

## **Transfermechanismen beim Low- und High-Road-Transfer**

### **Motivation**

Erfolgreicher Transfer stellt ein zentrales Ziel von Bildung dar. Damit bestehen unmittelbare Implikationen auf das schulische Lernen und Einfluss auf den späteren Umgang der Lernenden mit ihrem Wissen. Transfer aus klassischer Sicht fällt Lernenden oft schwer (Barnett & Ceci, 2002; Dettermann, 1993). Studien zum klassischen Transfer (vgl. z.B. Gray & Holyoak, 2021) beschäftigen sich überwiegend mit der Frage, ob Transfer gelingt oder nicht. Der eigentliche Prozess beim Transfer ist hingegen noch weniger erforscht. Die dazu vorhandenen Studien, beispielsweise zu metakognitiven Aspekten wie Transferstrategien, zeigen aber, dass Lernende durchaus in der Lage sind, über Analogien zwischen Lern- und Anwendungskontexten nachzudenken (Gysin et al., 2024). Zudem zeigt sich, dass das Vorgehen beim Transfer eine hohe Diversität aufweist (Gysin & Brovelli, 2021), was nach weiteren, auf die individuellen Prozesse beim Transfer ausgerichteten Forschungsarbeiten verlangt.

### **Theoretischer Hintergrund**

Nach klassischem Verständnis bezeichnet Transfer die Anwendung von Wissen in einer neuen Situation (Bransford et al., 2000). In den letzten Jahrzehnten entwickelten sich jedoch Transfer-Theorien, die die transferierende Person (vgl. Lobato & Hohensee, 2021) mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Denkweisen (Day & Goldstone, 2012), sowie die Auswirkungen des Lernkontexts in den Vordergrund stellen (Perkins & Salomon, 1992; Wagner, 2010). Diese verschiedenen Aspekte beeinflussen die Konstruktion von Wissen z.B. in der Darstellung eines Netzes aus Wissens-elementen (diSessa & Wagner, 2005) in neuen Transfer-Situationen. Bei der Konstruktion werden von den transferierenden Personen Mechanismen und metakognitive Strategien angewandt (Gysin et al., 2024).

Die Theorie zum Low- und High-Road-Transfer von Perkins & Salomon (1988, 1992) unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Transfer-Mechanismen. Der (reflexive) Low-Road-Transfer bezieht sich auf das reflexartige Triggern von gut eingeübten Routinen, die ohne bewusste Anstrengung abgerufen werden können. Voraussetzung hierfür sind in sich ähnliche Stimuli, beispielsweise in einer Abfolge von Aufgaben bis hin zu einer Automatik, die durch ausreichendes Üben erreicht wird. Im Gegensatz dazu erfordert der („mindful“) High-Road-Transfer eine bewusste Abstraktion und die aktive Suche nach Zusammenhängen zwischen verschiedenen Wissensbereichen. Voraussetzung für einen High-Road-Transfer ist eine persönliche mentale Investition, eine Abstraktion, eine Suche nach möglichen Analogien sowie die eigene, bewusste Lenkung von Aufmerksamkeit und Metakognition. Welcher Mechanismus oder ob überhaupt Transfer stattfindet, hängt von der Person und der Situation ab. Die Theorie von Perkins & Salomon (1992) kann zudem in der Dual-Prozess-Theorie (DPT) nach Kahnemann (siehe z.B. Evans & Stanovich, 2013) eingeordnet werden. Die zentrale Hypothese besteht darin, dass menschliches Denken, Urteilen und Entscheiden in zwei Arten der kognitiven Verarbeitung unterschieden werden können. Typ-1-Verarbeitung wird als schnell, automatisch und reaktiv verstanden, während Typ-2-Verarbeitung langsam, kontrolliert und überlegt ist. Typ 1 entspricht demnach dem Low-Road- und Typ 2 dem High-Road-Transfer.

Perkins & Salomon (1992) stellen in Bezug auf erfolgreiches Lernen die Hypothese auf, dass High-Road-Transfer effektiver als Low-Road-Transfer, besonders effektiv aber eine Kombination aus Low- und High-Road-Transfer sei. Bisher gibt es allerdings keine empirischen Belege, weder zum theoretischen Modell der Mechanismen noch zu den eben formulierten Hypothesen.

### **Ziel des Forschungsprojekts**

Ziel unseres Forschungsprojekts ist es, zunächst das Auftreten von Low- und High-Road-Transfer mit Hilfe eines Instruments empirisch messbar zu machen und zu prüfen, ob diese beiden Konstrukte trennscharf zueinander sind. Mit Hilfe des Instruments könnten anschließend die oben genannten Hypothesen geprüft werden.

### **Studiendesign zur Entwicklung des Testinstruments**

Das qualitative Studien-Design gliederte sich in eine Übungs- und Transferphase. In der ersten Übungs-Phase wurden den Proband:innen Aufgaben zum 3. Newton'schen Axiom (Neumann et al., 2014) vorgelegt. Der Lösungsprozess wurde videografiert, wobei die Proband:innen zum lautem Denken aufgefordert wurden. Die Aufgaben wurden orientiert an der Theorie zum Low- und High-Road-Transfer in zwei Gruppen unterschiedlich dargeboten: 1) Die Low-Road-Gruppe bearbeitete sechs ähnliche Aufgaben direkt hintereinander, um einen Automatismus zu entwickeln. Im Anschluss an die Bearbeitung der Aufgaben wurden den Proband:innen die Lösungen gezeigt, ohne diese zu begründen. 2) Die High-Road-Gruppe wurde dazu ermutigt, zwischen den Aufgaben Beziehungen herzustellen. Nach der Bearbeitung der ersten Aufgabe wurden den Proband:innen unmittelbar die korrekte Lösung mitgeteilt, auch hier ohne Begründung. Anschließend wurde die zweite Aufgabe neben die erste gelegt und die Proband:innen aufgefordert, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Aufgaben zu benennen. Es folgte die Bearbeitung der zweiten Aufgabe. Der Prozess wurde noch mit einer dritten und vierten Aufgabe wiederholt. In der High-Road-Gruppe wurden im Vergleich zur Low-Road-Gruppe nur vier Aufgaben bearbeitet, um die Time-on-Task zwischen den beiden Gruppen möglichst gleich zu halten.

In der zweiten Anwendungs-Phase (ca. eine Woche danach) lösten die Proband:innen weitere vier Aufgaben zum 3. Newton'schen Axiom, nun ohne Anleitung oder Feedback. Anschließend wurden leitfadengestützte Interviews mit den Proband:innen geführt, um charakteristische Aussagen über den vorliegenden Transfer-Mechanismus zu entnehmen, die schließlich mit einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet wurden, wobei sowohl induktiv als auch deduktiv vorgegangen wurde.

Die Stichprobe bestand aus neun Physik-Lehramtsstudierenden (fünf Low- und vier High-Road) der Ruhr-Universität Bochum und der Pädagogischen Hochschule Luzern, die das 3. Newton'sche Axiom bereits aus Vorlesungen kannten.

Bei der Planung der Studie wurde nicht davon ausgegangen, dass alle Proband:innen aus der Low-Road-Transfer-Gruppe auch den entsprechenden Mechanismus aufweisen, da dies stark von der transferierenden Person abhängt (vgl. Lobato & Hohensee, 2021), weil z.B. das Vorwissen zwischen den Proband:innen verschieden sein kann. Gleiches gilt für die High-Road-Transfer-Gruppe. Die Unterscheidung in den Gruppen diente lediglich dazu, Anreize für die unterschiedlichen Transfer-Mechanismen bei den Proband:innen zu schaffen oder bestehende Mechanismen zu unterstützen.

## Ergebnisse

Die Interviews wurden in MAXQDA (Rädiker & Kuckartz, 2019) codiert, wobei 10% des Datenmaterials durch zwei unabhängige Codierer:innen zusätzlich codiert wurden. Die Inter-coder-Reliabilität der unabhängigen Codierer:innen, berechnet nach Brennan & Prediger (1981), ergab ein Kappa von  $\kappa = .601$ . Dieser Wert ist als moderat zu betrachten. Anhand der Kodierung wurde folgendes Framework zur Kategorisierung von Low- und High-Road-Transfer erstellt:

### Low-Road-Transfer

- **L1: Muster erkennen und intuitiv weiterführen** (Beim Lösen der Aufgabe bzw. der Aufgabenreihe wird ein Muster erkannt und zur Lösung der nachfolgenden Aufgabenstellung direkt und intuitiv angewandt.)
- **L2: Bekanntes Prinzip intuitiv anwenden** (Ein von früher bekanntes Prinzip bzw. eine bekannte Gesetzmäßigkeit wird auf den ersten Blick mit der Situation verknüpft und intuitiv zur Lösung der Aufgabe herangezogen.)
- **L3: Intuitives Ausschlussverfahren** (Intuitiv, d.h. auch ohne genauere Erklärung, werden einige der Antwortmöglichkeiten oder Lösungswege ausgeschlossen, um so der korrekten Antwort bzw. dem richtigen Lösungsweg näher zu kommen.)

### High-Road-Transfer

- **H1: Muster erkennen und reflektiert weiterführen** (Beim Lösen der Aufgabe bzw. der Aufgabenreihe wird ein Muster erkannt und zur Lösung der nachfolgenden Aufgabenstellung angewandt. Dabei wird darüber reflektiert, ob und wie dieses Muster auch in weiteren Aufgabenstellungen gilt.)
- **H2: Bekanntes Prinzip bewusst machen und anwenden** (Ein von früher bekanntes Prinzip bzw. eine bekannte Gesetzmäßigkeit wird durch die Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung bzw. durch die Reflexion über die Situation wiedererkannt und zur Lösung der Aufgabe herangezogen.)  
(Subkategorien von H2: Kontextmerkmale vergleichen, Analogien zur Übungsphase, Analogien zu anderen Situationen, Fragen zur Reflexion formulieren)
- **H3: Reflektiertes Ausschlussverfahren** (Durch die bewusste Abgrenzung des Aufgabeninhalts (beispielsweise in Bezug auf andere physikalische Konzepte) werden einige der Antwortmöglichkeiten oder Lösungswege ausgeschlossen, um so der korrekten Antwort bzw. dem richtigen Lösungsweg näher zu kommen.)

Anhand des Frameworks wurde anschließend ein Fragebogen mit Items zu den beiden Transfermechanismen entwickelt. Es folgen zwei Beispielitems:

- **Item zu L2:** «Mir war auf den ersten Blick klar, dass ein bestimmtes Gesetz/Prinzip passt.»
- **Items zu H2:** «Ich habe überlegt, welche Übungsaufgabe eine ähnliche Struktur hatte wie die aktuellen Aufgaben.»

## Ausblick

Der vollständige Fragebogen soll nach dem Argument-Based-Approach nach Kane (1992, 2012, 2013) mithilfe einer Validierungslogik über die Ebenen der Items, Performanz und Testwerte (vgl. Dickmann, 2016) validiert und pilotiert werden. Es folgt eine quantitative Studie, um die oben genannten Hypothesen zu überprüfen.

## Literatur

- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin*, 128(4), 612–637.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and psychological measurement*, 41(3), 687–699.
- Day, S. B. & Goldstone, R. L. (2012). The import of knowledge export: Connecting findings and theories of transfer of learning. *Educational Psychologist*, 47(3), 153–176.
- Detterman, D. (1993). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. Detterman & R. Sternberg (Hrsg.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (S. 1–24). Ablex.
- Dickmann, M. (2016). *Messung von Experimentierfähigkeiten – Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*. Logos-Verlag.
- Evans, J. S. B. T. & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition advancing the debate. *Perspectives on Psychological Science*, 8(3), 223–241.
- Gray, M. E. & Holyoak, K. J. (2021). Teaching by analogy: From theory to practice. *Mind, Brain, and Education*, 15, 250–263.
- Gysin, D. & Brovelli, D. (2021). Use of knowledge pieces and context features during the transfer process in physics tasks. *International Journal of Science Education*, 43(13), 2108–2126.
- Gysin, D., Bollmann, S. & Brovelli, D. (2024). Die Nutzung von Transferstrategien beim Transfer von physikalischen Konzepten zum Thema Energie in Zusammenhang mit kontextorientiertem Unterricht und situationalem Interesse. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 30(8), 1–27.
- Kane, M. T. (1992). An argument-based approach to validity. *Psychological Bulletin*, 112(3), 527–535.
- Kane, M. T. (2012). Validating score interpretations and uses. *Language Testing*, 29(1), 3–17.
- Kane, M. T. (2013). Validating the interpretations and uses of test scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1), 1–73.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Beltz Juventa.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Springer VS.
- Lobato, J. & Hohensee, C. (2021). Current conceptualizations of the transfer of learning and their use in STEM education research. In C. Hohensee & J. Lobato (Hrsg.), *Transfer of Learning* (S. 3–25). Springer Nature.
- Neumann, I., Fulmer, G. W., Liang, L. L. & Joanna, P. (2014). *Introducing an LP-based instrument on Newton's third law*. NARST Annual International Conference Pittsburgh, PA USA.
- Perkins, D. N. & Salomon, G. (1988). Teaching for transfer. *Educational Leadership*, 46 (1), 22–32.
- Perkins, D. N. & Salomon, G. (1992). Transfer of learning. *International encyclopedia of education*, 2, 6452–6457.
- Wagner, J. F. (2010). A transfer-in-pieces consideration of the perception of structure in the transfer of learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 19, 443–479.