

Ufuk Güler¹
Nicole Schrader¹
Hiroki Fujii²
Claus Bolte¹

¹Freie Universität Berlin
²Okayama University - Japan

Vorstellungen zum Konzept der Radioaktivität in Deutschland und Japan

Ausgangspunkt

Die Berücksichtigung der Vorstellungen, die Schüler*innen zu einem Thema in den Fachunterricht mit- und einbringen, besitzt für die Planung und erfolgreiche Durchführung von Unterricht eine wichtige Bedeutung (Streller et al. 2019). Zahlreiche empirische Studien zur Analyse von Schülervorstellungen wurden daher bereits zu vielen Bereichen der Chemie und Physik durchgeführt (Pfundt & Duit, 2009). Doch im Vergleich mit anderen Themenfeldern der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts gibt es vergleichsweise wenige Untersuchungen, die über Schülervorstellungen zum Konzept der Radioaktivität und der ionisierenden Strahlung berichten. Deshalb haben Schrader und Bolte in den vergangenen Jahren untersucht, inwiefern es Schüler*innen an Berliner Schulen gelingt, zwischen den Begriffen „radioaktive Teilchen“, „ionisierende Strahlung“ und „Radioaktivität“ sach- und fachgerecht zu differenzieren und inwiefern sie die Konzepte Kontamination und Bestrahlung korrekt anwenden (Schrader & Bolte, 2018; 2020; Bolte & Schrader, 2021). Die Analysen belegen, dass die beteiligten Schüler*innen zwischen diesen Begriffselementen in der Regel nicht sachgemäß differenzieren und die Konzepte nicht stringent anwenden. Auch Eijkelhof (1990), Millar (1994) oder Alsop (2001) haben bei Schüler*innen ihrer Heimatländer ähnliche fachlich abweichende Vorstellungen nachgewiesen.

Unsere Untersuchung greift diese Befunde auf und setzt die Analyse von Schülervorstellungen zum Konzept Radioaktivität und ionisierende Strahlung auf internationaler Ebene fort, indem wir nun die Aussagen deutscher Schüler*innen mit denen japanischer Schüler*innen hinsichtlich ihres konzeptuellen Begriffsverständnisses vergleichen. Den deutsch-japanischen Vergleich erachten wir als besonders interessant, da sich zum einen historisch betrachtet vor nunmehr 10 Jahren die besonders tragische und folgenschwere Nuklearkatastrophe in Fukushima (2011) ereignete und die Erinnerung an die Folgen der Atombombenabwürfe in Nagasaki und Hiroshima gesellschaftlich in Japan nach wie vor allgegenwärtig sind, zum anderen scheint uns der Vergleich von Interesse, da Schüler*innen aus Japan in allen zurückliegenden PISA-Studien stets die besten Rangplätze im internationalen Schulleistungsvergleich belegt haben (OECD 2019); letzteres können wir für Berliner Schüler*innen leider nicht in Anspruch nehmen. Angesichts der gesellschaftlichen und historischen Relevanz des Themas der Anwendung und der Nutzung von Technologien aus dem Bereich Radioaktivität und ionisierende Strahlung wäre u.E. zu erwarten, dass die genannten Ereignisse zahlreichen Anlass zur unterrichtlichen naturwissenschaftlichen Auseinandersetzung bieten und somit einen Einfluss auf das konzeptuelle Begriffsverständnis japanischer Schüler*innen nehmen sollten. In Folge dessen und angesichts der erwähnten PISA-Ergebnisse ist ferner zu vermuten, dass sich demnach deutsche und japanische Schüler*innen hinsichtlich ihrer Begriffsverständnisse signifikant unterscheiden.

Ausgehend von der Zielsetzung dieser Arbeit haben wir verschiedene Forschungsfragen untersucht. In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf die Frage: *Inwiefern unterscheiden sich japanische und deutsche Schüler*innen in ihrem konzeptuellen Verständnis bezüglich der Begriffselemente „radioaktive Teilchen“, „ionisierende Strahlung“ und „Radioaktivität“?*

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen nutzen wir einen in Anlehnung an Millar (1994) konzipierten Fragenbogen. Dieser Fragebogen zur systematischen Analyse des konzeptuellen

Begriffsverständnisses wurde für die Datenerhebung in Japan übersetzt. Der Test besteht aus acht Aufgaben, die auf verschiedene Anwendungen oder Phänomene ionisierender Strahlung fokussieren: [1] Lebensmittelbestrahlung, [2] Papierdickenmessung, [3] Radiojodtherapie, [4] Röntgendiagnostik, [5] Szintigraphie, [6] Füllstandmessung, [7] Leckortung, [8] Bodenkontamination (Schrader & Bolte, 2017; Bolte & Schrader, 2021).

Stichprobe sowie Erhebung und Auswertung der Daten

Die Datenerhebung in Berlin erfolgte Ende 2017 an zwei Oberschulen; insgesamt 197 Schüler*innen der Jahrgangsstufe 10 haben daran teilgenommen. In Japan wurden Anfang 2018 insgesamt 480 Schüler*innen der Jahrgangsstufe 10 in Kobe und Hiroshima befragt. Die Auswertung der Daten erfolgte u.a. mithilfe deskriptiver Analysen (Häufigkeitsverteilungen) und dependenzanalytischer Verfahren (Chi-Quadrat-Test, Welsh-Test; Backhaus, et al., 2016)

Ausgewählte Ergebnisse

In Abbildung 1 ist dargestellt, wie viele der insgesamt acht Aufgaben deutsche bzw. japanische Schüler*innen in Gänze sachlich richtig beantwortet haben. Der Graphik ist zu entnehmen, dass 58,88% der deutschen bzw. 47,70% der japanischen Schüler*innen keine Aufgabe korrekt gelöst haben. Demgegenüber konnte keine/r der Befragten sieben oder gar alle acht Aufgaben richtig beantworten. Insgesamt fällt auf, dass japanische Schüler*innen etwas bessere Ergebnisse erzielen haben als die Berliner Schüler*innen. Beispielsweise haben 11,67% der japanischen Schüler*innen drei bis sechs Aufgaben korrekt gelöst, wohingegen nur 7,11% der deutschen dieselbe Leistung zeigten. Leistungsunterschiede werden außerdem deutlich, wenn wir betrachten, wie viele Aufgaben deutsche bzw. japanische Schüler*innen im Durchschnitt richtig gelöst haben. Für die deutschen Schüler*innen ergibt sich ein Mittelwert von $\bar{x}_D = 0,67 (\pm 0,96)$, für die japanischen Schüler*innen ein Mittelwert von $\bar{x}_J = 0,96 (\pm 1,18)$; die Mittelwerte unterscheiden sich in statistisch signifikanter Weise. Zur Bestimmung der statistischen Signifikanz wurde hierbei der Welch-Test verwendet.

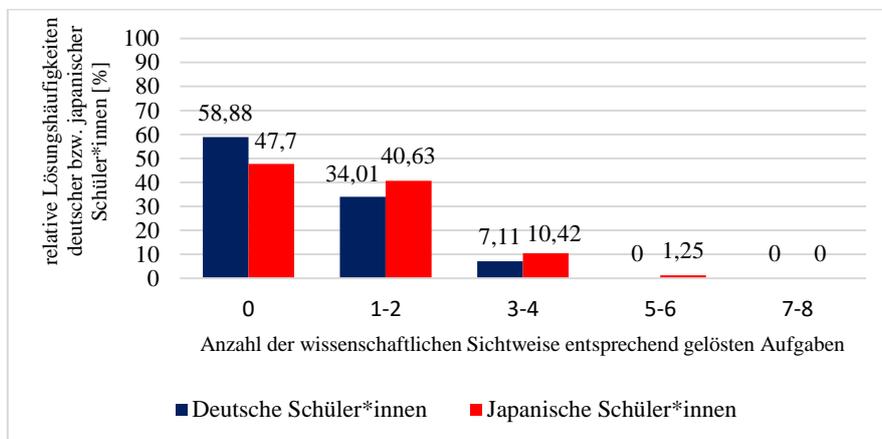


Abb. 1: Relative Häufigkeit der befragten Schüler*innen im Ländervergleich – differenziert nach Anzahl der in Gänze fachlich korrekt gelösten Aufgaben.

Um herauszufinden, inwiefern Zusammenhänge zwischen den Vorstellungen „ein Körper enthält radioaktive Teilchen“, „ein Körper enthält ionisierende Strahlung“ und „ein Körper ist radioaktiv“ bei den deutschen und japanischen Schüler*innen bestehen, haben wir Kontingenzanalysen durchgeführt und die dazugehörigen Kreuztabellen betrachtet. Die Ergebnisse zur Aufgabe [5] sollen einen exemplarischen Einblick eröffnen (siehe Tab. 1).

Die wissenschaftlich korrekten Aussagekombinationen sind **fett** hervorgehoben.

Tab. 1.a	Das Herz enthält Strahlung	Das Herz enthält keine Strahlung	Gesamt
Das Herz enthält radioaktive Teilchen	(D) 64,0 / (J) 63,5	(D) 15,1 / (J) 19,3	(D) 79,1 / (J) 82,8
Das Herz enthält keine radioaktiven Teilchen	(D) 10,4 / (J) 4,8	(D) 10,5 / (J) 12,4	(D) 20,9 / (J) 17,2
Gesamt	(D) 74,4 / (J) 68,3	(D) 25,8 / (J) 31,7	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 14,260$; $n = 172$; $\phi = 0,29$ / (J): $\chi^2 = 71,900$; $n = 460$; $\phi = 0,40$			

Tab. 1.b	Das Herz ist radioaktiv	Das Herz ist nicht radioaktiv	Gesamt
Das Herz enthält radioaktive Teilchen	(D) 47,1 / (J) 59,8	(D) 27,3 / (J) 08,5	(D) 74,4 / (J) 68,3
Das Herz enthält keine radioaktiven Teilchen	(D) 08,2 / (J) 12,2	(D) 17,4 / (J) 19,5	(D) 25,6 / (J) 31,7
Gesamt	(D) 55,3 / (J) 72,0	(D) 44,7 / (J) 28,0	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 23,584$; $n = 172$; $\phi = 0,37$ / (J): $\chi^2 = 91,960$; $n = 460$; $\phi = 0,45$			

Tab. 1.c	Das Herz ist radioaktiv	Das Herz ist nicht radioaktiv	Gesamt
Das Herz enthält Strahlung	(D) 51,2 / (J) 67,2	(D) 27,9 / (J) 15,7	(D) 79,1 / (J) 82,9
Das Herz enthält keine Strahlung	(D) 04,1 / (J) 04,8	(D) 16,8 / (J) 12,3	(D) 20,9 / (J) 17,1
Gesamt	(D) 55,3 / (J) 72,0	(D) 44,7 / (J) 28,0	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 13,190$; $n = 172$; $\phi = 0,28$ / (J): $\chi^2 = 119,665$; $n = 460$; $\phi = 0,51$			

Tab. 1a-c: Kreuztabellierung zum Ländervergleich; aufgezeigt am Aufgabenbeispiel [5]
(D): deutsche Schüler*innen, (J): japanische Schüler*innen - Ergebnisse in Prozenten.

Die statistische Überprüfung mittels Chi-Quadrat-Test führt in beiden Schülergruppen für jedes Variablenpaar der Aufgabe [5] zu statistisch signifikanten Zusammenhängen. Die Werte der Phi-Koeffizienten weisen für deutsche Schüler*innen auf schwache bis mittlere und für japanische Schüler*innen auf mittlere bis starke Zusammenhänge hin (vgl. Backhaus et al. 2006). Ähnliche Ergebnisse sind auch bzgl. der anderen Aufgaben zu erhalten. Eine Ausnahme zeigt sich bei Aufgabe [1] (Lebensmittelbestrahlung); in diesem Fall kann mit Blick auf die Berliner Schüler*innen kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablenpaaren nachgewiesen werden (ohne Abb.).

Interpretation und Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie haben sowohl länderübergreifende Ähnlichkeiten als auch statistisch signifikante Unterscheidungen aufgezeigt. Deutsche wie auch japanische Schüler*innen bewerten die Aussagen fälschlicher Weise als fachlich korrekt, dass ein Körper ionisierende Strahlung enthalte. Diese Aussage verknüpfen sie in signifikanter Weise mit der Auffassung, dass so ein Körper dementsprechend auch radioaktiv sei und/oder radioaktive Teilchen enthalte. Die Mehrheit der deutschen aber auch der japanischen Schüler*innen haben demzufolge ein fachlich unzureichendes Verständnis vom Konzept ionisierender Strahlung und radioaktiver Materie. Außerdem ist festzuhalten, dass das Antwortverhalten deutscher und japanischer Schüler*innen sich dahin gehend ähnelt, als die Mehrheit beider Schülergruppen in fast allen Aufgaben einem bestrahlten Körper radioaktive Eigenschaften zuschreibt. Ähnliche Vorstellungen mussten Schrader und Bolte (2018; 2020) Berliner Schüler*innen schon in vorangegangenen Untersuchungen wie auch in einer aktuellen Studie mit großer Stichprobe attestieren (Bolte & Schrader, 2021; Schrader in Arbeit). Betrachtet man die über alle Aufgaben und Teilnehmer*innen gemittelten relativen Lösungshäufigkeitsverteilungen, so ist anzumerken, dass kumulativ betrachtet mehr japanische Schüler*innen ein zumindest etwas zutreffenderes konzeptuelles Begriffsverständnis zeigen (und zwar im statistisch signifikanten Umfang). Angesichts der Tatsache, dass beide Gruppen im Mittel aber lediglich eine Aufgabe in Gänze korrekt gelöst haben, scheint in beiden Fällen noch viel Luft nach oben.

Literatur

- Alsop S. (2001): Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. In: *International Journal of Science Education*, 23 (3), 263-281.
- Backhaus K., Erichson B., Plinke W., Weiber R. (2016): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 14. Auflage, 358, 368-371.
- Bolte, C., & Schrader, N. (2021). Risiken der Radioaktivität aus Sicht von Jugendlichen. In: Grebe-Ellis, J. & Grötzebauch, H. (Hrsg.). *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021*. S. 217-224. [Url.: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1197](http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1197) ISSN 2191-379X
- Bortz J. & Schuster C. (2010): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Leipzig: Springer Medizin, 7. Auflage, 30-31, 101, 121, 129.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M (1994): Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science and Technological Education*, 12 (2), 145-160.
- Eijkelhof, H. M. C. & Millar, R. (1988): Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity. *School Science Review*, 70 (251), 35-41.
- Eijkelhof, H. M. C. (1990) *Radiation and Risk in Physics Education*. Utrecht: CD Beta Press.
- Lijnse, P. L., Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M., & Scholte, R. L. J. (1990). Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education*, 12(1), 67-78.
- 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. In: *Physics Education*, 31 (1), 27-33.
- OECD (2019): *Japan - Country Note - PISA 2018 Results*. Paris: OECD Publishing.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2009): *Bibliography - Students alternative frameworks and science education*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Riesch, W. & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. *Der Physikunterricht*, 9(4), 75-85.
- Schrader, N. & Bolte, C. (2017) Fragebogen zur Analyse des konzeptuellen Verständnis von Schüler*innen zum Thema Radioaktivität und Ionisierende Strahlung. Freie Universität Berlin. (Polyskript).
- Schrader, N. & Bolte, C. (2018). Vorstellungen vom Unsichtbaren – Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 38, 780-783.
- Schrader, N. & Bolte, C. (2020). Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität. In: Habig, S. (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 40, 491-494.
- Schrader, N. (in Arbeit). *Entwicklung und Einsatz eines Testinstruments zur Analyse des konzeptuellen Verständnisses von Schüler*innen und ihrer Risikowahrnehmung im Bereich Radioaktivität*
- Streller S., Bolte C., Dietz D., Noto la Diega R. (2019): *Chemiedidaktik an Fallbeispielen Anregungen für die Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer Spektrum, 1. Auflage, 17-18, 40.