

Jochen Scheid<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>  
 Rosa Hettmannsperger<sup>3</sup>  
 Wolfgang Schnotz<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Landau  
<sup>2</sup>Universität Genf  
<sup>3</sup>Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
<sup>4</sup>TU Kaiserslautern

## Erhebung repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Physiklernenden

### Hintergrund

Internationale Forschungsergebnisse belegen, dass für ein angemessenes Verständnis von naturwissenschaftlichen Experimenten, Phänomenen und Konzepten unterschiedliche Repräsentationsformen und deren Kohärenz ein wesentlicher Faktor sind (z. B. Gilbert & Treagust, 2009). Es wurde festgestellt, dass das Lernen von und über Experimente hinter den Erwartungen zurückbleibt (z. B. Novak, 1990; Tesch, 2005) und Lernende meist eine geringe Repräsentationskompetenz (RK) besitzen (Saniter, 2003; Nieminen, Savinainen & Viiri, 2010). Eine wichtige Komponente der RK (Dolin, 2007) ist die Fähigkeit von Lernern, Informationen von verschiedenen Repräsentationsformen kohärent aufeinander beziehen und ineinander übersetzen zu können. Diese Fähigkeit wird z. B. bei der Planung und Auswertung von Experimenten benötigt. Erhebungsverfahren für eine solche repräsentationale Kohärenzfähigkeit von Lernern (RKF) gibt es im Bereich der Physikdidaktik nur vereinzelt, sie fehlen bisher im Bereich der Strahlenoptik völlig. Strahlenoptik ist Bestandteil des Lehrplans der 7. bzw. 8. Klasse, reich an verschiedenen Repräsentationsformen und eignet sich daher für RKF-Erhebungen. Der Einsatz des Instrumentes zur RKF im Themenbereich Optik stellt neue Einblicke in das Verständnis des Lernens über Experimente und die Rolle von Repräsentationen in Aussicht.

### Ziele der Arbeit

Aus den genannten Gründen ist es zur Schließung von Forschungslücken nötig, Erhebungsinstrumente für RKF im Bereich der Strahlenoptik zu entwickeln und zu validieren. Da die RKF im Schulkontext gemessen werden soll, wird ebenfalls die curriculare Validität untersucht. Die Ergebnisse der Itemanalyse werden nur kurz erwähnt, da der Fokus dieses Artikels auf der Konstruktionsstrategie und der Funktionsweise der Items liegen soll.

### Material und Methoden

Die Erprobung der Items erfolgte anhand einer Stichprobe von insgesamt 488 überwiegend 13- und 14-jährigen Schülerinnen und Schülern ( $M = 13,3$  Jahre,  $SD = 0,54$ ) an 7. bzw. 8. Klassen von rheinland-pfälzischen Gymnasien. Das Thema war „Bildentstehung durch Sammellinsen“ und wurde lehrplankonform konzipiert.

Im Folgenden wird dargestellt, was bei einer Itemkonstruktion zur RKF-Erhebung zu beachten ist. Grundsätzlich genügt es nach Ainsworth (1999) nicht zur Bestimmung der RK, die Leistung an isolierten Repräsentationen zu bestimmen. Man muss auch wissen, ob die Lernenden die Repräsentationsarten ineinander übersetzen können. Es werden also Items gebraucht, welche die Entnahme von Informationen aus mindestens einer Repräsentationsart und die Anwendung dieser Informationen in mindestens einer anderen Repräsentationsart erfordern. Zudem ist es sinnvoll, Hinweise aus der Kognitionspsychologie zur Vermeidung von „extraneous cognitive load“ (lernhinderliche Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses durch inhaltsfremde und unwesentliche Elemente, Mayer, 2005) zu beachten. Eine weitere Anforderung an die Items ist, dass sie curricular valide sind sowie eine praktikable

Testlänge. Ansonsten kann der Test m. E. nicht ohne akzeptables Zeit-Nutzen-Verhältnis im Schulunterricht eingesetzt werden.

Lerner mit geringer Ausprägung an RKF verwenden eher oberflächliche Merkmale, um an die Bedeutung der Repräsentationen zu gelangen, wohingegen Lerner mit höherer Ausprägung an RK mehrere Repräsentationen verwenden können, um Phänomene zu erklären (Kozma & Russell, 1997). Aufgrund der Verbindung von Repräsentationen und der physikalischen Bedeutung erscheint es nicht sinnvoll, RKF abgetrennt vom physikalischen Kontext zu untersuchen. Um sie erheben zu können, ist es daher zielführend zwischen oberflächlicher Verarbeitung und tiefergehender Verarbeitung von Informationen aus Repräsentationen zu unterscheiden. Weil nicht immer ausgeschlossen werden kann, dass eine Antwort durch Verwendung von inhaltsarmen, oberflächlichen Merkmalen oder gar Raten zustande kommen kann, sind Items des Tests öfters mehrstufig ausgelegt: Erst wird nach einer kurzen Antwort gefragt, welche u. U. auch aus Oberflächenmerkmalen abgeleitet werden kann. In einem zweiten oder auch dritten Schritt wird danach gefragt, durch welche Überlegungen oder Denkprozesse die gegebene Antwort zustande gekommen ist.

Für den Test sind 15, teils zusammenhängende Items entwickelt worden. Im Folgenden werden Beispiele solcher verbundener Items angeführt und erläutert.

Ein gewöhnliches Zimmerfenster wird durch eine Sammellinse auf einer Wand in einem Raum abgebildet.



- a) Um welchen Bildfall handelt es sich? \_\_\_\_\_
- b) Kreuze an, wie groß die Gegenstandsweite  $g$  etwa sein muss!
- $g$  ist hier ungefähr so groß wie der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
  - $g$  ist hier kleiner als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
  - $g$  ist sehr viel größer als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
  - $g$  ist doppelt so groß als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
- c) Erkläre, wie du auf die Lösung des Aufgabenteils a) und b) gekommen bist!
- Aufgabenteil a): \_\_\_\_\_ ...
- Aufgabenteil b): \_\_\_\_\_ ...

Abb. 1: Zweistufiges Item zur Erhebung von RKF. Item a) und b) gehören zur ersten Stufe, in Item c) wird jeweils nach Lösungswegen bzw. zugrundeliegenden Denkvorgängen gefragt.

Während die Antworten zu a) oder b) in Abbildung 1 noch erraten werden können (für a) „umgekehrtes verkleinertes Bild“ und die dritte Antwortmöglichkeit bei Aufgabenteil b)), geben die geforderten verbalen Erklärungen des Lösungswegs in Aufgabenteil c) Einblicke, welche mentale Repräsentationen mit welcher Prozesstiefe verwendet und mit der Aufgabe verknüpft wurden (woraus auf die Ausprägung an RKF geschlossen werden kann).

### Item- und Testkennwerte

Die statistische Itemanalyse an einer Stichprobe mit 488 Schülern hat für die interne Itemkonsistenz einen Wert von  $\alpha_C = 0,8$  ergeben. Das Maß der korrigierten Item-Skala-Korrelation liegt für alle Items außer einem in dem Bereich von  $r = 0,3$  und  $r = 0,6$ . Die Lösungswahrscheinlichkeit ist bei allen Items außer einem größer als 0,2. Ein Expertrating hat die curriculare Validität des RKF-Tests nachgewiesen ( $n = 11$ ,  $ICC = 0,64$ ).

### Diskussion

Die interne Konsistenz kann als mittel bzw. gut und die Item-Skala-Korrelationen können als mittel bewertet werden (vgl. Bühner, 2011). Das Item mit niedriger Item-Skala-Korrelation betrifft die sachlichen und didaktischen Einsatzmöglichkeiten der Abbildungsgleichung, was Metawissen erfragt und somit inhaltlich von den Anforderungen der anderen Items abweicht. Das Item mit der Lösungswahrscheinlichkeit von weniger als 0,2 erfordert inhaltlich einen hohen Grad an RKF und ist folglich nützlich zur Erfassung von hohen RKF-Ausprägungen. Daher kann es im Test verbleiben.

Die mittlere interne Konsistenz und die mittleren Item-Skala-Korrelationen lassen darauf schließen, dass trotz der Zweistufigkeit von Aufgaben der RKF-Test als eindimensional angesehen werden kann und somit dem Planungsziel der Erhebung von RKF als eindimensionaler Kompetenz gerecht wird.

### Ausblick

Ergebnisse von Faktorenanalysen (vgl. Scheid, 2013) haben ergeben, dass sich der Test alternativ zum Generalfaktormodell auch in drei Subdimensionen mit inhaltlich zuzuordnenden Inhaltsbereichen aufteilen lässt. Hierüber wird in einer nachfolgenden Publikation berichtet.

### Literatur

- Ainsworth, S., (1999). The Functions of Multiple Representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). München: Pearson Studium.
- Dolin, J. (2007). Science education standards and science assessment in Denmark. In D. Waddington, P. Nentwig & S. Schanze (Hrsg.), *Making it comparable. Standards in science education*. Münster: Waxmann, 71-82, 77.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Hrsg.) (2009). *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer.
- Kozma, R. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 949-968, 950, 966.
- Mayer, R. E. (2005). Principles for Reducing Extranous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer (Hrsg.). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (183-200). New York: Cambridge University Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A., Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. In: *Physical Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 6 (2).
- Novak, J. D. (1990). The Interplay of Theory and Methodology. In: Hegarty-Hazel, E. (Hrsg.). *The student laboratory and the science curriculum*, London, New York: Routledge.
- Saniter, A. (2003). Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik. In Niedderer, H., Fischler H. [Hrsg.]. *Studien zum Physiklernen*, Band 28, Berlin: Logos, S. 289.
- Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. In Niedderer, H., Fischler H. & Sumfleht E. (Hrsg.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 42, Berlin: Logos.
- Scheid, Jochen (2013). Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur. In Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleht E. (Eds.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 151, Berlin: Logos, S. 132.