstraktion	Definition	Beispiele
erscheinungs-affin	visuelle Ähnlichkeit mit abgebildetem Gegenstand oder Sachverhalt gegeben	Foto, Zeichnung, CGI-Grafik
wesensaffin	keine visuellen Ähnlichkeiten mit dem Abzubildenden, kommuniziert jedoch sachlogische Zusammenhänge durch Form oder Topologie der einzelnen Elemente	Diagramm, Schaltbild, Kräfteparallelogramm
inaffin	bestehend aus arbiträren Zeichen (Symbolen) ohne visuellen Bezug zum Sachverhalt	Formel, Tabelle, Schrifttext

Tab. 1: Abstraktionsgrade externer Repräsentationen

Ergebnisse

Tab.2 stellt die auftretenden Kombinationen der beiden Ebenen des Vorwissens dar. Dabei wird ersichtlich, dass rein inhaltliches Vorwissen aus den Bezugswissenschaften kaum notwendig zur Erschließung von Repräsentationen wird, dafür jedoch das Wissen um repräsentationale Konventionen. Repräsentationen, welche durch die Notwendigkeit bezugswissenschaftlicher Konventionen geprägt sind, erfordern zur Elaboration weitestgehend bezugswissenschaftliches Wissen. Dieses Muster zeichnet sich bei den technik-spezifischen Repräsentationen hingegen nicht ab: In dieser Gruppe sind sowohl bezugswissenschaftliches als auch technisches Wissen zur Elaboration bedeutsam.

		notwendiges Vorwissen				
		AW (Allgemeinwissen)	BW (Bezugswissenschaften)		TW (Technikwissen)	
			rep.	inh.	rep.	inh.
hilfreiches Vorwissen	kein	+ (45)	± (2)	± (1)	+ (39)	+ (12)
	BW	+ (71)	+ (57)	- (0)	+ (17)	+ (11)
	TW	+ (116)	± (3)	- (0)	+ (7)	+ (4)

Tab. 2: Notwendiges und hilfreiches Vorwissen. Notwendiges Vorwissen ist in Inhalts- und Repräsentationswissen (inh. / rep.) untergliedert. Anzahl der Repräsentationen in Klammern

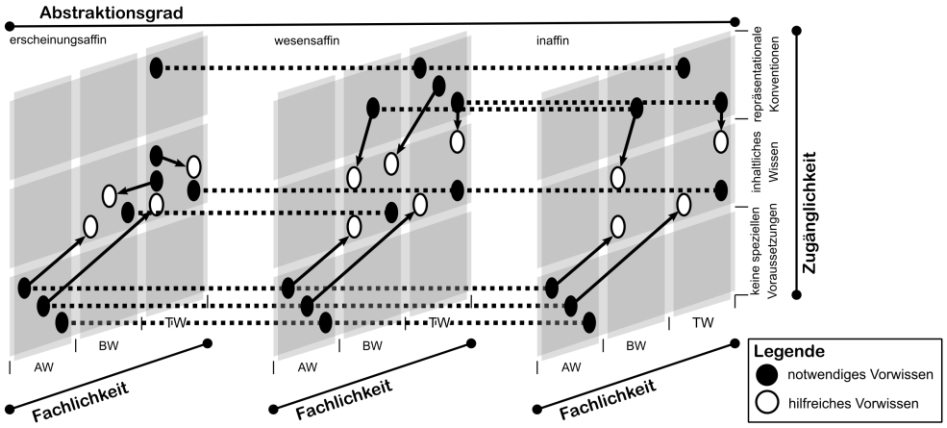

Abb 1.: Verteilung der Vorwissenskombinationen für die verschiedenen Abstraktionsgrade

Die tatsächlich auftretenden Vorwissenskombinationen wurden hinsichtlich Zugänglichkeit (kein, inhaltspezifisches oder repräsentationales Vorwissen) und Domäne/Fachlichkeit (Allgemein-, Bezugswissenschafts- oder Technikwissen) in Abhängigkeit von der Abstraktion in Abb. 1 verortet. Aus dieser Aufstellung wird ersichtlich, dass Repräsentationen ohne spezielle Zugangsvoraussetzungen sowie Repräsentationen mit rein inhaltlich-technischem oder rein repräsentational-technischem Vorwissen auf jeder der Abstraktionsebenen vorliegen. Im Gegensatz dazu sind speziellere Kombinationen nur in Teilbereichen vorzufinden. So sind Repräsentationen mit technisch-inhaltlichen Voraussetzungen, die tiefergehende Elaboration ermöglichen, nur auf der Ebene der erscheinungsaffinen Repräsentationen zu finden, während im untersuchten Fachbereich bezugswissenschaftliche repräsentationale Konventionen nur auf der wesens- und inaffinen Ebene existent sind.

Fazit und Ausblick

Die im Rahmen einer Lehrbuchanalyse vorgenommene Kategorisierung verdeutlicht, dass sich Repräsentationen im Bereich Technik durch eine hohe Varianz an benötigtem Vorwissen auszeichnen. Dies spiegelt sich speziell in den Kombinationen mit Wissensbeständen aus den Bezugswissenschaften wider. Vermutlich dürfte dies einer der Gründe dafür sein, weshalb es besonders für unerfahrene Lerner schwierig einzuschätzen ist, ob und inwiefern sich die für eine tiefere Auseinandersetzung mit einer Repräsentation einzusetzenden kognitiven Ressourcen durch elaborierende Erkenntnisse amortisieren. Um das repräsentationale Dilemma aufzuklären, stellt daher die Weiterentwicklung der Klassifikation mit Fokus auf Rezeptionsschwierigkeiten weiterhin ein offenes Desiderat dar.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. Computers & Education, 33(2), 131–152.

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In Visualization: Theory and practice in science education (S. 191–208). Springer.

Alabi, O. O., Magana, A. J., & Garcia, R. E. (2013). Exploring student representational approaches in solving rechargable battery design problems. In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (S. 1685–1687). IEEE.

Berthold, K., & Renkl, A. (2009). Instructional aids to support a conceptual understanding of multiple representations. Journal of Educational Psychology, 101(1), 70.

Bodemer, D., & Faust, U. (2006). External and mental referencing of multiple representations. Computers in Human Behavior, 22(1), 27–42.

Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. Research in Science Education, 32(3), 303–327.

Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. Science education, 90(6), 1073–1091.

Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2013). Theoretical foundations for effective STEM learning environments. Engineering Education Working Papers, Paper 1.

Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y., & Goldstone, R. L. (2014). Concreteness fading in mathematics and science instruction: A systematic review. Educational Psychology Review, 26(1), 9–25.

Haffer, R., Becker-Kavan, A., van den Boom, G., Brandt, F., Braun, C., Lindner, V., … Timm, J. (2014). Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe. Lernfelder 1-4 (6. aktualisierte Auflage). Hamburg: Handwerk und Technik.

IHK. (2017). Prüfungsstatistik der Industrie- und Handelskammer. Abgerufen von http://pes.ihk.de am 27.05.2017

Imhof, B., Scheiter, K., Edelmann, J., & Gerjets, P. (2012). How temporal and spatial aspects of presenting visualizations affect learning about locomotion patterns. Learning and Instruction, 22(3), 193–205.

Johnson, A. M., Butcher, K. R., Ozogul, G., & Reisslein, M. (2014). Introductory circuit analysis learning from abstract and contextualized circuit representations: Effects of diagram labels. IEEE Transactions on Education, 57(3), 160–168.

Johnson, A. M., Ozogul, G., Moreno, R., & Reisslein, M. (2013). Pedagogical agent signaling of multiple visual engineering representations: The case of the young female agent. Journal of Engineering Education, 102(2), 319–337.

Joseph, J. H., & Dwyer, F. M. (1984). The effects of prior knowledge, presentation mode, and visual realism on student achievement. The Journal of experimental education, 52(2), 110–121.

Juhl, J., & Lindegaard, H. (2013). Representations and visual synthesis in engineering design. Journal of Engineering Education, 102(1), 20–50.

Kaese, J., Langanke, L., Schmid, K.-G., Sokele, G., & Tiedt, G. (2016). Metalltechnik. Grundwissen Lernfelder 1-4 (4. Auflage). Braunschweig: Westermann.

KMK. (2017). Downloadbereich Rahmenlehrpläne. Abgerufen von http://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html am 01.06.2017

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of research in science teaching, 34(9), 949–968.

Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? Journal of educational psychology, 82(4), 715.

Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S., & Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. Journal of Engineering Education, 102(1), 141–178.

Moos, J., Wagenleiter, H. W., & Wollinger, P. (2015). Grundkenntnisse Metallbauer und Konstruktionsmechaniker. Lernfelder 1-4 (4., überarbeitete Auflage). Hamburg: Handwerk und Technik.

OECD. (2013). OECD Skills Outlook: First Results from the Survey of Adult Skills. OECD Publishing.

Rau, M. A. (2016). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. Educational Psychology Review, 1–45.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. Learning and instruction, 13(2), 227–237.

Storz, P., & Wirsing, G. (1987). Unterrichtsmethodik Technische Chemie. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.