

Messkoffer Radioaktivität der PLAGE im Test

JAKOB WERNSPERGER
S1048025@STUD.SBG.AC.AT

Zusammenfassung

Im November 2022 wurde ein Schülerversuchskoffer der PLAGE (Plattform gegen Atomgefahren) zum Thema Radioaktivität in zwei Unterstufenklassen einer Salzburger AHS getestet. Die im Anschluss daran erhobenen empirischen Daten lassen schließen, dass das Arbeiten mit dem Versuchskoffer im Physikunterricht für die Schüler*innen motivierend ist und physikalische Inhalte nachhaltig vermittelt werden. Auch von Seiten der unterrichtenden Lehrperson kann der Versuchskoffer weiterempfohlen werden, da nach eigener Auskunft die Materialien sehr gut aufarbeitet sind und mit den einzelnen Versuchen ein umfangreiches Themenfeld abgedeckt wird.

1. Einleitung

Bei einer österreichweiten Umfrage aus dem Jahr 2018 waren 90% der 288 teilnehmenden Physiklehrer*innen im Allgemeinen der Ansicht, dass die Durchführung von Versuchen im Physikunterricht sinnvoll ist. Dennoch werden von 40% der Befragten keine Demonstrationsversuche ihrerseits zum Themenblock Radioaktivität gezeigt. Nach Angabe von 80% der Lehrkräfte, erlangen Schüler*innen in ihrem Physikunterricht nicht die Möglichkeit, selbst Versuche zum Thema Radioaktivität durchzuführen. Die am häufigsten genannte Ursache für diese geringe Experimentierbereitschaft im Themengebiet Radioaktivität sei demnach das fehlende Material, gefolgt von der Unkenntnis über passende Experimente, mangelnder Zeit und einer zu hohen Gefahreinschätzung. (Machart, 2020)

Auf Grundlage dieser gewonnenen Daten entwickelte Herr Dr. Peter Machart mit Unterstützung der überparteilichen Plattform gegen Atomgefahren Salzburg (PLAGE) 2020 einen Koffer mit Versuchsmaterialien für den Schulkontext zur Radioaktivität. Seit 2022 wurde das Angebot erweitert und nun steht Lehrkräften ein zweiter Koffer mit Schülerversuchen kostenfrei zur Verfügung. (Machart, 2022a)

Dieser überarbeitete Koffer wurde vom Standort der PLAGE (Nonntaler Hauptstraße) ausgeliehen und getestet. Die Erfahrungen daraus wurden aus Schüler*innenperspektive gesammelt, reflektiert und diskutiert. Dem folgt ein Erfahrungsbericht von Seiten der Lehrperson und ein abschließendes Fazit.

2. Informationen zur Durchführung

Die Versuchsmaterialien standen der Salzburger Lehrkraft im November 2022 für drei Wochen zur Verfügung. In diesem Zeitraum führten zwei Klassen der 10. Schulstufe, mit je zwei

Wochenstunden Physik, Experimente mit diesem Versuchskoffer durch. Insgesamt experimentierten 50 Schüler*innen mit den Materialien. Der Koffer beinhaltet insgesamt zehn Versuche, doch aufgrund der zeitlichen Begrenztheit wurden in beiden Klassen folgende sechs der zehn Versuche durchgeführt:

- Versuch 1 - Ermittlung der Hintergrundstrahlung
- Versuch 1a - Ermittlung der Hintergrundstrahlung SCHÜLER
- Versuch 3a - Natürliche radioaktive Stoffe
- Versuch 4 - Abstandsmessung
- Versuch 5a - Abschirmungsversuch
- Versuch 5b - Wird ein bestrahlter Körper selbst radioaktiv?

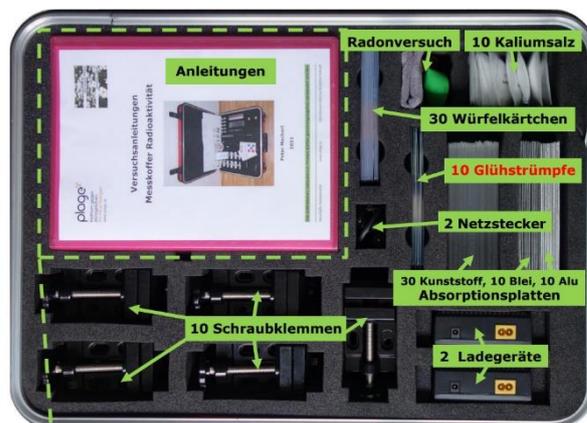


Abb. 1: Übersicht Messkoffer - Quelle: Versuchsanleitungen zum Messkoffer

3. Methode und Stammdaten

Für die Schüler*innenperspektive wurde mit den anwesenden Schüler*innen eine quantitative Studie durchgeführt. Die Durchführung war freiwillig und 45 der 50 Schüler*innen haben den zugehörigen Fragebogen bearbeitet. Von diesen 45 Schüler*innen war die überwiegende

Mehrheit (37) männlich. Des Weiteren nahmen vier weibliche Schülerinnen an der Studie teil und vier weitere Personen machten keine Angabe zu ihrem Geschlecht. 39 der 45 teilnehmenden Schüler*innen war zwischen 13 und 14 Jahren alt und vier weitere zwischen 15 und 16 Jahren. Die zwei verbliebenen Schüler*innen machten keine Angaben bezüglich ihrer Alter.

Neun der Fragen waren Matrixfragen, welche durch fünf Ausprägungen gekreuzt werden konnten: „Stimme überhaupt nicht zu“, „Stimme nicht zu“, „Stimme weder zu noch lehne ich ab“, „Stimme zu“ und „Stimme voll und ganz zu“. Um der Tendenz zur Mitte entgegenzuwirken, gab es auch eine sechste Option „weiß nicht“ anzukreuzen. Die letzten drei Fragen hatten ein offenes Antwortformat.

Die Erfahrungen aus Lehrersicht sind eine Zusammenfassung der Notizen, welche während dem Arbeiten mit dem Koffer entstanden sind. Die Lehrkraft ist männlich, zwischen 25 und 30 Jahren alt und unterrichtet MINT-Fächer.

4. Ergebnisse der Schüler*innenbefragung

Aufgrund der geringen Schülerinnenzahl war es nicht sinnvoll, jene Daten der männlichen und weiblichen Schüler gegenüberzustellen. Selbiges gilt für die Schüler*innen, die älter als 14 Jahre sind.

Die erste Frage thematisierte die Bedeutung von selbstständigem Experimentieren im Physikunterricht. Alle Schüler*innen stimmten der Aussage (voll und ganz) zu, dass Experimentieren von zentraler Bedeutung sei. Eine Person kreuzte an, es nicht zu wissen. Dieselbe Einstimmigkeit zeigten die Schüler*innen bei der darauffolgenden Frage, ob ihnen das Arbeiten mit dem Versuchskoffer gefiel. Von den 45 Schüler*innen gaben 28 der Aussage ihre volle Zustimmung, dass ihnen das Arbeiten Spaß machte. Die beiden folgenden Fragen untersuchten den langfristigen Einfluss der Versuche betreffend der gewonnenen physikalischen Erkenntnisse und Erfahrungen, welche im Zuge des Arbeitens gesammelt werden konnten. Zu dieser Frage gab es eine größere Antwortbreite, mit einer deutlichen Gewichtung auf der Seite der zustimmenden Antwortmöglichkeiten. Circa 80% der Schüler*innen stimmten der Aussage (voll und ganz) zu, langfristige physikalische Erkenntnisse gewonnen zu haben. Davon stimmten 23 Schüler*innen der Aussage nicht voll und ganz zu. Ähnlich kreuzten die Schüler*innen die Frage zu den gesammelten Erfahrungen.

Die fünfte Frage thematisierte die Anleitungen der einzelnen Versuche. Hier galt es folgende

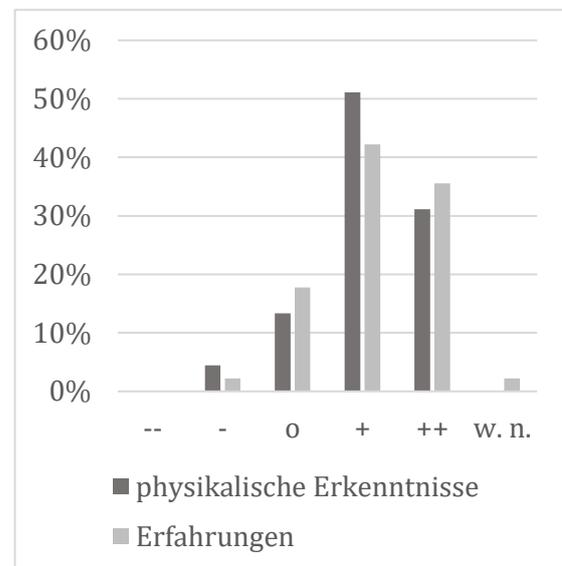


Abb. 2: Zustimmung zu den Aussagen „Ich konnte physikalische Erkenntnisse gewinnen/ Erfahrungen sammeln, welche ich langfristig in Erinnerung behalten werde.“

Aussage zu bewerten: „Die einzelnen Versuchsanleitungen waren verständlich, schlüssig und übersichtlich verfasst.“ Auch dieser Aussage konnten 80% der Schüler*innen zustimmen, wobei davon die Hälfte der Schüler*innen der Aussage voll und ganz zustimmten. Zwei der Schüler*innen stimmten der Aussage überhaupt nicht zu.

Der nächste Abschnitt erfragte die zeitlichen Vorgaben und die Durchführbarkeit der Versuche. Ca 90% der Schüler*innen empfanden den zeitlichen Rahmen bei den jeweiligen Versuchen als angemessen, wobei die Mehrheit (26 Schüler*innen) der Aussage voll und ganz zustimmte. Sechs Schüler*innen stimmten der Aussage weder zu, noch lehnten sie die Aussage ab.

Der Frage nach der problemlosen Durchführung der Versuche konnten über 80% ihre Zustimmung geben und eine Person stimmte der Aussage nicht zu. Der Rest stimmte weder zu, noch lehnte die Aussage ab oder kreuzte an, keine Antwort auf diese Frage geben zu können.

Wiederum sehr große Einigkeit herrschte über die Frage, ob die Materialien gut und umfangreich aufgearbeitet gewesen seien. Ausgenommen einer Person stimmten alle der Aussage zu, dass dies der Fall war.

Die abschließende Aussage, dass die Schüler*innen den Versuchskoffer für den schulischen Physikunterricht weiterempfehlen würden, fand ebenfalls breite Zustimmung. 34 der Schüler*innen stimmten dem voll und ganz zu, neun weitere stimmten zu, eine Person kreuzte „stimme

	--	-	0	+	++	w. n.
Ich bin der Meinung, dass selbstständiges Experimentieren von zentraler Bedeutung im Physikunterricht ist.	0	0	0	7	37	1
Das Arbeiten mit dem Messkoffer hat mir Spaß gemacht.	0	0	0	17	28	0
Ich konnte physikalische Erkenntnisse gewinnen, welche ich langfristig in Erinnerung behalten werde.	0	2	6	23	14	0
Ich konnte Erfahrungen sammeln, welche ich langfristig in Erinnerung behalten werde.	0	1	8	19	16	1
Die einzelnen Versuchsanleitungen waren verständlich, schlüssig und übersichtlich verfasst.	2	0	6	18	19	0
Die zeitliche Vorgabe für die einzelnen Versuche war angemessen.	0	0	5	14	26	0
Die Durchführung der Versuche funktionierte problemlos.	0	1	6	19	18	1
Die Materialien waren umfangreich und gut aufarbeitet.	0	0	1	20	24	0
Ich würde die Verwendung des Messkoffers im schulischen Physikunterricht weiterempfehlen.	0	0	1	9	34	1

Tab. 1: Absolute Häufigkeiten der gekreuzten Antworten zu den einzelnen Matrixfragen aus der durchgeführten Erhebung, bei einer Stichprobengröße von 45 Schüler*innen

weder zu noch lehne ich ab“ und wiederum eine gab an es nicht zu wissen.

Im Anschluss an die Matrixfragen folgten drei offene Fragen. Diese lauteten wie folgt:

- Konkret zu diesem Versuch ist mir Folgendes aufgefallen:
- Das würde ich mir noch wünschen:
- Das möchte ich abschließend noch sagen:

Konkret zu den einzelnen Versuchen ist eine*r Schüler*in aufgefallen, dass einigen die Umrechnung zwischen der Einheit Sievert und registrierten Impulsen pro Minute nicht klar war. Weitere Kommentare bezogen sich mehrheitlich auf allgemeine Eindrücke wie: „Es war cool und hat Spaß gemacht“ oder: „Es war sehr interessant“. Eine Rückmeldung war, dass Radioaktivität böse sei.

Auf die zweite Frage, was noch wünschenswert gewesen wäre, fiel am häufigsten die Antwort „mehr Experimente“ (5 Nennungen), gefolgt von einer größeren Auswahl an radioaktiven Materialien (4 Nennungen). Drei der Schüler*innen äußerten den Wunsch eine Atombombe bauen zu wollen.

Von den 45 Schüler*innen nutzen 20 die Gelegenheit, abschließend etwas zu sagen. Alle Antworten waren positiv und drückten Lob, Dank oder Freude aus. Dabei formulierten sie ihre Gedanken durch folgende Adjektive: „spaßig, cool, super, lustig, spannend, toll, ziemlich/sehr gut,

interessant, amüsant“. Eine Person fügte zu ihrem Dank die Empfehlung an, dem Messkoffer eine größere Auswahl an radioaktiven Elementen beizufügen.

Die Schüler*innenantworten auf das offene Frageformat sind im Einzelnen dem Anhang zu entnehmen, welcher auf der Webseite Delta Phi B aufrufbar ist.

5. Diskussion

Aus den ausgearbeiteten Fragebögen ist zu entnehmen, dass ausnahmslos alle Schüler*innen Spaß am Arbeiten mit dem Messkoffer hatten. Dies ist ein sehr erfreuliches Ergebnis, da die Motivation und das Interesse einer der Hauptprädiktoren für gute Leistung sind. (Brandt, 2005) Bezogen auf die Durchführbarkeit und den zeitlichen Rahmen für die einzelnen Versuche waren die Antworten sehr positiv. Jedoch stimmten zwei der Schüler*innen der Aussage überhaupt nicht zu, dass die einzelnen Versuchsanleitungen verständlich, schlüssig und übersichtlich verfasst waren. Dies kann unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass bei den Versuchen 4 und 5 nicht klar war, in welcher Einheit die Messungen angegeben werden sollen. Des Weiteren wurde im Skript auf einen Versuch 6 hingewiesen, welcher jedoch nie von der Klasse bearbeitet wurde.

Bezogen auf die erste offene Frage ist unklar, ob die Aussage „Radioaktivität ist böse“ als Scherz gedacht war, oder nicht. Falls diese Aussage

ernst gemeint wäre, entspräche sie der Vorstellung vieler Schüler*innen, wie aus einigen Studien hervorgeht. (Neumann & Hopf, 2012)

Es wäre aber in Anbetracht mancher Antworten auf die zweite Frage des offenen Frageformats durchaus möglich, dass es sich lediglich um eine Spaßantwort handelt. Auch wenn das Interesse an der Funktionsweise von Kernwaffen bei den Schüler*innen erfahrungsgemäß groß ist, würden die wenigsten Schüler*innen den Bau einer Atombombe im Physikunterricht ernsthaft in Erwägung ziehen. Um zu erforschen, ob sich im Zuge des Arbeitens auch Fehlvorstellungen bei Schüler*innen eingepreßt haben, wäre die Durchführung einer weiteren Studie dahingehend sinnvoll.

6. Erfahrungsbericht der Lehrperson

6.1. Allgemeine Hinweise zur praktischen Durchführung

Bevor der Versuchskoffer im Unterricht eingesetzt werden kann, ist es wichtig, in der Klasse klare Regeln aufzustellen und diese zu kommunizieren.

Das zentrale Augenmerk lag in diesen beiden Klassen auf einem achtsamen Umgang mit den bereitgestellten Materialien. Die Konsequenz eines achtlosen Umgangs war ein sofortiger Ausschluss aus den Experimenten. Diese Konsequenz musste im abgehaltenen Unterricht nur einmal ergriffen werden. Die Wertschätzung von Seiten der Schüler*innen war umso größer, nachdem ihnen mitgeteilt wurde, dass Schüler*innenversuche zum Thema Radioaktivität in der Regel sehr selten durchgeführt werden.

Das Begleitheft für die Schüler*innen (Machart, 2022b) umfasst 20 Seiten in der derzeitigen Fassung (Stand: Februar 2023). Aus Gründen der Übersichtlichkeit empfiehlt die Lehrkraft im Vorhinein eine Auswahl zu treffen, welche Versuche im Unterricht bearbeitet werden sollen. Die Versuchsanleitung sollte dann auf die ausgewählten Seiten gekürzt werden. Im Unterricht der beiden Klassen, reduzierte sich das Skript dadurch von 20 auf 8 Seiten. Um die Schüler*innen anzuhalten die Arbeitsblätter gewissenhaft zu lösen, können die Arbeitsblätter nach Abschluss des Projekts „Messkoffer“ eingesammelt und bepunktet werden.

Des Weiteren gilt es von der Lehrperson abzuwägen, wie das Arbeiten mit radioaktiven Proben vermittelt werden soll. Grundsätzlich ist es aus der Erfahrung der Lehrkraft zielführend einen Mittelweg zu finden, Schüler*innen Respekt, jedoch keine Angst im Umgang mit diesen Proben zu lehren. Auf welcher Seite die Betonung in

der Praxis liegt sollte von den Schüler*innen in den jeweiligen Klassen abhängig gemacht werden.

6.2. Vorbereitung

Es wird empfohlen vor dem Arbeiten mit den Versuchsmaterialien die drei ionisierende Strahlungsarten Alpha- Beta und Gammastrahlung im Unterricht zu behandeln. Andernfalls ist es schwierig zu verstehen, was eigentlich mit den Geiger-Müller-Zählern gemessen wird und wie dieser funktioniert. Des Weiteren ist es wiederum sinnvoll, diese theoretische Grundlage vor Beginn des Arbeitens mit dem Koffer zu schaffen und nicht währenddessen, da der Koffer für gewöhnlich nur für eine begrenzte Zeit zur Verfügung steht. Dabei empfiehlt es sich, zum Entgegenwirken falscher Schüler*innenvorstellungen, Alpha- und Beta-Strahlung separat von Gamma-Strahlung einzuführen und den Begriff „radioaktive Strahlung“ gänzlich zu vermeiden. (Machart, 2020)

Vor Allem in der Sekundarstufe 1. ist es aus Sicht der Lehrkraft sinnvoll, zunächst Massenzahl und Ordnungszahl zu wiederholen. Dies ist wertvoll, um darauf aufbauend zu verstehen, inwiefern sich durch den Alpha- und Betazerfall das Element ändert. Als anschließende Übung eignet sich das Vervollständigen einer lückenhaften Zerfallsreihe von Uran 238 zu Blei eignen. Auf diese Weise festigen Schüler*innen ihr Wissen zu den genannten Zerfallsarten, üben das Lesen des Periodensystems und lernen einige radioaktiven Elemente und eine Zerfallsreihe kennen. Im Anschluss daran ist es sinnvoll, im Kontext von bekannten elektromagnetischen Wellen, wie das sichtbare Licht, die Gammastrahlung einzuführen. Ist dieser Grundstein gelegt, kann die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs erklärt und die Einheit Sievert reflektiert werden. Um diese Grundlage zu legen, empfiehlt es sich, etwa vier Einheiten einzuplanen. In der Sekundarstufe 2 wird vermutlich eine Stunde zur Wiederholung des genannten Inhalts ausreichen.

6.3. Versuche 1, 1a & 3a

Der Versuch 1 beginnt mit einem einleitenden, informativen Text zur Radioaktivität. Dem folgt der Auftrag, mit dem Geigerzähler die Hintergrundstrahlung an einem Ort zu messen. Dieser Text eignet sich aus Sicht der Lehrkraft gut als theoretische Grundlage und als zielführende Wiederholung. Der Versuch, die Hintergrundstrahlung an einem Ort zu messen, ist wiederum sinnvoll, um sich mit der Handhabung des

Geigerzählers vertraut zu machen. Eine ausführliche Anleitung dazu ist den beiden vorangehenden Seiten des Skripts zu entnehmen. (Machart, 2022b) In dem Unterricht der Lehrkraft hat es sich bewährt, die Geigerzähler nur jenen Gruppen auszuhändigen, welche einige Fragen über die Handhabung beantworten konnten. Auf diese Weise wurden die Schüler*innen angehalten die Anleitung sorgfältig zu lesen, bevor sie die Messgeräte ausgehändigt bekamen. Der Inhalt dieses Versuchs füllt jedoch nicht die volle Unterrichtsstunde.

Im Versuch 1a werden Schüler*innen aufgefordert die Hintergrundstrahlung an fünf verschiedenen Orten (Physiksaal, Gang, im Freien, etc.) zu messen und diese Messungen je drei Mal zu wiederholen. Da die Schüler*innen bereits mit dem Umgang der Geigerzähler vertraut waren, war der Auftrag in einer Unterrichtsstunde gut umsetzbar. Aus Zeitgründen wurde der Versuch 3a vorgezogen und einzelnen Schüler*innengruppen wurde Kaliumsalz ausgeteilt. Auf diese Weise erfahren Schüler*innen, dass radioaktive Isotope auch in unsren Lebensmitteln zu finden sind. In dem Unterricht der Lehrkraft hat es sich bewährt die Ergebnisse im Anschluss im Plenum zu sammeln und zu reflektieren. Diese Reflexion ist auch aus Sicht des Entwicklers des Koffers sehr wichtig, um dem Einprägen von Fehlvorstellungen entgegenzuwirken. (Machart, 2022a)



Abb. 3: Versuch 3a (Natürliche radioaktive Stoffe) - Quelle: *Versuchsanleitungen zum Messkoffer*

6.4. Versuche 4, 5a & 5b

Bei diesen drei Versuchen wird der Thorium-Glühstrumpf als radioaktive Probe erstmalig eingesetzt. Falls sich beim Arbeiten in den vorangegangenen Stunden gezeigt haben sollte, dass die Schüler*innen Anweisungen der Lehrperson ignoriert haben oder achtlos mit den Materialien umgegangen sind, empfiehlt die Lehrkraft das Experimentieren mit dem Versuchskoffer an

dieser Stelle zu beenden. Die radioaktive Probe hat eine so geringe Strahlungs-dosis, dass sie nicht meldepflichtig ist, aber dennoch eine welche hoch genug ist, um sinnvolle Messungen durchführen zu können. (Machart, 2022a)

Bevor damit gearbeitet wird, empfiehlt die Lehrkraft stark eine Wiederholung der Sicherheitsbestimmungen. In dem besagten Unterricht entschied sie sich für folgende zwei Sicherheitsbestimmung:

- Glühstrumpf stets auf Abstand zu Kopf und Rumpf halten (eine Armlänge).
- Material nicht beschädigen (nicht knicken, schneiden, bemalen, etc.).

Ein Verstoß gegen einer dieser beiden Regeln führte im Unterricht zu einem sofortigen Ausschluss aus der Gruppe. Diese Person bekäme in diesem Fall den Auftrag, einen Text aus dem Buch abzuschreiben.

Des Weiteren hat es sich bewährt, die radioaktiven Proben nicht von den Schüler*innen gemeinsam mit anderen Materialien abholen zu lassen, sondern erst dann zu vergeben, wenn der Versuchsaufbau steht und klar ist, was zu tun ist. Auf diese Weise hat die Lehrperson die radioaktiven Proben besser im Blick und kann sich bei jeder Gruppe im Einzelnen vergewissern, dass der Aufbau richtig ist und der Arbeitsauftrag klar ist. Für den Abschirmversuch und zur Abstandsmessung wird die radioaktive Probe in einer Schraubklemme befestigt. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Schraubklemme nicht allzu fest zugezogen werden soll, damit die Probe durch das Klemmen nicht beschädigt wird.

Beim Versuch 4 zur Abstandsmessung ist das Messergebnis in „Impulsen pro Minute“ und zwei Mal zusätzlich in „Sievert/Stunde“ anzugeben. Dies verwirrte einige Schüler*innen und die Lehrkraft bekam häufig die Frage gestellt, wie diese Tabelle nun auszufüllen ist. Zudem war in der Tabelle der Hinweis auf einen Versuch 6, welcher gar nicht Teil ihres Skriptes war. Daher empfiehlt es sich aus Sicht der Lehrkraft, die Tabelle entweder nach eigenen Vorstellungen zu bearbeiten, oder im Vorhinein zu besprechen, falls der Versuch 6 aus dem Skript herausgenommen wurde.

Im Versuch 5a wird der Thorium Glühstrumpf mit Plastik-, Aluminium- und Bleiplatten abgeschirmt und die Strahlungsintensität gemessen. Bei der Bleiplatte gilt besondere Vorsicht, diese nicht zu verformen. Da dies aber aufgrund der leichten Biagsamkeit sehr verlockend ist, hat es sich im Unterricht bewährt eine „Ein-Hand-Regel“ für dieses Material festzulegen. Schüler*innen durften im Zuge des Experimentierens die

Bleiplatte stets nur mit einer Hand angreifen. Auf diese Weise wird der Versuchung entgegengewirkt, die Biegsamkeit des Materials auf die Probe zu stellen.



Abb. 4: Versuch 4 (Abstandsmessung) - Quelle: Versuchsanleitungen zum Messkoffer

7. Fazit

Nach Angabe der Schüler*innen hatten ausnahmslos alle Spaß am Arbeiten mit dem Messkoffer. Davon konnten über 80% physikalische Erkenntnisse erlangen, welche sie nach eigener Einschätzung nach langfristig begleiten werden. Ebenso viele konnten langfristige Erfahrungen sammeln. Aus diesen Rückmeldungen kann geschlossen werden, dass zu den vermittelten Lerninhalten auch die Motivation für das Unterrichtsfach Physik gesteigert wurde. Dies spiegelt sich auch in der Angabe von 95% der Schüler*innen wider, welche die Verwendung des Messkoffers im schulischen Physikunterricht weiterempfehlen würden. Die Schüler*innen hatten bei der Durchführung im Allgemeinen keine Probleme, jedoch empfiehlt es sich die Versuchsanleitungen für die Schüler*innenversuche je nach Kontext anzupassen. Ein Wunsch, welcher häufig von Schüler*innenseite genannt wurde, war jener, mehr unterschiedliche radioaktive Proben für die Experimente zur Verfügung gestellt zu bekommen. Bezogen auf sich manifestierende Fehlvorstellungen im Zuge des Experimentierens empfiehlt es sich eine weitere Studie durchzuführen.

Nach Angabe der Lehrkraft, welche den Koffer in zwei Klassen getestet hat, ist der Versuchskoffer sehr gut gelungen und weiterzuempfehlen. Die Materialien sind vielseitig und gut in Stand gehalten. Die Stückzahlen sind groß genug, um in Klassenstärke damit arbeiten zu können. Die

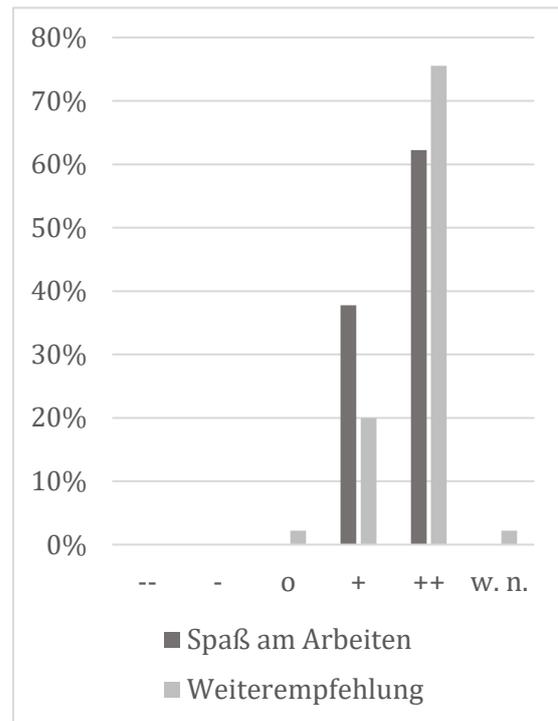


Abb. 5: Zustimmung zu den Aussagen "Das Arbeiten mit dem Messkoffer hat mir Spaß gemacht." und "Ich würde die Verwendung des Messkoffers im schulischen Physikunterricht weiterempfehlen."

Geigerzähler verlässlich und für den Schulgebrauch gut einsetzbar. Die Anleitungen sind für Lehrkräfte und Schüler*innen gleichermaßen gut verständlich. Die einzelnen Experimente bauen schlüssig aufeinander auf und sind jeweils gut in einer Unterrichtsstunde durchführbar. Somit dienen die Versuche aus Sicht der Lehrkraft sehr gut dazu, um ein solides Verständnis für Radioaktivität zu entwickeln und insbesondere Überlegungen zum Strahlenschutz zu verstehen und zu verinnerlichen.

8. Danksagung

Ich möchte allen Mitarbeiter*innen von PLAGE, allen voran Dr. Peter Machart für die Bereitstellung des Versuchskoffers danken, aber auch für die Zurverfügungstellung einiger Unterlagen. Auch möchte ich Assoz.Prof. Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Phys. Alexander Strahl danken, für die freundliche und instruktive Betreuung.

9. Literatur

- Brandt, A., 2005. *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentlabors*. s.l.:Cuviller Verlag Göttingen.
- Machart, P., 2020. *Radioaktivität an Salzburger Schulen*. Salzburg: Paris-Lodron-Universität Salzburg.
- Machart, P., 2022a. *Hintergrundinformationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Messkoffer Radioaktivität*.

Begleitheft. Salzburg: Plattform gegen Atomgefahren (PLAGE).

Machart, P., 2022b. *Versuchsanleitungen zum Messkoffer Radioaktivität*. Salzburg: Plattform gegen Atomgefahren (PLAGE).

Neumann, S. & Hopf, M., 2012. Students' Conceptions About 'Radiation': Results from an Explorative Interview Study of 9th Grade Students. *Journal of Science Education and Technology* (21), DOI: 10.1007/s10956-012-9369-9.