

Radioaktivität: eine didaktische Rekonstruktion

Axel-Thilo Prokop, Ronny Nawrodt

Universität Stuttgart,
5. Physikalisches Institut - Abt. Physik und ihre Didaktik
Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart
a.prokop@physik.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Radioaktivität stellt einen der Begriffe der Physik dar, der Laien häufig auch bekannt ist. Die Charakterisierung von Vorstellungen zu diesem Thema ist bereits seit Jahrzehnten Forschungsgegenstand der Physikdidaktik. Ziel dieser Arbeit ist es, weitere Vorstellungen zu identifizieren und damit für die didaktische Rekonstruktion verfügbar zu machen. Innerhalb dieser Arbeit wird eine Pilotierung zu Vorstellungen zum Thema Radioaktivität von Studierenden bzw. Schülerinnen und Schülern vorgestellt. Das übergeordnete Ziel ist dabei die Erstellung neuer Lerninhalte, die für Studierende einen Fokus auf Präkonzepten bzw. Vorstellungen und den Umgang mit diesen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten dabei dann eine adressatengerechte Lernumgebung, in der sie auch experimentell tätig werden können.

1. Stand der Forschung

Die Bedeutung von Lernvoraussetzungen, zu denen Präkonzepte bzw. Vorstellungen gehören, sind zentral für die Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zu dem Thema Radioaktivität. Studierenden wird dabei die Möglichkeit gegeben, eigene Vorstellungen kritisch zu reflektieren. Schülerinnen und Schüler erhalten die Möglichkeit, auch experimentell zu diesem Thema arbeiten zu können. Es ist zudem zu erwarten, dass lebensnahe Themen (wie z.B. die in den Szenarien dargestellten Themen) interessensfördernd sind und damit effektiv zum Lernerfolg beitragen können. Die erneute didaktische Rekonstruktion ist dabei aus mehreren Gründen notwendig. Einerseits könnten sich Vorstellungen gegenüber älteren Veröffentlichungen verändert haben oder wurden in diesen noch nicht beschrieben. Andererseits stellen radioaktive Altlasten weiterhin ein gesellschaftlich relevantes Problem dar und es ist zudem anzunehmen, dass Lernende daran interessiert sind über die damit verbundenen Probleme bzw. Lösungen zu diskutieren. Das Thema Radioaktivität stellt mit den Ereignissen von Tschernobyl, Fukushima und der Endlagerfrage ein epochaltypisches Schlüsselproblem der Physik dar.

Um dieser Stellung als Schlüsselproblem gerecht werden zu können, ist die sorgfältige Beobachtung von Lernvoraussetzungen bzw. den Vorstellungen zwingend notwendig. Zentral für Vorstellungen zur Radioaktivität ist die fehlende Unterscheidung der Begriffe Radioaktivität, (ionisierender) Strahlung und radioaktiver Materie [1-2]. Diese sind aber möglicherweise unvollständig. Die forschungsmethodische Rahmung der Untersuchung besteht in der Neuentwicklung von Lehrmaterialien; für die Erhebung der Perspektive der Lernenden ergibt sich folgende Forschungsfrage:

Welche Vorstellungen verbinden Schülerinnen und Schüler bzw. Studierende mit dem Thema Radioaktivität?

Für diese Arbeit soll zunächst der Fokus auf die Untersuchung bzw. Pilotierung möglicher Präkonzepte bzw. Vorstellungen. Die Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors erfolgt auf Basis der erhobenen bzw. bekannten Vorstellungen. Die Erhebung muss daher neben Schülerinnen und Schülern auch Studierende des Lehramts Physik einschließen. Für die didaktischen Vorüberlegungen sei noch einmal auf [2] verwiesen. Die Pilotierung bzw. die Hauptstudie stellen dabei dann wesentliche Aspekte der Lernvoraussetzungen für das Lehr-Lern-Labor dar. Lernrelevante Inhalte können so identifiziert und adressatengerecht aufgebaut werden. Ergänzend sollen die dabei neuidentifizierten und replizierten Ergebnisse im Rahmen des *conceptual change* neu gedeutet werden.

2. Pilotierungsstudie

Im Rahmen der Pilotierungsstudie wurden leitfadengestützte Interviews mit 3 Studierenden und 2 Schülern durchgeführt und mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet.

Der Leitfaden besteht aus zwei Teilen. Zunächst werden grundlegende Begriffe und deren Bedeutung beleuchtet. Diese drei Teilaspekte sind unterteilt in Fragen zu Radioaktivität, radioaktive Materialien und ionisierender Strahlung bzw. Strahlung im Allgemeinen. Zu Beginn des Interviews wurde den Probanden die Frage gestellt, wie sie einem Grundschüler bzw. einem Kommilitonen (kein Lehramtsstudium der Physik) erklären würden, was Radioaktivität bedeutet. Im Rahmen der Nutzung der Kernenergie (radioaktive Materialien) wurde auch die Frage gestellt, ob der „verbrauchte“ oder „frische“ Kernbrennstoff eine

höhere Radioaktivität aufweist und welche Gründe dafür bzw. dagegen sprechen.

Der zweite Teil des Leitfadens beschäftigt sich mit drei Szenarien. Die Szenarien werden durch Vorlegen von Bildern initiiert. Das erste Szenario beschäftigt sich mit der Bestrahlung von Lebensmitteln (in Anlehnung an [1]). Lebensmittel werden z.B. zur Unterbindung von Keimprozessen mit Gammastrahlung behandelt. Zentrale Frage ist hier, wie sich der Proband diese Bestrahlung vorstellt. Zudem wird auch noch nach Nutzen und Nachteilen einer solchen Bestrahlung gefragt. Das zweite Szenario beschäftigt sich mit den Wirkungen und Nebenwirkungen von Radiopharmaka bzw. deren Wirkung im menschlichen Körper. Das dritte Szenario besteht aus einem Artikel des Deutschlandfunks, welcher sich mit einer radioaktiven Belastung von Wildschweinen in Süddeutschland ausgehend von dem Reaktorunfall in Tschernobyl beschäftigt [3]. Zunächst wird gefragt, ob den Probanden bekannt ist, was in Tschernobyl passiert ist. Ausgehend davon wird nach einer Erklärung gefragt, wie die Belastung der Wildschweine mit dem Reaktorunfall zusammenhängt. Abschließend wird nach den Auswirkungen des Unfalls in lokaler und internationaler Hinsicht gefragt.

3. Erste Ergebnisse

Im Rahmen der Pilotierung wurden 3 Studierende (Adrian, Benjamin, Clara) und 2 Schüler (Damiano, Elias) interviewt. Die Personennamen sind pseudonymisiert. Adrian und Clara haben bereits eine Vorlesung mit kernphysikalischem Inhalt besucht, Benjamin hat bereits ein Masterstudium der Physik abgeschlossen und studiert einen Erweiterungsstudiengang für das Lehramt. Die Schüler haben keinen Physikunterricht mit kernphysikalischen Inhalten besucht. Das Thema wurde jedoch teilweise im Chemieunterricht behandelt.

Radioaktivität wird von allen Probanden über folgende Begriffe ausgedrückt:

- Abgabe von Energie,
- Abgabe von Strahlung (speziell auch Alpha-, Beta-, Gammastrahlung).

Vier von fünf Probanden sehen das Atom als Ort radioaktiver Prozesse an. Benjamin bezieht sich dabei konsequent auf den Atomkern als Ort radioaktiver Prozesse. In einem weiteren Fall wechselt die Ortsbeschreibung innerhalb des Interviews. Bei der Nennung radioaktiver Materialien beziehen sich alle Probanden auf ein zum Teil nicht näher differenziertes Vorkommen natürlicher Radioaktivität. Mit Ausnahme von Benjamin, zählen die Probanden ausschließlich radioaktive Elemente (z.B. Pu) auf. Benjamin geht auch auf das Vorkommen radioaktiver Isotope von prinzipiell stabilen Elementen (K-40) ein.

Im ersten Teil des Interviews wurde von allen Probanden die Verwendung radioaktiver Materialien zur Nutzung von Kernenergie zur Gewinnung elektrischen Stromes angesprochen. Bei der Frage nach der Aktivität von benutzten Brennelementen gegenüber ungenutzten Brennelementen, sind alle Probanden in der Lage unter Anwendung physikalischer Argumentationen (z.B. Energieabgabe) Argumente sowohl für diese als auch gegen diese Hypothese zu finden. Die Aktivität könnte geringer geschätzt werden, da die Nutzung mit einer Energieabgabe verbunden ist. Die Aktivität könnte aber auch größer sein, da die Strahlung in den Brennelementen gespeichert werden könnte. Nur in einem Fall wich die Argumentation für die erhöhte Aktivität von diesem Muster ab; Benjamin betonte, dass aufgrund des Vorhandenseins von Zerfallsreihen es auch möglich sei, dass die entstehenden Nuklide eine größere Aktivität aufweisen.

Bei der Bestrahlung von Lebensmitteln wurden in 4 von 5 Interviews Vermutungen darüber geäußert, ob die Strahlung gespeichert werden könne:

I: *Wenn wir jetzt nochmal auf die andere Seite der Medaille schauen wollen, was wären jetzt Argumente dafür, dass der Müll radioaktiver ist als das Uran vorher?*

Clara: *Dass die ganze Strahlung jetzt in dem Müll sitzt, die freigegeben ist. Und (8s) ja, ist dann der Müll radioaktiver.*

Benjamin äußert sich hingegen darüber, dass die Speicherung der Strahlung nicht möglich sei:

I: *Welche Nachteile würdest du bei so einer Bestrahlung sehen?*

Benjamin: *Wie gesagt. Müsste mal gucken was mit dem Lebensmittel passiert. Aber normalerweise, also gerade wenn man da mit Röntgenstrahlung draufgeht, die Nahrung ist ja nicht radioaktiv am Ende. Das ist ja der große Vorteil. Ich glaube, das denken dann vielleicht viele Leute.*

Bei der Nutzung von Radiopharmaka könnte es den Probanden zufolge auch zu einer Speicherung von Strahlung kommen. Bei den Wirkungen von Radiopharmaka wird auf die Schädigung der DNS und den damit verbundenen „Kampf“ gegen Krebszellen hingewiesen:

I: *Ok. Du hattest jetzt auch schon angesprochen, bei dem anderen Beispiel, dass es da zu so Mutationen kommt. Wie könntest es zu so Mutationen kommen, wie stellst du dir das vor?*

Clara: *Ja gut, wenn das Erbgut verändert wird. Die DNA, ich meine, da kann ja schnell was passieren. Das irgendwie von der langen Kette eines total wegbricht oder so und dann verändert sich halt was.*

I: *Du hattest jetzt angesprochen, dass es da so ein Problem mit dem Müll gibt, wie stellst du dir das, wie würdest du die Auswirkungen auf den Menschen, also jetzt biologisch auf den Menschen vorstellen, wenn man mit so radioaktiven Stoffen zu tun hätte?*

Adrian: Also, ich stell mir das ja so vor, dass die Strahlung so ist, dass die ja, die ist ja so, die ist ja deswegen gefährlich, weil sie bei uns ja in den Körper eindringt und auch so klein ist, dass sie auf unsere, wenn ich es richtig weiß, auf unsere DNA-Stränge trifft und dadurch, wie bei dem Billardtisch, Sachen rausschlägt, einfach aus den Bereich, wo es eigentlich sein sollte und dadurch entsteht ja dieser Krebs erst, weil es nicht mehr so ange-, oder nicht mehr so aufgebaut ist, wie der Körper eigentlich aufgebaut sein sollte.

Neben der Wirkung auf die DNS werden andere biologische Wirkungen, die hier noch nicht näher klassifiziert werden können, hervorgebracht:

Elias: [...] Ja, schwierig. Ich kann da wahrscheinlich nur wieder anknüpfen an das was ich gerade gesagt habe. Was ich nicht besonders gut weiß, aber ja, wenn dann andere Organismen, Viren, Bakterien einfach geschädigt werden, unterstützt das einfach das Immunsystem.

Die Speicherung von Strahlung bzw. deren Transport konnten auch im Tschernobyl-Szenario beobachtet werden. Mitunter argumentierten Probanden mit einem Transport radioaktiver Materie. Teilweise kam es dabei jedoch auch zu einem fluiden Wechsel zwischen den Argumentationen:

I: Du hattest jetzt angesprochen, dass sich da was verteilt. Was stellst du dir [...] vor, was verteilt sich da? Oder hat sich da verteilt?

Adrian: Also kleine Strahlen. Also, so Partikel, die. Also, so wie jetzt, wenn ich Steinchen, die rumfliegen und. Aber diese kleinen Steinchen strahlen alle von sich alleine auch noch. Also, so stell ich mir das vor.

Die Halbwertszeit typischer Materialien wird als Grund für die von ihnen ausgehende Gefahr erwähnt:

I: Du hattest jetzt angesprochen, dass man das auch für die Nutzung von, von elektrischer Energie benutzt. Gibt es da irgendwelche Probleme?

Elias: Dadurch, dass es so eine hohe Halbwertszeit hat und irgendwann mit den aktuellen Kraftwerken nicht mehr nutzbar ist. Dieser Zerfall. Muss man das irgendwo einlagern, weil das in erhöhter Dosis halt gefährlich ist für den Menschen oder für den Körper.

4. Diskussion und Ausblick

Die Speicherung von Strahlung bzw. deren Transport konnten im Rahmen dieser Pilotierung vorsichtig repliziert werden. Diese Pilotierung ist jedoch (noch) nicht geeignet, die Befunde in einen größeren theoretischen Rahmen zu fassen und tiefergehend zu interpretieren, da ihr die forschungsmethodische Tiefe fehlt. Weitere Fragen ergeben sich jedoch, bei Vorstellungen zu der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung und den damit verbunden Vorstellungen. Unterschiedliche Szenarien könnten geeignet sein, kontextabhängige Bezüge von Vorstellungen darzustellen und damit der didaktischen Rekonstruktion

verfügbar zu machen. Durch diese Pilotierung ist es nun möglich einen geeigneten Leitfaden zu konstruieren und eine tiefgründige Interpretation der zu erwartenden und unerwarteten Ergebnisse zu leisten.

5. Literatur

- [1] Eijkelhof, H. (1990). *Radiation and risk in physics education: Straling en risico's in het natuurkundeonderwijs*. Dissertation, Rijksuniversiteit Utrecht.
https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:22010294.
Stand (5/2020)
- [2] Prokop, A., & Nawrodt, R. (2019). Radioaktivität - eine didaktische Rekonstruktion. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/955/1079>.
Stand (5/2020)
- [3] Karl Urban (2019): 33 Jahre nach Tschernobyl - Strahlende Wildschweine im deutschen Wald. https://www.deutschlandfunkkultur.de/33-jahre-nach-tschernobyl-strahlende-wildschweine-im.1001.de.html?dram:article_id=447114, zuletzt aktualisiert am 25.04.2019.
Stand (5/2020)

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Projekt „Lehrerbildung PLUS“ (Förderkennzeichen 01JA1907A) unterstützt.