

Experimentelle Handlungsabläufe sichtbar machen Methoden und Ergebnisse

Der in Bildungsstandards und Kernlehrplänen für das Fach Physik ausgewiesene Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ist wesentlich geprägt vom Experimentieren als wichtiger Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. Allerdings sind experimentelle Kompetenzen aktuell nicht vollständig abprüfbar, wobei speziell die Durchführung der Experimente nur mangelhaft erfasst wird (vgl. Schreiber, 2012). Um diese Phase des Experimentierens zu dokumentieren, wurden bisher häufig probandenfokussierte Ansätze gewählt. Dabei werden die Handlungen der Probanden am Experiment aufgezeichnet und interpretiert. Bei der in dieser Arbeit genutzten Methode der objektfokussierten Datenerfassung (Fraß, 2016) werden hingegen die eingestellten Messparameter im Experiment aufgenommen, was die Rekonstruktion der experimentellen Handlungsabläufe ermöglicht. Die erhobenen Daten lassen sich (teil-)automatisiert aufbereiten und auswerten, wodurch eine sehr hohe zeitliche Auflösung realisiert wird. So entsteht eine neue objektive Sichtweise auf das Experimentieren als Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. In diesem Beitrag wird die objektfokussierte Datenerfassung exemplarisch an einem Versuch zur Radioaktivität vorgestellt und erste Ergebnisse der Datenanalysen einer umfassenden Studie werden präsentiert.

Studie im Versuch zur Radioaktivität

Der Versuch zur Radioaktivität wird in einem physikalischen Praktikum für Studierende des Maschinenbaus im dritten Semester an der RWTH Aachen angeboten. Im Rahmen der Studie nahmen im Wintersemester 2016/17 insgesamt 317 Studierende daran teil. Sie arbeiteten – wenn möglich – zu zweit an einem Versuchsaufbau und hatten insgesamt für Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Versuchs 135 Minuten Zeit. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 1 zu sehen. In einer Stahlwanne mit Bleiglasabdeckung sind ein radioaktives Präparat und ein im Abstand dazu variables Geiger-Müller-Zählrohr eingebaut. Zudem lassen sich über ein Schienensystem jeweils fünf Absorberplatten verschiedener Dicke aus Aluminium und Kupfer in den Strahlengang einsetzen. Detektierte radioaktive Ereignisse werden auf einer Zählkonsole angezeigt. Im Experiment lassen sich drei Messparameter einstellen: Der *Abstand* zwischen radioaktivem Präparat und Geiger-Müller-Zählrohr, die *Dicke* und das Material von Absorberplatten im Strahlengang sowie die *Dauer* einer Einzelmessung. Die Studierenden sollen im Versuch die drei im Folgenden beschriebenen Messaufgaben bearbeiten: Zunächst sollen verschiedene Abstände zwischen dem Präparat und dem Zählrohr eingestellt und so die Abstandsabhängigkeit der Zählrate ermittelt werden. Über eine graphische Auswertung wird anhand dieser Daten die Aktivität des radioaktiven Präparats bestimmt. Die zweite bzw. dritte Messaufgabe

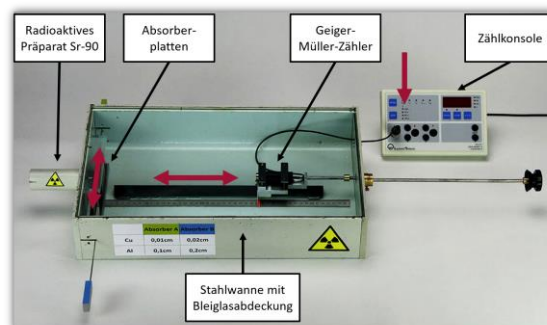


Abb. 1: Der Versuchsaufbau zur Radioaktivität mit seinen wichtigen Elementen. Mit den roten Pfeilen markiert sind zudem die einstellbaren Messparameter: Absorbermaterial und –dicke, Abstand, Messdauer.

bestehen darin, Absorber aus Aluminium bzw. Kupfer verschiedener Dicken in den Strahlengang einzusetzen und die Absorption von β -Strahlung durch die Materialien zu untersuchen. Ebenfalls über eine graphische Auswertung sollen die Absorptionskoeffizienten der beiden Materialien ermittelt werden. In jeder Messreihe (MR) sollen mindestens 8 Messwerte aufgenommen werden. Die Wahl der Abstände bzw. Absorberdicken und deren Reihenfolge bleiben den Probanden überlassen.

Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurden die Einzelmessungen der drei Messreihen genauer untersucht und analysiert. Insbesondere können mögliche systematische Handlungsabläufe innerhalb der einzelnen Messreihen sowie Wiederholungen der Handlungsabläufe zwischen den Messreihen identifiziert werden.

Datenerfassung und –aufbereitung

Um die Messreihen und die einzelnen Messungen objektfokussiert zu erfassen, wurde der Versuchsaufbau mit einem Mikrocontroller erweitert und mit geeigneten Sensoren zur Ermittlung der Messparametereinstellungen ausgestattet:

- ein *Ultraschallsensor* ermittelt die Position des Geiger-Müller-Zählers
- *Lichtschranken* erfassen die Einstellungen der einzelnen Absorberschieber
- ein *Spannungssensor* an der Zählkonsole registriert, ob eine Messung stattfindet

Aus diesen Daten wird eine Tabelle generiert, in der zu jeder Sekunde die aktuellen Einstellungen der Messparameter dargestellt sind. Daraus lassen sich graphische Darstellungen der Versuchsverläufe erstellen, in denen über die gesamte Versuchsdauer die Messparameter einzusehen sind (vgl. Büsch, 2017). Für die einzelnen Messreihen lassen sich die Messparameter in sogenannten Messverläufen (Abb. 2) darstellen.

Datenanalyse

Die Verlässlichkeit der Messwerte im Versuch zur Radioaktivität hängt erheblich von der Dauer einer Einzelmessung ab. Daher ist es hilfreich, die Größe der Messparameter Abstand bzw. Absorberdicke auf- oder absteigend zu variieren, um so abschätzen zu können, ob ein Wechsel der Dauer der Einzelmessungen sinnvoll ist. Ein solches systematisches Vorgehen weist somit auf ein planvolles Experimentieren und ein besseres Messverständnis hin. Die Messverläufe der Messreihen von 65 Teams wurden im Hinblick auf mögliche Systematiken daher nach einem Manual drei Kategorien zugeordnet (siehe auch Büsch, 2017):

- monotone Systematik
- phasenweise Systematik
- keine erkennbare Systematik

Mit einer Interraterübereinstimmung von

100 % konnten die Messverläufe der 65 Teams den Kategorien zugeordnet werden. Dabei wurden jeweils alle drei Messreihen analysiert, die von allen 65 Teams in der intendierten Reihenfolge der Messreihen 1 bis 3 absolviert wurden. Vergleicht man die Anteile der Teams, die nach den entsprechenden Systematiken innerhalb dieser Messreihen gearbeitet haben, fällt auf, dass speziell der Anteil der monotonen systematischen Handlungsabläufe

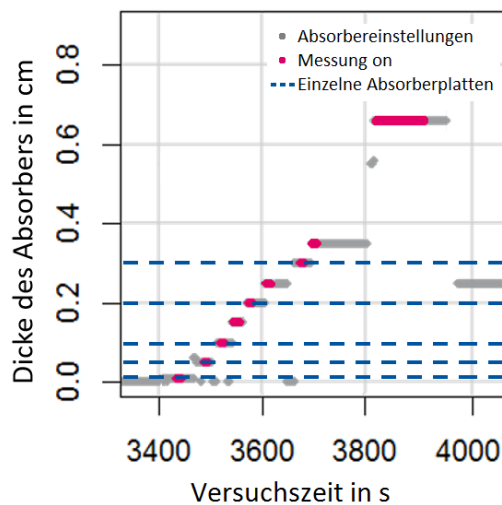


Abb. 2: Beispielhafter Messverlauf einer Messreihe zur Absorption durch Aluminium mit monoton aufsteigender Systematik und direkter Kombination der Absorberplatten.

von der ersten auf die zweite Messreihe deutlich abnimmt (von 29% auf 11%), begleitet von einem Anstieg des Anteils indifferenter Systematik (von 23% auf 34%), bei der dritten Messreihe jedoch wieder steigt (auf 35%; Angaben aus Guntermann, 2017). Die Erwartung war hingegen, dass das Messverständnis im zeitlichen Verlauf des Experiments zunimmt und daher schon in der zweiten Messreihe weniger indifferente Systematiken beobachtet werden.

Um diese Diskrepanz zu verstehen, ist es notwendig, sich die Bedienung des Experiments zu verdeutlichen: Während der Abstand intuitiv systematisch einstellbar ist, sind die verschiedenen Absorberdicken über 5 Einzelschieber einzustellen. Anhand dessen lassen sich die Gesamtdicken der Absorbermaterialien entweder durch die Wahl der einzelnen Absorberplatten (vgl. gestrichelte Linien in Abb. 2) oder durch Kombinationen dieser Platten erzeugen. Um in den Messreihen 2 und 3 die Messaufgabe aus der Versuchsanleitung – mindestens acht verschiedene Messpunkte aufzunehmen – zu erfüllen, ist auch die Kombination der Platten notwendig. Die Vorgehensweisen der Teams in den Messreihen 2 und 3 sind daher weiteren Kategorien zugeordnet worden (Interraterübereinstimmung 100 %):

- keine Kombinationen: Die Teams nutzen keine Kombinationen der Absorberplatten
- spätere Kombinationen: Die Teams nutzen zunächst nur die Einzelplatten, danach auch Kombinationen der Absorberplatten
- direkte Kombinationen: Die Teams nutzen in einer zeitlichen Abfolge Einzelplatten und Kombinationen gemischt

Die entsprechenden Vorgehensweisen der 65 Teams in den Messreihen 2 und 3 sind in Abb. 3 als Sankey-Diagramm (Sankey, 1898; erstellt auf der Website www.sankeymatic.com) veranschaulicht (vgl. Fraß, 2017). Dabei sind neben den Häufigkeiten der Kategorien in den beiden Messreihen auch die Abfolgen in den verschiedenen Vorgehensweisen der Teams zwischen den verschiedenen Vorgehensweisen in Form sogenannter Flüsse sichtbar.

Die horizontal verlaufenden, grau markierten Flüsse charakterisieren solche Probandenteams, die in den beiden Messreihen die gleiche Vorgehensweise verfolgen. Der dunkelblaue Fluss zeigt, dass ein großer Teil derjenigen Studierendenteams, die in der zweiten Messreihe der Kategorie *spätere Kombinationen* zugeordnet werden können, in der dritten Messreihe direkte Kombinationen in ihrer Messsystematik aufweisen. Hier ist zu vermuten, dass den Studierenden die Möglichkeit der Kombination der Absorberplatten während der zweiten Messreihe bewusst wurde und dieses Wissen in der dritten Messreihe angewendet wird. Hier zeigt sich offenbar ein besseres Messverständnis im späteren Verlauf des Experiments.

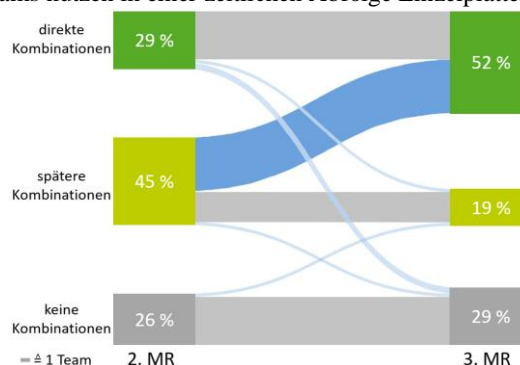


Abb. 3: Sankey-Diagramm über die Systematik der Kombination über die zweite und dritte Messreihe.

Fazit und Ausblick

Die Methode der objektfokussierten Datenerfassung zur Beschreibung von experimentellen Handlungsabläufen wurde am Beispiel eines Experiments zur Radioaktivität realisiert. Sie eröffnet über eine teilautomatisierte Auswertung auch Zugang zu den experimentellen Handlungsabläufen größerer Probandengruppen und dabei auftretender Systematiken. Eine Übertragung auf andere Experimente ist möglich (z.B. Joußen, 2017). Durch Realisierung einer automatisierten Auswertung ist mit diesem Instrument auch ein direktes Feedback über interaktive Versuchsanleitungen noch während des Experimentierens denkbar.

Literatur

- Büsch, L., Guntermann, C. & Heinke, H. (2017): Diagnostik experimenteller Vorgehensweisen am Beispiel eines Versuchs zur Radioaktivität. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, Dresden.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2016). Object-Focused Assessment of Experimental Processes in Optical Experiments. In *E-Book Proceedings of the ESERA 2015 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Part 11 (Jens Dolin & Per Kind) (S. 1714–1724). Helsinki.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2017). Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016*. Münster: Lit.
- Guntermann, C. (2017): Analyse von experimentellen Prozessen am Beispiel eines Versuches zur Radioaktivität. Masterarbeit, RWTH Aachen University, unveröffentlicht.
- Joußen, N., Fraß, S. & Heinke, H. (2017). Prozessorientierte Instrumente zur Erhebung experimenteller Strategien. In S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017*. Münster: Lit.
- Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. In *Niedderer & Fischler (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen*, Bd. 139. Berlin: Logos Verlag.
- Sankey, M. H. P. R. (1898). Introductory Note on the Thermal Efficiency of Steam-Engines. (No. 34). *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Vol. CXXXIV, Session 1897-98. Part IV. www.sankeymatic.com (aufgerufen am 09.10.2017).