

STEINER, Peter; GRÜNIG, Fabian; LEININGER, Stephanie;
HOCHWEBER, Jan; SCHÖNENBERGER, Stephan; KICKMEIER-RUST,
Michael & BÜSCHER, Carina
St. Gallen, Köln

Kompetenzbasierte Wissensräume als testtheoretische Grundlage für förderorientierte Diagnoseplattformen

1. Einleitung

Aus der Bildungspraxis lässt sich ein gesteigerter Bedarf an Individualisierung von Lernprozessen ableiten, der sich aus der zunehmenden Heterogenität im Klassenzimmer und weiteren Herausforderungen (z.B. Lehrpersonenmangel) ergibt. Digitale Plattformen für eine förderorientierte Kompetenzdiagnostik sehen sich folglich mit der Anforderung konfrontiert, individuelle Lernstände und Lernwege detailliert empirisch nachzeichnen zu können. Ein Ansatz, der in der förderorientierten Kompetenzdiagnostik in verschiedenen Domänen zunehmend an Bedeutung gewonnen hat, sind Learning Trajectories (LT; Confrey, 2019). LTs werden eingesetzt, um kognitive Modelle von Lernwegen zu konstruieren, die wiederum für die Konzeption von Lehrplänen, Unterricht und Kompetenzdiagnostik verwendet werden können (Daro et al., 2011). Sollen LTs als Grundlage einer förderorientierten Diagnostik auf digitalen Plattformen dienen, bedarf es einer adäquaten Testtheorie. Weithin genutzte Plattformen (z.B. Lernpass plus) setzen meist auf niedrigdimensionale Modelle der Item Response Theorie (IRT), in denen Lernwege als lineare Progression auf einer Fähigkeitskala abgebildet werden (siehe Abb. 1a und Erklärung im Theorieteil).

Demgegenüber stellen Modelle der kompetenzbasierten Wissensraumtheorie (CbKST) aus der Familie der Kognitiven Diagnosemodelle (CDM) vielversprechende alternative Ansätze für die testtheoretische Fundierung von förderorientierten Diagnosetools dar. Sie sind in der Lage, feingranulare komplexe Kompetenzmodelle abzubilden und *individuelle* Lernwege zu beschreiben. So nutzt etwa die Plattform ALEKS Wissensräume, um detailliert den aktuellen Lernstand anhand atomarer Kompetenzbeschreibungen (siehe Abbildung 1b) und nächste mögliche Lernschritte aufzuzeigen. In diesem Beitrag werden im ersten Teil die Potenziale von Wissensräumen für förderorientierte Diagnoseplattformen im Mathematikunterricht aufgezeigt und mit den Limitationen etablierter Ansätze (z.B. IRT) kontrastiert. Im zweiten Teil werden die resultierenden Anforderungen dieser Testtheorie bezogen auf die Kompetenzmodellierung und Itementwicklung diskutiert und deren Umsetzung im Rahmen des vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF)

geförderten Projekts SaTiM (Investigating the Spaces and Trajectories in Mathematics Learning) exemplarisch vorgestellt.

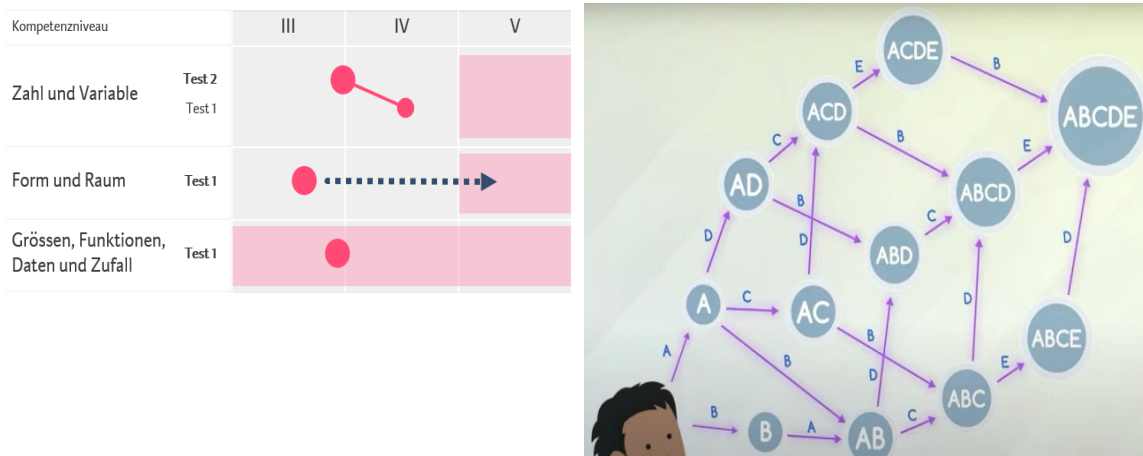


Abb. 1: (a) Abbildung einer Förderplanung auf Basis von IRT-basierter Kompetenzdiagnostik auf der Plattform Lernpass plus. Abbildung adaptiert von <https://lernpass-plus.ch/> (b) Abbildung möglicher nächster Lernschritte in einem Hesse-Diagramm auf der Plattform ALEKS. Abbildung adaptiert von <https://www.aleks.com/>

2. Theorie

Niedrigdimensionale IRT-Modelle, insbesondere das häufig angewandte Rasch Model (1PL), setzen einer förderorientierten Kompetenzdiagnostik enge Grenzen, da Lernen als Progression entlang weniger kontinuierlichen Fähigkeitsdimension konzipiert wird und davon ausgegangen wird, dass Lernende diese Dimension unidirektional durchlaufen (DiBello, Roussos, & Stout, 2007). Dies wird exemplarisch in Abbildung 1a deutlich. Zu sehen ist für jeden Kompetenzbereich eine Fähigkeitsskala, entlang derer die Lernenden verortet werden. Auf dieser Grundlage ist die diagnostische Präzision für die Ableitung von Fördermaßnahmen allerdings oft wenig befriedigend (Lobato & Walters, 2017).

Demgegenüber ermöglicht die Kompetenzmodellierung mittels CbKST eine Diagnostik auf Basis feingranularer Kompetenzfacetten. Hier werden mögliche Kompetenzzustände (Konfigurationen von Kompetenzen) beschrieben, welche von einzelnen Lernenden erreicht werden können. Indem Voraussetzungsbeziehungen zwischen den Kompetenzfacetten formuliert und empirisch geprüft werden, können die in der Realität vorkommenden Kompetenzzustände von Lernenden eruiert und mögliche Lernwege dargestellt werden. Die statistischen Verfahren der CbKST sind sehr flexibel hinsichtlich der Beziehungen zwischen Kompetenzfacetten und Aufgabenlösungen (item

responses) und ermöglichen u.a. sowohl kompensatorische als auch nicht-kompensatorische Modelle (Jia, Zhu, & Gao, 2021).

Die genannten statistischen Vorteile sowie die unterschiedlichen Ausgangspunkte (empirisch validierte Voraussetzungsbeziehungen, detaillierte Kompetenzbeschreibungen) von CbKST gegenüber weiter verbreiteten Ansätzen (insb. der IRT) führen zu den folgenden Fragen:

- Welche Potenziale eröffnen CbKST-Modelle für die Gestaltung einer förderorientierten Diagnoseplattform?
- Welche Anforderungen an die Kompetenzmodellierung und Aufgabenentwicklung leiten sich für die Entwicklung einer förderorientierten Diagnoseplattform ab?

3. Potenziale für die Gestaltung einer förderorientierten Diagnoseplattform

Die Potenziale von CbKST gegenüber IRT betreffen nicht nur statistische Eigenschaften (wie eine präzise Inferenz für spezifische Kompetenzzustände), sondern auch die praxisnahe Darstellbarkeit der Ergebnisse. Dazu zählen Visualisierungen wie z.B. im Hasse-Diagramm, welches das Kompetenzmodell als gerichteten azyklischen Graphen darstellt. Abbildung 1b zeigt beispielhaft die vereinfachte Darstellung eines möglichen Lernweges. Die Beschriftungen der Kreise stellen die möglichen Kompetenzzustände dar, wobei die Buchstaben für einzelne Kompetenzfacetten stehen. Im gezeigten Beispiel wurde von fünf Kompetenzfacetten (A, B, C, D, E) ausgegangen, was kombinatorisch $2^5 = 32$ Lernstände ergibt. Davon wurden anhand der empirisch festgestellten Voraussetzungsbeziehungen 19 ausgeschlossen und die verbleibenden 13 möglichen Lernstände dargestellt. Weiterhin wird z.B. deutlich, dass der Kompetenzzustand AD den Erwerb der Kompetenz C oder B ermöglicht, nicht aber Kompetenz E. Ausgehend von Kompetenzzustand AD werden somit zwei mögliche und ein unmöglicher Lernweg diagnostiziert. Die durch die Pfeile angezeigten möglichen nächsten Lernschritte basieren ebenfalls auf den Voraussetzungsbeziehungen. Die resultierende Darstellung eignet sich optimal als Grundlage für responsive Plattformdesigns, in denen Lernende nach ihrem Lernstand verortet, aber auch Informationen über Teilbereiche der Fachdomäne und mögliche Lernwege vermittelt werden können.

4. Anforderungen für die Kompetenzmodellierung und Aufgabenentwicklung

Wie in Abschnitt 2 erwähnt, sollte die Beschreibung des Kompetenzerwerbs von Lernenden mithilfe von CbKST auf einem vollständigen, präzisen und

validierten Kompetenzmodell für die Domäne beruhen, welches die Kompetenzfacetten und deren Beziehungen umfasst und aus dem die möglichen Kompetenzzustände und Lernwege abgeleitet werden können. Dieses Modell muss feingliedrig genug sein, um zwischen Teilkompetenzen zu unterscheiden, aber trotzdem vollständig, um die gesamte Domäne abzudecken. Zudem müssen die definierten Voraussetzungsbeziehungen zwischen Kompetenzfacetten tragfähig sein. Ein solches Modell soll im Projekt SaTiM für die linearen Funktionen auf der Sekundarstufe I entwickelt werden, indem Kompetenzen aus der fachdidaktischen Literatur identifiziert und systematisch ausdifferenziert werden und die Beziehungen zwischen den Kompetenzen durch CbKST-Analysen und Expertenratings überprüft werden. Weiterhin werden als Grundlage für eine zukünftige förderorientierte Diagnostik Items entwickelt und den Kompetenzfacetten zugeordnet. Dabei kann mittels CbKST der Einfluss verschiedener Kompetenzen auf die Leistung der Lernenden flexibel modelliert werden. So können Items mehrere Kompetenzfacetten gleichzeitig erfassen und damit auch komplexere Anforderungen abbilden.

5. Ausblick

Neben der Diskussion der Potenziale von kompetenzbasierten Wissensräumen für die Gestaltung förderorientierter digitaler Diagnoseplattformen gibt der Vortrag Einblicke in die Umsetzung des Projekts SaTiM. Insbesondere werden erste Erkenntnisse aus der Synthese mathematikdidaktischer Befunde zur Kompetenzmodellierung und LTs der Linearen Funktionen und insbesondere der Eruierung der zugehörigen Kompetenzfacetten vorgestellt.

6. Literatur

- Confrey, J. (2019). *Future of Education and Skills 2030: Curriculum analysis. A Synthesis of Research on Learning Trajectories/Progressions in Mathematics*. Abgerufen von <https://www.oecd.org/education/2030/A-Synthesis-of-Research-on-Learning-Trajectories-Progressions-in-Mathematics.pdf>
- Daro, P., Mosher, F. A., & Corcoran, T. B. (2011). *Learning Trajectories in Mathematics: A Foundation for Standards, Curriculum, Assessment, and Instruction*. CPRE Research Reports. Retrieved from https://repository.upenn.edu/cpre_researchreports/60
- DiBello, L. V., Roussos, L., & Stout, W. (2007). Review of cognitively diagnostic assessment and a summary of psychometric models. In C. R., Rao, & S. Sinharay, (Eds.), *Handbook of statistics 26* (pp. 979–1030). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Lobato, J., & Walters, C. D. (2017). A taxonomy of approaches to learning trajectories and progressions. In J. Cai (Ed.) *The compendium for research in mathematics education* (pp. 74–101). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Jia, B., Zhu, Z., & Gao, H. (2021). International Comparative Study of Statistics Learning Trajectories Based on PISA Data on Cognitive Diagnostic Models. *Frontiers in Psychology*, 12, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.657858>