

## **Erhebung und Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen von Chemielehrkräften**

### **Ausgangslage**

Der Einsatz von digitalen Medien gewinnt im Chemieunterricht immer mehr an Bedeutung (Huwer et al., 2020) und besitzt insbesondere zur Anreicherung von Experimenten großes Potenzial (Martens & Schwarzer, 2023). Damit der Einsatz digitaler Medien zielgerichtet erfolgen kann, benötigen Lehrkräfte (fach-)didaktisches und technologiebezogenes Wissen zu den eingesetzten Tools sowie motivationale Überzeugungen zum Einsatz, welche als digitalisierungsbezogene Kompetenzen (DBK) zusammengefasst werden (Hämäläinen et al., 2021).

### **Theoretischer Hintergrund**

DBK werden in verschiedenen theoretischen Rahmenmodellen verortet. Dazu zählen u.a. das international etablierte und empirisch breit fundierte TPACK-Modell (Koehler et al., 2013). In diesem werden Wissensbereiche abgebildet, die für Lehrkräfte im Zusammenhang mit Digitalisierung von Bedeutung sind. Das *technological pedagogical content knowledge* (TPACK) ist in diesem Modell eine technologiebezogene Erweiterung des *pedagogical content knowledge* (PCK) nach Shulman (1987), welches als empirisch fundiertes Modell zur Darstellung des Professionswissens von Lehrkräften gilt. Ein fächerübergreifender (digitalisierungsbezogener) Kompetenzrahmen für Lehrkräfte in den sechs Kompetenzbereichen *Berufliches Engagement, Digitale Ressourcen, Lehren und Lernen, Bewertung, Schülerengagement* und *Förderung der digitalen Kompetenzen der Lernenden* wird mit dem *digital competence framework for educators* (DigCompEdu) von der EU bereitgestellt (Ghomi & Redecker, 2019).

Um nun ausgehend von dem fachübergreifenden Kompetenzmodell hin zu naturwissenschaftsspezifischen Kompetenzerwartungen zu gelangen, haben Becker et al. (2020) den Orientierungsrahmen „Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften“ (DiKoLAN) entwickelt. Aus diesem lassen sich konkret für das Fach Chemie digitalisierungsbezogene Kompetenzen ableiten. Dort sind neben allgemeineren Kompetenzen in den Bereichen *Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration* und *Recherche & Bewertung* auch die fachspezifische Kompetenzerwartungen aufgeführt, denen die drei Anforderungsbereiche *Nennen, Beschreiben* und *Anwenden/Durchführen* zugrunde liegen. DBK für den Chemieunterricht umfassen dabei insbesondere die fachspezifischen Bereiche der *Messwert- und Datenerfassung*, der *Datenverarbeitung* sowie der *Simulation und Modellierung* (Becker et al., 2020), aber auch deren kritische Reflexion. Die beiden Referenzrahmen DigCompEdu und DiKoLAN beschreiben beide DBK für Lehrkräfte, unterscheiden sich jedoch in ihrem Fokus. Der DigCompEdu richtet sich europaweit an allgemeine DBK von Lehrkräften und betont grundlegende pädagogische und technologische Fähigkeiten, die fachübergreifend anwendbar sind. Der DiKoLAN Orientierungsrahmen hingegen legt den Fokus mehr auf praxisnahe Fähigkeiten für Lehrkräfte in den Naturwissenschaften.

Um DBK bedarfsgerecht zu fördern, müssen diese valide erhoben werden können (Zhao et al., 2021). Erhebungen von DBK in den Naturwissenschaften erfolgen bisher überwiegend über Selbsteinschätzungsskalen (Wang et al., 2018; Ghomi & Redecker, 2019; Vogelsang et al., 2019; Kotzebue et al., 2021).

Wie bereits Kruger & Dunning (1999) mit dem „Dunning-Kruger-Effekt“ zeigen konnten, geben Selbsteinschätzungen jedoch nicht immer den tatsächlichen Kompetenzstand wieder. Dies liegt an der mangelnden Fähigkeit, die eigenen Kompetenzen adäquat einzuschätzen. So können Personen mit eher gering ausgeprägten Kompetenzen zu einer hohen Selbsteinschätzung gelangen, sie überschätzen ihre eigenen Fähigkeiten. Personen mit hoch ausgeprägten Kompetenzen können sich in der Selbsteinschätzung unterschätzen (Kruger & Dunning, 1999). Dieser Effekt zeigt sich ebenfalls bei (angehenden) Lehrkräften, die sich hinsichtlich ihrer DBK oft ungenau einschätzen (Feldman & Özalp, 2019; Zhao et al., 2021; Krempkow et al., 2022; Ernst et al., 2023).

Als weitere Möglichkeiten zur Messung werden z.B. in der Physik vignetten-basierte Instrumente eingesetzt, die das fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien erfassen (Große-Heilmann et al., 2022). Vergleichbare Instrumente für das Fach Chemie müssen noch entwickelt werden (Rubach & Lazarides, 2023).

Das diesem Projekt zu Grunde liegende Forschungsdesiderat besteht also in der Entwicklung eines vignetten-basierten Instruments zur Erhebung der DBK im Bereich der Messwerterfassung und der anschließenden Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen bei Chemielehrkräften durch Fortbildungen.

### **Forschungsfragen**

Das Instrument soll entwickelt und zur Begleitforschung von Fortbildungen eingesetzt werden, wobei der Fokus auf folgenden Fragestellungen liegt:

FF1: Inwiefern unterscheiden sich Chemielehrkräfte in ihren selbst eingeschätzten und den über das vignetten-basierte Instrument erhobenen DBK?

FF2: Inwiefern verändern sich die DBK von Chemielehrkräften nach dem Besuch einer bedarfsorientierten Fortbildung?

FF3: In welchem Ausmaß verändern sich ebenfalls TPACK-Selbstwirksamkeit sowie die Einstellungen gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht nach der Teilnahme an einer Fortbildungsveranstaltung?

### **Design des Instruments**

Für das Instrument werden verschiedene Unterrichtsvignetten konstruiert, mit denen die Chemielehrkräfte den Einsatz von digitalen Tools (z.B. digitale Sensoren zur Messwerterfassung) in Unterrichtssituationen mit einem vorgegebenen Lernziel beurteilen sollen. In der Konstruktion werden Tools berücksichtigt, welche sowohl dem aktuellen Stand der fachwissenschaftlichen Forschung entsprechen als auch für die Schulen verfügbar sind und einen Mehrwert für den experimentellen Chemieunterricht bieten. Des Weiteren werden die Tools entsprechend so ausgewählt, dass deren Einsatz Bezug auf das Lernziel der Stunde nimmt. Die Lernziele orientieren sich an den Kernlehrplänen für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen (MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022). Mit der Auswahl und Passung der Lernziele werden im gleichen Schritt die curriculare Validierung der Vignetten vorgenommen. Bei den Anforderungsniveaus der einzelnen Vignetten werden die DiKoLAN-Anforderungsbereiche adaptiert. Insgesamt gibt es für jedes der acht Tools pro Anforderungsniveau ein Item, so dass 24 Unterrichtsvignetten designt wurden.

Eine Unterrichtsvignette enthält den Item-Stamm, in welchem das grundlegende Lernsetting beschrieben wird. Neben dem formulierten Lernziel für dieses Unterrichtsetting wird ein Prompt formuliert, der die Lehrkräfte auffordert, sich für eine oder mehrere Antwortoptionen zu entscheiden. Diese Antwortoptionen enthalten Attraktoren und Distraktoren, welche sowohl aus fachdidaktischer Literatur als auch aus Befragungen von Expert\*innen heraus entwickelt werden. Für technisch anspruchsvolle Tools wird zusätzlich noch eine Info-Box mit den grundlegenden technischen Möglichkeiten angegeben, um die Ratawahrscheinlichkeit aufgrund von fehlendem technischen Wissen zu reduzieren. Dies erscheint besonders sinnvoll

in Anbetracht der Befunde, dass in Bezug auf digitalen Medien das technische Wissen (TK) mit dem fachdidaktischen Wissen (PCK) korreliert (Cetin-Dindar et al., 2018).

### **Methoden**

Zur Entwicklung und Validierung des Instruments werden im Konstruktionsprozess mehrere Entwicklungsschritte durchlaufen. Die Bildung eines evidenzbasierten Validitätsarguments mittels Expert\*innenbefragungen (Meinhardt et al., 2018) erscheint hier zielführend, da es bisher noch an empirischer Grundlagenliteratur mangelt, die den Mehrwert von spezifischen Messwerterfassungssystem herausstellt.

Die Vignetten werden in zwei Zyklen mit Expert\*innen aus Fachdidaktik, Lehrkräfteausbildung am Studienseminar und Lehrkräften diskutiert, um diese inhaltlich zu validieren. In der ersten Phase werden entwickelte Vignetten in Interviews mit Expert\*innen besprochen, um inhaltliche Klarheit der gewählten Formulierungen zu gewährleisten und weitere Antwortmöglichkeiten zu generieren. Die Vignetten und Antwortoptionen werden nach Auswertung der Interviews überarbeitet und in einer zweiten Phase mit weiteren Expert\*innen hinsichtlich der Eindeutigkeit der formulierten Antwortoptionen besprochen. Anschließend soll das vorläufige Instrument mit Studierenden des Master of Education im Fach Chemie an mehreren Standorten in einer quantitativen Pilotierungsstudie eingesetzt werden. Die Wahl der Stichprobe zur Validierung begründet sich aus der geringen Anzahl an Lehrkräften, die zur Validierung des Instruments zur Verfügung stehen. In größerer Anzahl stehen Studierende mit ausreichenden Kenntnissen zur Verfügung, die zwar nicht über den gleichen Kompetenzstand wie ausgebildete Lehrkräfte verfügen, aber zur Erprobung des Instruments einen wertvollen Beitrag leisten können (Großmann & Krüger, 2024). Nach erfolgter Reliabilitätsprüfung und ggf. weiteren Überarbeitungen soll das Instrument zukünftig auch zur Begleitforschung bei Lehrkräftefortbildungen eingesetzt werden.

### **Ausblick**

Nach dem Durchlaufen der beschriebenen Validierungs- bzw. Überarbeitungsschritte soll im kommenden Jahr die Hauptstudie durchgeführt werden. In dieser liegt der inhaltliche Fokus auf den beschriebenen Forschungsfragen, welche mittels einer Prä-Post-Interventionsstudie begleitend zu den durchgeführten Fortbildungen beforscht werden. Ein besonderes Interesse wird es sein, die selbst eingeschätzten DBK mit den Ergebnissen aus dem vignetten-basierten Instrument zu vergleichen.

### **Förderhinweis**

Das Promotionsprojekt findet im Rahmen des Teilprojekts ComeMINT-Netzwerk statt und wird unter dem Förderkennzeichen 01JA23M06K finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wieder. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.

### **Literaturverzeichnis**

- Becker, S., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. & Kotzebue, L. von. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (14-43).
- Bos, W., Schaumburg, H., Gerick, J., Schwippert, K., Vahrenhold, J., Goldhammer, F., Senkbeil, M. & Eickelmann, B. (2019). *ICILS 2018 #Deutschland*. Waxmann Verlag.

- Cetin-Dindar, A., Boz, Y., Yildiran Sonmez, D. & Demirci Celep, N. (2018). Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 167–183.
- Diepolder, C., Weitzel, H., Huwer, J. & Lukas, S. (2021). Verfügbarkeit und Zielsetzungen digitalisierungsbezogener Lehrkräftefortbildungen für naturwissenschaftliche Lehrkräfte in Deutschland. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 203–214.
- Ernst, H. M., Wittwer, J. & Voss, T. (2023). Do they know what they know? Accuracy in teacher candidates' self-assessments and its influencing factors. *British Educational Research Journal*, 49(4), 649–673.
- Feldman, A. & Özalp, D. (2019). Science teachers' ability to self-calibrate and the trustworthiness of their self-reporting. *Journal of Science Teacher Education*, 30(3), 280–299.
- Ghomi, M. & Redecker, C. (2019). Digital competence of educators (DigCompEdu): Development and evaluation of a self-assessment instrument for teachers' digital competence. In *11<sup>th</sup> International Conference on Computer Supported Education*.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2022). Fostering pre-service physics teachers' pedagogical content knowledge regarding digital media. *Education Sciences*, 12(7), 440.
- Großmann, L. & Krüger, D. (2024). Assessing the quality of science teachers' lesson plans: Evaluation and application of a novel instrument. *Science Education*, 108(1), 153–189.
- Hämäläinen, R., Nissinen, K., Mannonen, J., Lämsä, J., Leino, K. & Taajamo, M. (2021). Understanding teaching professionals' digital competence: What do PIAAC and TALIS reveal about technology-related skills, attitudes, and knowledge? *Computers in Human Behavior*, 117, 106672.
- Huwer, J., Banerji, A. & Thyssen, C. (2020). Digitalisierung - Perspektiven für den Chemieunterricht. *Nachrichten aus der Chemie*, 68(10), 10–16.
- Koehler, M. J., Mishra, P. & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19.
- Kotzebue, L. von, Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T. & Thyssen, C. (2021). The framework DiKoLAN (Digital competencies for teaching in science education) as basis for the self-assessment tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences*, 11(12), 775.
- Krempkow, R., Gäde, M., Hönsch, A. & Boschert, C. (2022). Digitale Kompetenzen von Studierenden auf dem Prüfstand. Analysen zur Zuverlässigkeit der Erfassung digitaler Kompetenzen. *Qualität in der Wissenschaft*, 16(1), 20–28.
- Kruger, J. & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121–1134.
- Martens, M. A. & Schwarzer, S. (2023). Digital media in chemistry education: Developing professional skills in context of a school student laboratory. *CHEMKON*, 30(2), 75–81.
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 131–150.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium/Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen: Chemie*.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie*.
- Rubach, C. & Lazarides, R. (2023). A systematic review of research examining teachers' competence-related beliefs about ICT use: Frameworks and related measures. *Bildung für eine digitale Zukunft*, 15, 189–230.
- Shulman, L. (1987). Pedagogical content knowledge in social studies. *Scandinavian journal of educational research*, 31(2), 59–70.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129.
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice teachers' TPACK development: A review of literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258.
- Zhao, Y., Pinto Llorente, A. M. & Sánchez Gómez, M. C. (2021). Digital competence in higher education research: A systematic literature review. *Computers & Education*, 168, 104212.