

## **Lehrkräftefachwissen in der Teilchenphysik Finale Delphi-Ergebnisse**

Die nachfolgend vorgestellte Studie bildet die dritte und letzte Befragungsrunde in einer Delphi-Befragung, welche die Modellierung desjenigen Fachwissens anstrebt, das Lehrkräfte zum Unterrichten teilchenphysikalischer Themen benötigen.

### **Hintergrund**

Wie bereits in Oettle, Mikelskis-Seifert und Schumacher (2019) dargelegt, stellt die Teilchenphysik als Teilbereich der modernen Physik einen jungen Themenkomplex im Kontext deutschen Schulunterrichts dar. Insbesondere liegen für den neuen Themenkomplex im Rahmen von Bildungsplänen bislang keine ausgearbeiteten Standards zu Unterrichtsinhalten vor (EPA, 2004). Gleichzeitig ist bislang nicht erforscht, welches Wissen und welche Kompetenzen Lehrkräfte selbst für das Unterrichten der Teilchenphysik, ein sehr abstraktes und anspruchsvolles Thema, benötigen.

Im vorgestellten Projekt soll dem entgegengewirkt werden, indem zunächst das von Lehrkräften benötigte Fachwissen modelliert wird. In Anlehnung an weitere Projekte zur Modellierung physikalischen Fachwissens (z.B. Woitkowski, 2015, Kröger, Euler, Neumann, & Petersen, 2012), soll hierzu ein Strukturmodell entwickelt werden, welches verschiedene Wissensdimensionen umfasst. In diesem Beitrag wird auf die Dimension *Inhaltsbereich* fokussiert, für welche einzelne Subfacetten modelliert werden sollen.

### **Forschungsfrage und Design der Delphi-Befragung**

Die nachfolgend beschriebene Delphi-Studie konzentriert sich auf die Modellierung der Dimension *Inhaltsbereich*. Es wird der Forschungsfrage nachgegangen, welche teilchenphysikalischen Themen sich hier als Subfacetten identifizieren und beschreiben lassen.

Zur Beantwortung wurde im Forschungsdesign einer Delphi-Befragung (Häder, 2014) mit drei anonymisierten Befragungsrunden die Expertise aller Berufsgruppen berücksichtigt, die sich mit Teilchenphysik in einem schulnahen Kontext beschäftigen. Im Detail handelt sich hierbei um Fachwissenschaftler mit einem gewissen Öffentlichkeitsbezug, um Fachdidaktiker, um Mitarbeitende in der teilchenphysikbezogenen Öffentlichkeitsarbeit sowie um Lehrkräfte, die bereits Erfahrung im Unterrichten von Teilchenphysik besitzen.

### **Rückblick: Status der Fachwissensmodellierung nach der zweiten Runde**

Mithilfe der ersten beiden Runden von Befragungen aller Berufsgruppen - mit Ausnahme der Lehrkräfte - konnte bereits eine inhaltlich validierte Strukturierung der Dimension *Inhaltsbereich* erzielt werden. Hierfür wurden als Subfacetten teilchenphysikalische Themen als relevant für das Lehrkräftewissen identifiziert, die insgesamt 10 Haupt- und 35 Unterkategorien zugeordnet wurden. Eine Übersicht über das Kategoriensystem findet sich unter anderem in Oettle, Mikelskis-Seifert und Schumacher (2019).

### **Finale Delphi-Runde: Die Hitliste der relevantesten Fachwissenskategorien**

Die Forschungsleitfragen, die mithilfe der dritten und letzten Befragungsrunde in der konzipierten Delphi-Methode beantwortet werden sollen, sind:

- Welche Kategorien aus Runde 2 sind besonders relevant für das Fachwissen?

- Welche der vom Expertengremium als besonders relevant eingeschätzten Kategorien können durch Lehrkräfte aus Praxissicht validiert werden?

Die erste Frage zielt auf einen finalen Konsens unter den teilnehmenden Experten über die fundamental wichtigsten fachwissenschaftlichen Themen ab. Die zweite Frage strebt einen Abgleich mit der Einschätzung der Lehrkräfte als den Experten aus der Praxis an.

Die dritte Befragungsrunde wurde in Anlehnung an vorangegangene Runden mithilfe von Online-Fragebögen durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden hierbei um eine Einschätzung aller 35 Unterkategorien mit teilchenphysikalischen Themen aus Runde 2 in Bezug auf ihre Relevanz für das Lehrkräftefachwissen gebeten. Die Einschätzung fand mittels Rating-Items mit sechsstufigen Likert-Skalen und vorgegebenen verbalen Anker von 1=“überhaupt nicht relevant“ bis 6=“sehr relevant“ statt. Insgesamt füllten 35 Experten und 108 Lehrkräfte aus 7 bzw. 32 Ländern den Online-Fragebogen vollständig aus.

#### Kategorienrelevanzunterschiede im Expertengremium

Um für die Konsensfindung eine Komplexitätsreduktion bei der vergleichenden Auswertung der 35 Rating-Items zu erreichen, wurde zunächst mithilfe von Reliabilitätsanalysen und explorativen Faktorenanalysen gezeigt, dass die Unterkategorien zu den jeweiligen 10 Hauptkategorien gehören und damit dasselbe Konstrukt messen. Die Ausnahme bildet die Hauptkategorie „Struktur der Materie“, für welche die beiden Faktoren „Materieaufbau“ und „Kerne und Radioaktivität auf Elementarteilchenebene“ identifiziert werden konnten. Die Rating-Items zusammengefasst zu den neuen 11 Kategorien wurden zunächst für das Expertengremium ausgewertet. *Abb. 2 (links)* zeigt die nach aufsteigender Größe sortierten Mittelwerte gemeinsam mit den Standardabweichungen.

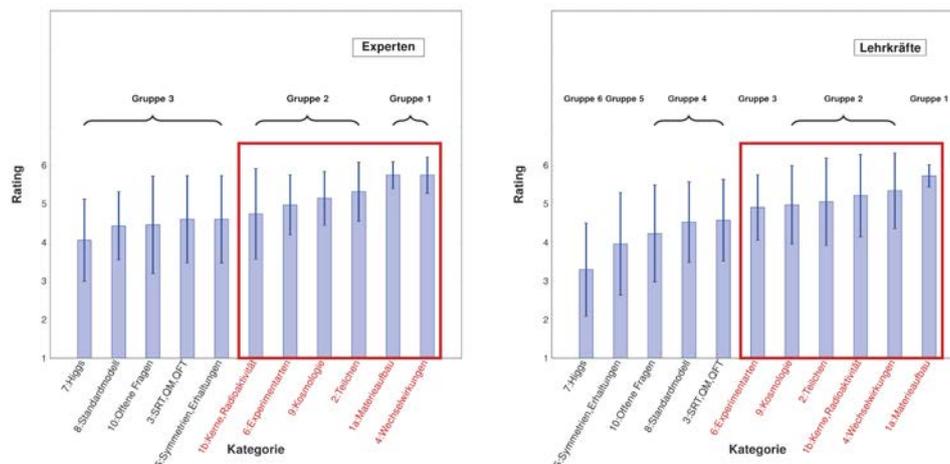


Abb.2: Relevanzeinschätzungen der 11 Kategorien durch Experten und Lehrkräfte

Signifikante Mittelwertunterschiede wurden durch eine ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt, wobei die Parameter in den Varianzanalyse durch Anpassung von LME-Modellen geschätzt wurden. Unter Hinzunahme der 11 Kategorien als Prädiktor zeigte sich ein hochsignifikant besserer Fit an die Daten verglichen mit dem Grundmodell, welches lediglich den Personenfaktor als Prädiktor annimmt ( $\chi^2(10)=135.17$ ,  $p < .0001$ ). Dementsprechend besitzt der Kategorientyp Einfluss auf die Relevanzeinschätzungen. Mithilfe geeigneter Posthoc-Tests konnte gezeigt werden, wo sich die Unterschiede befinden und welche Kategorien nicht voneinander unterscheidbare Einschätzungen aufweisen (siehe drei Relevanzgruppen in *Abb. 2 links*). Die Gruppen höchster und zweithöchster Relevanz

beantworten die erste Forschungsleitfrage zu den bedeutsamen Themen für das Lehrkräftefachwissen. Nach Ansicht der Experten kommt dem Materieaufbau sowie den Wechselwirkungen die höchste Bedeutung zu, während sich in der Gruppe zweithöchster Relevanz die Themen „Teilchen (in der Hochenergiephysik)“, „(Teilchenphysik in der) Kosmologie“, „Experimentarten (in der Hochenergiephysik)“ und „Kerne und Radioaktivität (auf Elementarteilchenebene)“ befinden.

#### Relevanzgruppen Experten vs. Lehrkräfte

Die Aufstellung der Relevanzgruppen lässt sich in der beschriebenen Weise auch für die Lehrkräfte-Einschätzungen durchführen. Die Relevanzgruppen sind in *Abb. 2 (rechts)* dargestellt. Trotz Unterschieden in der Rangfolge der 11 Kategorien und in der Anzahl der Relevanzgruppen, kann festgestellt werden, dass beide Delphi-Gruppen (Experten und Lehrkräfte) die gleichen 6 Kategorien (rot dargestellt in *Abb. 2*) als relevanter einschätzen als die restlichen Themen. Hiermit ist die zweite Leitfrage maßgeblich beantwortet. Es fällt auf, dass die weniger relevanten Themen sich durch ein höheres Maß mathematischer Modellierung und Abstraktheit auszeichnen (z.B. Standardmodell, Quantenfeldtheorie), während die relevanteren Themen konzeptueller und anschaulicher sind.

Bei der direkten Gegenüberstellung der Rangfolgen der 6 relevantesten Kategorien von Experten und Lehrkräften - wie in *Abb. 3* dargestellt - zeigen sich in einer weiteren mehrfaktoriellen ANOVA mit geeigneten Kontrasten signifikante Unterschiede in der Einschätzung der Kategorien „Wechselwirkungen“ sowie „Kerne und Radioaktivität“.



Abb.3: Die Hitlisten der relevantesten fachwissenschaftlichen Kategorien

Die Unterschiede lassen Schlüsse darüber zu, wie Experten und Lehrkräften argumentieren. Während Experten aus einer Fachsystematik heraus argumentieren, in welcher das Standardmodell und somit große Teile der Teilchenphysik auf den Wechselwirkungen fußen, schreiben Lehrkräfte ausschließlich dem Materieaufbau die größte Bedeutung zu. Außerdem scheint das Thema „Kernen und Radioaktivität“ den Lehrkräften wichtiger als den Experten zu sein. Lehrkräfte argumentieren demnach eher aus einer Curriculumssicht, in welchem bei Atommodellen bereits Teile des Materieaufbaus betrachtet werden sowie die Radioaktivität in der Regel ein Thema in der Sekundarstufe I darstellt.

#### Zusammenfassung und Empfehlungen

Für die Modellierung der Dimension *Inhaltsbereich* des Lehrkräftefachwissens in der Teilchenphysik konnten mithilfe der Delphi-Studie 11 relevante fachwissenschaftliche Themenkomplexe als Subfacetten identifiziert werden, unter welchen 6 Themen die höchste Relevanz besitzen. Die Ergebnisse können einerseits verwendet werden, um bislang nicht ausgearbeitete Standards in den Bildungsplänen mit Details zu füllen. Andererseits lassen sich mithilfe der Ergebnisse zukünftig fundierte Lehrkräfteaus- und -fortbildungsprogramme konzipieren, für deren Struktur eine Aufteilung in 11 Module mit einem Fokus auf den 6 relevantesten Themen zu empfehlen ist. Für den Inhalt der Module lassen sich insbesondere die in Runde 2 erarbeiteten fachwissenschaftlichen Unterkategorien verwenden.

**Literatur**

- EPA (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik - Beschluss der KMK vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004.
- Häder, M. (2014). *Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Ed.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (pp. 616-618). Münster: LIT.
- Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., & Schumacher, M. (2019). Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. In C. Maurer, *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 233-36). Regensburg: Universität Regensburg.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos-Verl.