

Martin Steinbach<sup>1</sup>  
Carolin Eitemüller<sup>1</sup>  
Marc Rodemer<sup>1</sup>  
Maik Walpuski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Duisburg-Essen

## Kompetenzmodellierung in der organischen Chemie

### Theoretischer Hintergrund

Vor dem Hintergrund der in den letzten Jahren kontinuierlich ansteigenden Abbruchquoten im Studienfach Chemie (Heublein et al., 2022) nimmt das Interesse an der Evaluation und Weiterentwicklung von chemiebezogenen Bildungsprozessen im Hochschulsektor weiter zu. Im schulischen Kontext finden kompetenzdiagnostische Maßnahmen bereits breite Anwendung und deren Wirksamkeit ist gut erforscht (Pant, 2013).

Über den Schulkontext hinaus wurde der Kompetenzbegriff durch die Bologna- Prozesse ebenfalls zu einem festen Bestandteil des Qualifikationsrahmens für deutsche Hochschulabschlüsse. Dennoch liegen für viele Studienfächer bis heute keine adäquaten kompetenzorientierten Testinstrumente vor. Dies liegt unter anderem an der hohen Domänenspezifität des Kompetenzbegriffs (Klieme & Leutner, 2006), welcher die Entwicklung von fachspezifischen Kompetenzstrukturmodellen und deren Übersetzung in geeignete Testinstrumente notwendig macht. In diesem Projekt soll diese Lücke für den Teilbereich der organischen Chemie geschlossen werden. Der Teilbereich der organischen Chemie wird in den Fokus genommen, da Studierende dort regelmäßig mit domänenspezifischen Herausforderungen konfrontiert werden (Graulich, 2015). Eine dieser Herausforderungen besteht in dem Umgang mit visuellen Repräsentationen, denen in der organischen Chemie sowohl bei der Vermittlung als auch bei dem Austausch von Informationen eine besondere Rolle zukommt (Kozma & Russell, 2007).

Im Zentrum des Projekts steht die Entwicklung eines für die organische Chemie spezifischen Kompetenzstrukturmodells, welches den Umgang mit und das Verständnis von visuellen Repräsentationen als eine Teildimension der organisch chemischen Kompetenz annimmt. Das Kompetenzstrukturmodell wird in einem weiteren Schritt durch die Entwicklung eines Testinstruments operationalisiert.

### Ziele und Forschungsfragen

Um das entwickelte Testinstrument hinsichtlich seiner Passung zum Kompetenzstrukturmodell sowie zum angelegten psychometrischen Modell, dem Rasch-Modell, zu überprüfen, werden in einem ersten Schritt die Messeigenschaften des Kompetenztests betrachtet. In einem zweiten Schritt soll anschließend der Einfluss der Achsen des Kompetenzstrukturmodells auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben bestimmt werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Bilden die Items des Fachwissenstests das entwickelte Kompetenzstrukturmodell zur organischen Chemie valide und reliabel ab?

- Welchen Einfluss haben die Teildimensionen des für die organische Chemie entwickelten Kompetenzstrukturmodells auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben in der organischen Chemie?

### Studiendesign und –Methodik

Das für die organische Chemie entwickelte Kompetenzstrukturmodell (vgl. Abb.1.) zeichnet sich durch eine dreidimensionale Struktur aus. Die Achse der Komplexität orientiert sich an dem ESNaS-Kompetenzstrukturmodell (Walpuski et al., 2010), welches im Zuge der Evaluation der naturwissenschaftlichen Bildungsstandards zum Einsatz gekommen ist. Im Vergleich zum ESNaS-Modell wurde die Achse der Komplexität des für die organische Chemie entwickelten Modells auf die Ausprägungen Fakten, Zusammenhänge und Konzepte reduziert. Bei der Achse der kognitiven Prozesse wurde die Lernzieltaxonomie von Anderson und Krathwohl (Anderson & Krathwohl, 2001) adaptiert und die Ausprägungen des Erinnerns und Anwendens mit in das Modell übernommen. Die dritte Achse beinhaltet das für die organische Chemie spezifische Aufgabenmerkmal der Visualisierung. Die Achse der Visualisierung weist die Ausprägungen mit und ohne Visualisierung auf.

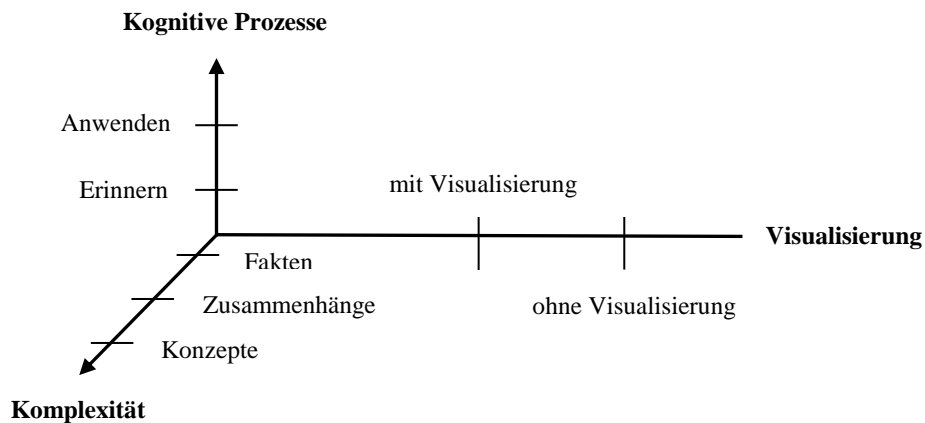


Abb.1: Kompetenzstrukturmodell für die organische Chemie im Hochschulkontext.

Das Kompetenzstrukturmodell wurde anschließend durch die Konstruktion von  $N = 76$  Items operationalisiert. Dabei bilden jeweils 38 Items identische Inhaltsbereiche einmal mit und einmal ohne Visualisierung ab. Die Datenerhebung fand im Sommersemester 2022 an sieben deutschen Universitäten in einer Grundlagenveranstaltung der organischen Chemie statt. Insgesamt haben  $N = 357$  Studierende an der Studie teilgenommen.

### Ergebnisse

Zum Beantworten der ersten Forschungsfrage wurde zunächst die Passung des Testinstruments zum Rasch-Modell untersucht. Dazu wurde der  $wMNSQ$ -Wert ( $0.83 \leq wMNSQ \leq 1.24$ ;  $-2.49 \leq t \leq 4.15$ ) des Tests betrachtet, welcher innerhalb der durch Boone et al. (2014) formulierten akzeptablen Grenzen für Multiple-Choice Tests von 0.7 bis 1.30 liegt. Die auf der Basis des WLE-Schätzers bestimmte Personen-Reliabilität des Tests liegt mit

einem Wert von .80 in einem guten und die Item-Reliabilität mit .97 in einem sehr guten Bereich. Die Items des Testinstruments decken eine Aufgabenschwierigkeit von -3.32 bis 2.22 logits sowie eine Personenfähigkeit von -2.41 bis 2.52 logits ab. Obwohl es daher einige leichte Items gibt, denen hinsichtlich der Personenfähigkeit keine Probanden gegenüberstehen, kann hier nicht von einem klassischen Deckeneffekt gesprochen werden.

Um die zweite Forschungsfrage zu beantworten wurden die Ausprägungen der drei Achsen des Kompetenzstrukturmodells hinsichtlich ihres Einflusses auf die Aufgabenschwierigkeit analysiert. Auf der Achse der Kognitiven Prozesse liegt die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Erinnern-Items ( $M = -1.12$  logits,  $SD = 1.09$  logits) niedriger als die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Anwenden-Items ( $M = 0.45$  logits,  $SD = 0.85$  logits). Ein anschließend durchgeführter  $t$ -Test belegt einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Ausprägungen bezogen auf deren mittlere Aufgabenschwierigkeit  $t(74) = -6.74$ ,  $p < .001$ ;  $d = -1.57$ .

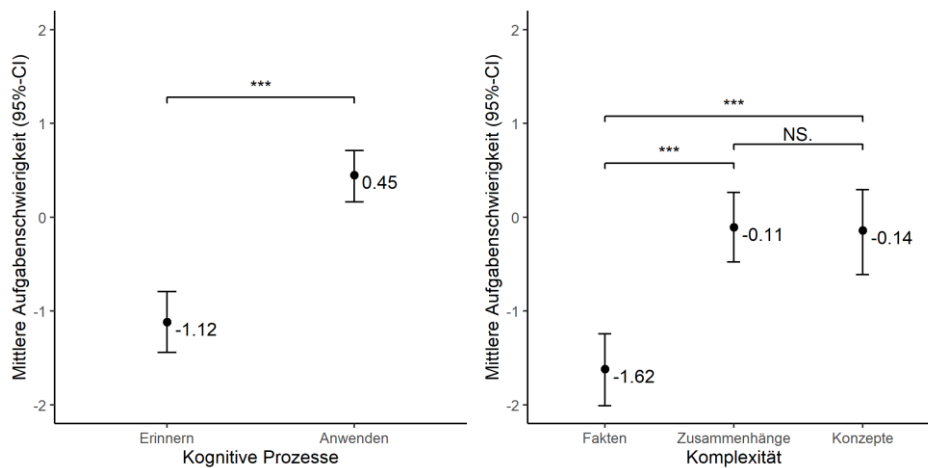


Abb.2: Vergleich der mittleren Aufgabenschwierigkeiten der Achsen „kognitive Prozesse“ und „Komplexität“.

Auf der Achse der Komplexität wurde die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Fakten-Items ( $M = -1.62$  logits,  $SD = 0.78$  logits) mit denen der Zusammenhangs- ( $M = -0.11$  logits,  $SD = 1.17$  logits) und Konzept-Items ( $M = -0.14$  logits,  $SD = 1.2$ ) verglichen. Mit Hilfe einer ANOVA ( $F(2,73) = 11.99$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .25$ ) und eines anschließenden Tukey-Tests konnte hinsichtlich der mittleren Aufgabenschwierigkeit ein signifikanter Unterschied zwischen den Fakten- und den Zusammenhangs-Items ( $M_{Dif} = 1.51$ , 95%- CI[0.71, 2.30],  $p < .001$ ) sowie zwischen den Fakten- und den Konzept-Items ( $M_{Dif} = 1.48$ , 95%- CI[0.66, 2.30]  $p < .001$ ) aufgedeckt werden. Zwischen den Zusammenhangs- und Konzept-Items konnte hingegen bezogen auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit kein signifikanter Unterschied gezeigt werden ( $M_{Dif} = -0.03$ , 95%- CI[-0.72, 0.66]  $p < .001$ ).

Auf der Achse der Visualisierung liegt die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Items mit Visualisierung ( $M = -0.62$  logits,  $SD = 1.26$  logits) niedriger als die der Items ohne Visualisierung ( $M = -0.3$  logits,  $SD = 1.26$  logits). Ein zwischen den beiden Ausprägungen durchgeführter  $t$ -Test konnte jedoch bezogen auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit keinen signifikanten Unterschied zeigen  $t(74) = 1.10$ ,  $p = .275$ .

Über eine hierarchische Regressionsanalyse konnte weiterhin bestimmt werden, wie gut sich das angelegte Modell eignet, um die Daten zu interpretieren. Mit einem  $R^2 = .46$  (korrigiertes  $R^2 = .43$ ) konnte eine hohe Passung des Modells bestätigt und bezogen auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben eine Varianz von 43 % aufgeklärt werden.

### Diskussion und Ausblick

Es konnte ein Testinstrument entwickelt werden, welches eine gute Passung zum Rasch-Modell sowie eine hohe interne Konsistenz aufweist. Das Testinstrument ist daher geeignet, die Kompetenzen von Studierenden im Grundstudium für das Teilgebiet der organischen Chemie zu ermitteln. Darüber hinaus konnte der Einfluss der Subdimensionen des Kompetenzmodells auf die Aufgabenschwierigkeit empirisch ermittelt werden.

### Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning teaching and assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21. <https://doi.org/10.1039/C4RP00165F>
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. [https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW\\_BRIEF](https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF)
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52. <https://doi.org/10.25656/01:4493> (*Zeitschrift für Pädagogik* 52 (2006) 6, S. 876-903).
- Kozma, R. & Russell, J. (2007). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and modeling in science education: Bd. 1. Visualization in science education* (S. 121–145). Springer. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2\\_8](https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8)
- Pant, H. A. (2013). Wer hat einen Nutzen von Kompetenzmodellen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(S1), 71–79. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0388-y>
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I.