

Konzeptverständnis mit Triadenaufgaben messen Vorstellungen zu Radioaktivität und ionisierender Strahlung

Hintergrund

Im Rahmen dieses Beitrags ist einerseits ist von Interesse, welche Vorstellungen Schüler:innen zu *Radioaktivität und ionisierender Strahlung* haben, und andererseits, inwiefern man diese Vorstellungen mithilfe des Instruments der Triadenaufgabe (Neuroth, 2002) sicht- und messbar machen kann. Forschung zum *conceptual change* (vgl. Posner et al., 1982) und den zu verändernden Schüler:innenvorstellungen ist mittlerweile sehr weit verbreitet (siehe beispielsweise Bibliographie von Pfundt & Duit, 2009). Für einige spezifische Themen ist die Befundlage jedoch nicht so breit abgestützt. So gibt es zum Bereich Radioaktivität und Strahlung nur noch eine Handvoll empirischer Studien und explizit zu *ionisierender* Strahlung nennenswert vor allem aus Großbritannien (Eijkelhof & Millar, 1988; Millar, 1994; Millar et al., 1990; Millar & Gill, 1996) oder den Niederlanden (Boyes & Stanisstreet, 1994; Eijkelhof et al., 1990) sowie von Schrader und Bolte (2018, 2020). Eine Kernthematik beim Verständnis von Radioaktivität und radioaktiven Prozessen ist die Unterscheidung von radioaktivem Stoff selbst und der Strahlung, die dieser aussendet. Diese Unterscheidung fällt den Lernenden schwer: „Viele Schülerinnen und Schüler verwechseln Radioaktivität als Prozess des Emittierens von Strahlung und die aus radioaktivem Material kommende ionisierende Strahlung.“ (Hopf & Schecker, 2018, S. 231)

Triaden sind ein halboffenes Aufgabenformat und bestehen aus drei Kernbegriffen, die nacheinander je sinnvoll miteinander verknüpft werden sollen. Dabei sollen in selbstgewählter Reihenfolge Zusammenhänge zwischen den Begriffen hergestellt werden. Sollen zum Beispiel als Triade die drei Begriffe Ionisierende Strahlung (1), Strahlungsteilchen (2) und Radioaktiver Stoff (3) verknüpft werden, ist eine mögliche Formulierung: „Ein *radioaktiver Stoff* sendet *Strahlungsteilchen* aus. (2-3) Viele dieser *Strahlungsteilchen* zusammen bezeichnet man als *ionisierende Strahlung*, weil sie in der Lage sind, andere Atome zu ionisieren. (1-2) Deswegen kann man auch sagen, dass *radioaktive Stoffe ionisierende Strahlung* aussenden. (3-1) Eine Triade ist also eine halboffene Aufgabe, in der die Antwortmöglichkeiten stark vorstrukturiert sind, die Schüler:innen aber dennoch eigenständig formulieren.

Fragestellungen

Das Erkenntnisinteresse im Rahmen dieses Beitrags widmet sich den folgenden beiden explorativ zu untersuchenden Fragestellungen:

- Wie gut (richtig, falsch, missing) beschreiben Schüler:innen der Sekundarstufe II die Zusammenhänge? (quantitativ)
- Welche alternativen Vorstellungen und Missverständnisse zeigen sich in den Antworten? (qualitativ)

Stichprobe und Datengrundlage

Die Stichprobe umfasste 75 Schüler:innen am Anfang der Sekundarstufe II aus bilingualen Klassen der Schweiz. Die Teilnehmenden waren etwa 16 Jahre alt ($M_{Alter} = 16.4$, $SD_{Alter} = .79$), 48 waren weiblich, 21 männlich und fünf machten dazu keine Angabe. Die Daten stammen aus einer laufenden Interventionsstudie (Pre-Post-Design) im Bereich bilinguales Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte. Für diesen Beitrag wurden die ersten 75 Datensätze aufbereitet und die oben aufgeführte Triade für die Auswertung ausgewählt. Die Daten stammen ausschliesslich aus der Post-Erhebung, das heisst, die Schüler:innen hatten bereits 90 Minuten in einer online-Selbstlerneinheit zum Thema gearbeitet. Die 75 vorhandenen Datensätzen ergaben $N = 51$ (68 %) auswertbare Datensätze.

Methode

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die Antworten in MAXQDA 2022 (VERBI Software, 2021) aufgenommen und auf Schüler:innenebene analysiert. Für die erste Fragestellung wurde zunächst für jede Achse der Triade ermittelt, ob die Formulierung richtig oder falsch gewertet werden kann oder ob eine Formulierung fehlt (missing). Anschließend wurden für das Gesamtbild pro Achse die richtigen, falschen und fehlenden Antworten aufsummiert. Für die zweite Fragestellung wurden die Schüler:innenaussagen unabhängig der Achse nach bekannten (deduktiv) und ggf. auch unbekanntem (induktiv) alternativen Vorstellungen untersucht. Die zugeordneten Codes wurden in einer konsensorientierten Diskussion innerhalb der Arbeitsgruppe verifiziert. Da es sich um eine erste Annäherung an die Daten handelt, steht eine Zweitcodierung und Interrater-Analyse noch aus.

Ergebnisse

Zur Beantwortung der ersten Frage wurden die Aussagen der Schüler:innen den Achsen der Triade zugeordnet und bewertet. Das Beispiel einer Bewertung ist in Tabelle 1 dargestellt. Das Aufsummieren der richtigen (r) und falschen (f) Antworten sowie der missings (m) der Teilnehmenden ergab das in Tabelle 2 dargestellte Ergebnis.

Tabelle 1: Beispielauswertung einer Schüler:innentriade

| Schüler:innenaussagen | Achse | r | f | m |
|--|-------|---|---|---|
| „Ein radioaktiver Stoff ist ein Stoff wo Strahlungsteilchen geschleudert werden.“ | 2-3 | x | | |
| „Diese Strahlungsteilchen stossen auf [...] Elektronen von anderen Elementen, das wandelt es in einem ion um. Die Ionisierende Strahlung ist der Prozess wo die Elementen zu Ionen [macht].“ | 1-2 | | x | |
| - | | | | x |

Tabelle 2: Gesamtergebnis nach Achse nach der Auswertung der 51 auswertbaren Triaden

| Achse | r | f | m |
|---|----|----|---|
| 1-2 ionisierende Strahlung – Strahlungsteilchen | 22 | 26 | 3 |
| 2-3 Strahlungsteilchen – radioaktiver Stoff | 23 | 22 | 6 |
| 3-1 radioaktiver Stoff – ionisierende Strahlung | 27 | 19 | 5 |

Es zeigt sich, dass pro Achse auch nach der Beschulung nur etwa die Hälfte der Schüler:innen in der Lage sind, einen korrekten Zusammenhang zu bilden. Tendenziell fällt ihnen die

Verbindung zwischen den Begriffen *radioaktiver Stoff* und *ionisierende Strahlung* am leichtesten, was damit erklärbar wäre, dass in dieser Verbindung kein Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene vollzogen werden muss. Bezogen auf die gesamte Triade können etwa 25 % der Schüler:innen eine komplett richtige Triade formulieren, etwa 25 % formulieren eine komplett falsche. Etwa die Hälfte der Schüler:innen formulieren eine Mischtriade, wie im Beispiel in Tabelle 1 dargestellt. In Bezug auf die zweite Fragestellung konnten am häufigsten die in Tabelle 3 dargestellten Vorstellungen der Schüler:innen identifiziert werden.

Tabelle 3: Häufigste Vorstellungen mit Anzahl der Nennung in Klammern und Beispielen

| Vorstellung | Beispiel |
|---|--|
| A Ionisierende Strahlung bewirkt Radioaktivität (15) ¹ | „Ionisierende Strahlung wandelt einen Stoff in einen radioaktiven Stoff um.“ |
| B Ionisierende Strahlung = radioaktiver Stoff (9) | „Deswegen sind die Strahlungsteilchen ein radioaktiver Stoff.“, „Strahlungsteilchen sind radioaktiv.“ |
| C Ionisierende Strahlung = Ionisation (9) | „When a radiation particle hits an atom it frees an electron, this process is called Ionising radiation.“ |
| D Containeridee (9) | „Strahlungsteilchen haben ionisierende Strahlung bei sich.“ „Die Strahlungsteilchen "bilden" den radioaktiven Stoff.“ |

In dieser Stichprobe tritt am häufigsten die Idee auf, dass ionisierende Strahlung Radioaktivität bewirkt (A) (z.B. Eijkelhof et al., 1990, Millar & Gill, 1996), was ebenso wie das Nichtunterscheiden von ionisierender Strahlung und dem radioaktiven Stoff (B) (vgl. Hof & Schecker, 2018) literaturkonform ist. Diese Kategorien wurden entsprechend deduktiv gebildet und entsprechen dem Erwarteten. In der Literatur bisher nicht gefunden, ist die in neun Fällen erkennbare Verwechslung von Akteur (Strahlung) und Ereignis (Ionisation) (C). Auch die Vorstellung der „Containeridee“ bzw. des „Zusammengesetzt seins“ (D) wurde induktiv hergeleitet. Diese Vorstellungen bergen ein Risiko für das Lernen, da sie intuitiv die Vorstellung beinhalten, dass etwas, das zusammengesetzt ist, auch zersplittern kann. Damit begünstigen sie die Vorstellung, dass radioaktive Kernumwandlung eine Zersplitterung des Atomkerns ist.

Interpretation und Ausblick

In dieser ersten Annäherung an die Daten zeigt sich bereits, dass die Triadenaufgabe das Potential besitzt Vorstellungen auf unterschiedliche Weise einzuschätzen. Als weitere Schritte sollen die Triaden mit den geschlossenen Aufgabenformaten trianguliert und zusätzlich die Aussagen der Schüler:innen auf sprachlicher Ebene genauer analysiert werden. Beispielsweise sollen die von den Schüler:innen gewählten Kollokationen dahingehend untersucht werden, inwiefern diese sich eignen, um die wissenschaftliche Vorstellung adäquat zu beschreiben. Dabei geht es nicht um umgangs- oder fachsprachliche Formulierungen, sondern darum, inwiefern die Natur des jeweiligen Triadenbegriffs in der Kollokation getroffen ist: „Ein instabiles Atom *hat* Radioaktivität“. *Haben* ist ein statisches Verb, das Besitz und Stofflichkeit suggeriert und sich daher weniger eignet, um das Dynamische und Prozesshafte als wesentliches Merkmal von Radioaktivität herauszustellen.

¹ Da die Schüler:innen in der Einheit nur den spontanen Kernzerfall mit Alpha-, Beta-, Gammastrahlung kennenlernen, ist die Annahme, dass Radioaktivität durch ionisierende Strahlung erzeugt werden kann, falsch.

Literatur

- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1994). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: Sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education*, 12(2), 145–160.
- Eijkelhof, H., Klaassen, K., Lijnse, P., & Scholte, R. (1990). Perceived incidence and importance of lay-ideas on ionizing radiation: Results of a Delphi-study among radiation-experts. *Science education*, 74(2), 183–195.
- Eijkelhof, H., & Millar, R. (1988). Reading about Chernobyl: The public understanding of radiation and radioactivity. *School Science Review*, 35–41.
- Hopf, M., & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu fortgeschrittenen Themen der Schulphysik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 225–242). Springer Berlin Heidelberg.
- Millar, R. (1994). School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. *Public understanding of science*, 3, 53–70.
- Millar, R., & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*, 31(1), 27.
- Millar, R., Klaassen, K., & Eijkelhof, H. (1990). Teaching about radioactivity and ionising radiation: An alternative approach. *Physics Education*, 25(6), 338.
- Neuroth, J. (2002). *Triaden-Test als Methode zur Ermittlung des Verknüpfungsgrads des Schülerwissens— Eine Verfahrensmodifikation zum Verknüpfungstest* [Schriftliche Hausarbeit zum 1. Staatsexamen]. Universität Essen.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211–227.
- Schrader, N., & Bolte, C. (2018). Vorstellungen vom Unsichtbaren—Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. *Qualitätsvoller Chemie-und Physikunterricht-normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, 38, 780–783.
- Schrader, N., & Bolte, C. (2020). Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, 40, 491–494.
- VERBI Software. (2021). *MAXQDA 2022 [computer software]*.