

Martina Cavelti<sup>1</sup>  
Christoph Gut<sup>1</sup>  
Maik Walpuski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Zürich  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens Entwicklung und Validierung eines Messinstruments**

### **Einleitung**

Der schweizweit verbindliche Lehrplan für die Volksschule Lehrplan 21 (D-EDK Deutsch-Schweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016) wie auch die deutschen Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz, 2005b) fordern, dass Lernende in der Lage sein müssen, experimentelle Untersuchungen zu protokollieren wie auch Ergebnisse aus Erkundungen, Untersuchungen und Experimenten in verschiedenen Formen einfach darzustellen (insbesondere als Skizze, Bericht, Tabelle, Diagramm, Plan). Skizzieren ist sowohl aus wissenschaftlicher Sicht, beispielsweise als in Repräsentationsform (Ainsworth, 1999) als auch für die Schulpraxis als Handlungskompetenz relevant, da beispielsweise Experimentierprozesse nicht alleine verbal dargestellt werden können (Kozma et al., 2000). Skizzier-Anlässe in der naturwissenschaftlichen Praxis finden sich in den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Nehring et al., 2016) des Beobachtens, des Vergleichs und des Experimentierens.

### **Theoretischer Hintergrund**

Bayrak und Ralle (2016) sehen im Dokumentieren eine wissenschaftliche Tätigkeit, die der Erkenntnisgewinnung dient. Über das Dokumentieren wird das Kommunizieren über die Beobachtungen, Durchführung, Resultate und eine daraus resultierende Erkenntnisgewinnung ermöglicht. Während das Dokumentieren in Form von Protokollieren gut erforscht ist (Bayrak & Ralle, 2016), ist über das Dokumentieren in Form des wissenschaftlichen Skizzierens noch wenig bekannt (Nitz et al., 2014).

Ausgehend von der allgemeinen Definition von Quillin und Thomas (2015) des Skizzierens als «a learner-generated external visual representation depicting any type of content, whether structure, relationship, or process, created in static two dimensions in any medium» wird der Begriff des wissenschaftlichen Skizzierens (WS) für unsere Zwecke auf die spezifischen Erfordernisse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung eingeeignet: WS bezeichnet die Fähigkeiten objektive Skizzen des gesamten Experimentierprozesses anzufertigen, die als förderliche Basis für die Erkenntnisgewinnung dienen, indem wesentliche Aspekte, bspw. eines Phänomens, visuell dargestellt werden (Cooper et al., 2017; Kozma & Russell, 2005; Quillin & Thomas, 2015). Dadurch werden Teilprozesse des experimentellen Handelns (Gut & Mayer, 2018) (Fragestellung, Planung und Durchführung, Messungen und Beobachtungen, Ziehen von Schlussfolgerung) festgehalten. Wissenschaftliche Skizzen dokumentieren häufig vor allem die Makroebene, also die Oberflächenstruktur von Phänomenen. Voraussagen, Hypothesen, Reflexion, wie auch die damit verbundene Betrachtung auf der Submikroebene werden anders als bei der Nutzung von Skizzen nach Cooper (2017) bei den wissenschaftlichen Skizzen ausgeschlossen.

Die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens weist zwar enge Verbindungen zur experimentellen Kompetenz (Gut & Mayer, 2018) wie auch zur Repräsentationskompetenz (RC) (siehe u.a. diSessa, 2002) auf. WS hat einerseits das Ziel, experimentelle Prozesse zu dokumentieren, daher erfordert sie eine gewisse Kompetenz beim Experimentieren selbst. WS ist andererseits ein Bestandteil der allgemeinen Repräsentationskompetenz. Es gibt wenig empirische Befunde darüber, was die Lernenden können und wie sie gefördert werden können

(Nitz et al., 2014; Van Meter & Garner, 2005), und es fehlen validierte large-scale Messinstrumente zur Erfassung der Kompetenz.

### **Ziele und Forschungsfragen**

Ziel ist es, zur Schließung dieser Forschungslücke beizutragen. Dazu wurde ein Kompetenzmodell und darauf aufbauend ein Diagnoseinstrument entwickelt und evaluiert.

Dabei werden die folgenden Forschungsfragen in den Blick genommen:

F1: Erfüllt das Messinstrument die Testgüte?

F2: Besteht ein Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlichen Skizzieren und der Kognition (KFT), dem Strategiewissen zum Experimentieren (NAW) und der Lesefähigkeit (LGVT)?

### **Methoden und Design**

Es wurde ein literaturbasiertes Kompetenzmodell und darauf aufbauend ein Messinstrument für die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens entwickelt. Die in der Literatur diskutierten Qualitätsmerkmale für das Skizzieren und für die Darstellung von Repräsentationen haben auch für die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens Gültigkeit und bilden die Grundanforderung (Wissenschaftlichkeit der Skizze) an wissenschaftliche Skizzen somit die Grundlage für ein Kompetenzstrukturmodell. Die Wissenschaftlichkeit der Skizze umfasst fünf Facetten: Eindeutigkeit, Idealisierung, Vollständigkeit, Abstraktion und Korrektheit der Skizze. Literaturbezug und Kompetenzanforderung werden exemplarisch an der Eindeutigkeit aufgezeigt: Die literaturbasierten Qualitätsmerkmale Eindeutigkeit, Autonomie (diSessa, 2002), Konventionen, gewünschte Attribute (diSessa, 2004), Klarheit (Aussagekraft), Organisation und Design und Lesbarkeit (Gebre & Polman, 2016) fließen als «relevante Merkmale zum Erstellen des Phänomens dargestellt, Phänomen dargestellt, Skizze ohne zusätzlich Erklärung eindeutig interpretierbar» in das Kompetenzmodell, welches vier Leistungsniveaus aufweist, ein.

Ausgehend von den Zellen der Struktur eines Kompetenzmodells zur Vernetzung der Erkenntnisgewinnung (VerE-Modell) (Nehring et al., 2016) und der Aufgabenstruktur nach Cooper (2017) und Cavelti (2018) wurde das Forschungsdesign mit drei Aufgabentypen (Beobachtung, Vergleich und Zusammenhang) entwickelt. Die drei Aufgabentypen fokussieren jeweils eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise gekoppelt mit einem Teilschritt des wissenschaftlichen Denkens (Nehring et al., 2016). Die Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens wurde für diese Aufgabentypen in drei Kontexten (Brausetablette, Eis schmelzen und Säuren und Basen) ausdifferenziert.

Die Aufgabenstellung der Items ist eine bildliche Darstellung (wissenschaftliche Skizze) der/des Phänomens/e bzw. der Planung eines Experiments, welche/s den Lernenden mittels Video-Vignetten vorgelegt wurde/n (bspw. «Lösen von Smarties und Brausetablette in Mineralwasser»). Die Lernenden lösten jeweils 6 der 9 Items. Die Items rufen dabei kein Vorwissen ab. Die Skizzen wurden zuerst kodiert und anhand der Kodierung vier Leistungsniveaus eingeteilt wie auch mit einer 1D-Rasch-Analyse ausgewertet.

Zur Untersuchung externen Validität wurden begleitend die Faktoren Kognition (KFT/ Skala N3) (Heller & Perleth, 2000), Strategiewissen zum Experimentieren (NAW, 9 Items) (Koenen, 2014; Mannel, 2011) und Lesefähigkeit (LGVT, Brot und Rosenkohl) (Schneider et al., 2007) erfasst und mittels Regressionsanalysen und Strukturgleichungsanalysen ausgewertet.

In der Hauptstudie nahmen 374 Lernende der Jahrgangstufen 7. und 9. aus der Schweiz teil.

## Ergebnisse

Als Basis für die Kodierung der Protokolle dienten Manuale aus einer Pilotstudie. An der Kodierung waren vier Personen beteiligt, 16 % der Testhefte wurden doppelt kodiert. Die Interkodiererreliabilität beträgt Gwet's AC1  $\geq 0.91$  bei PÜ  $\geq 92$  %.

Die Analyse der Item-Kennwerte zeigt eine gute Reliabilität (0.703), eine gute Testgüte (siehe Tab. 1) (Wu et al., 2007) wie auch eine gute Differenzierung zwischen leichten und schwereren Items.

Tab. 1 Item-Kennwerte der neun Items des wissenschaftlichen Skizzierens der Rasch-Analyse

N	376	Item Separation-Reliabilität	0.987
Infit-Werte	0.82 < infit > 1.18	EAP/PV Reliabilität	0.709
T-Wert	- 0.7 < T > 0.8	Outfit-Werte	0.81 < outfit > 1.19

Das Modell mit der Kognition als übergeordneter Einfluss (siehe Abb. 1) weist gegenüber dem Modell mit allen Faktoren gleich gewichtet auf deskriptiver Ebene signifikant bessere Werte für AIC (7621.817) und BIC (7692.260) auf. Die Lesefähigkeit, erhoben mit dem LGVT, differenziert Lesegeschwindigkeit (LGN), Lesegenauigkeit (LGW) und Leseverständnis (LV). Erwartungsgemäß zeigt keines der Konstrukte Zusammenhänge mit der Personenfähigkeit des wissenschaftlichen Skizzierens (WS). Die Kognition (KFT) zeigt erwartungsgemäß einen signifikanten Zusammenhang mit der WS wie mit dem Strategiewissen zum Experimentieren (NAW). Das Strategiewissen zum Experimentieren zeigt auch wie erwartet einen signifikanten, wenn auch weniger bedeutsamen Zusammenhang mit der Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens (siehe Abb. 1).

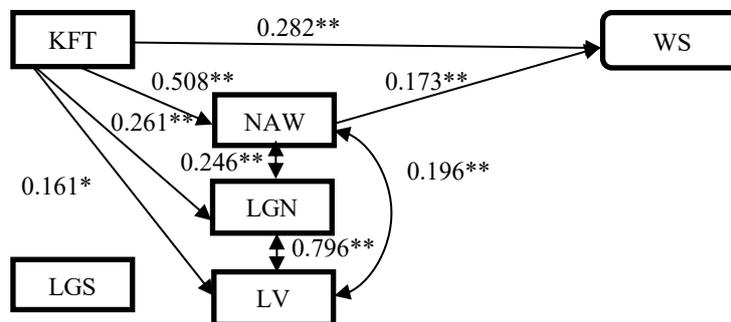


Abb. 1 Strukturgleichungsmodell, wobei \* =  $p < 0.11$ , \*\* =  $p < 0.001$

## Diskussion und Ausblick

Aus den Resultaten kann man schlussfolgern, dass sich das Messinstrument sich als valide bezüglich der Testgüte und der externen Validität erweist, wie auch, dass die Bearbeitung von 6 von insgesamt 9 Items ausreicht, um das wissenschaftliche Skizzieren mit guter Reliabilität (0.703) messen zu können.

Die externe Validierung zeigt, dass der Test zur Kompetenz des wissenschaftlichen Skizzierens erwartungsgemäß ein anderes Konstrukt erhebt als die Kognition, Strategiewissen zum Experimentieren und Lesefähigkeit.

## Literatur

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2–3), 131–152
- Bayrak, C., & Ralle, B. (2016). Versuchsprotokolle und Vermittlung von Textsortenkompetenz. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. GDGP-Jahrestagung 2015. Universität Regensburg*
- Cavelti, M., Bühler, W., & Berset, T. (2018). Documentation in chemistry teaching—A theory based report of practice; Der Dokumentier-Führerschein. *Progress in Science Education (PriSE)*, 1(1).
- Cooper, M. M., Stieff, M., & DeSutter, D. (2017). Sketching the invisible to predict the visible: From drawing to modeling in chemistry. *Topics in cognitive science*, 9(4), 902–920
- D-EDK Deutsch-Schweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. (2016). Lehrplan 21—Natur und Technik mit Physik, Chemie und Biologie—Kompetenzaufbau 3. Zyklus—Von der D-EDK Plenarversammlung am 31.10.2014 zur Einführung in den Kantonen freigegebene Vorlage. <http://www.lehrplan.ch>
- diSessa, A. A. (2002). Students' Criteria for Representational Adequacy. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. Van Oers, & L. Verschaffel (Hrsg.), *Symbolizing, Modeling and Tool Use in Mathematics Education* (S. 105–129). Springer Netherlands
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and instruction*, 22(3), 293–331
- Gebre, E. H., & Polman, J. L. (2016). Developing young adults' representational competence through infographic-based science news reporting. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2667–2687.
- Gut, C., & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Springer
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+ R kognitiver Fähigkeitstest für 4. Bis 12. Klassen, Revision. Beltz Test
- Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen (Bd. 171). Logos Verlag Berlin GmbH
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In *Visualization in science education* (S. 121–145). Springer.
- Kultusministerkonferenz, K. M. K. (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Neuwied: Luchterhand
- Mannel, S. (2011). Assessing Scientific Inquiry: Development and Evaluation of a Test for the Low-performing Stage (Bd. 111). Logos-Verlag
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *ZfDN*, 22(1), 77–96
- Nitz, S., Prechtel, H., & Nerdel, C. (2014). Survey of classroom use of representations: Development, field test and multilevel analysis. *Learning Environments Research*, 17(3), 401–422
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE-Life Sciences Education*, 14(1), 1–16
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). LGVT 6-12: Lesegeschwindigkeits-und-verständnistest für die Klassen 6-12. Hogrefe
- Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285–325
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A. (2007). ACER ConQuest version 2.0: Generalised item response modelling software