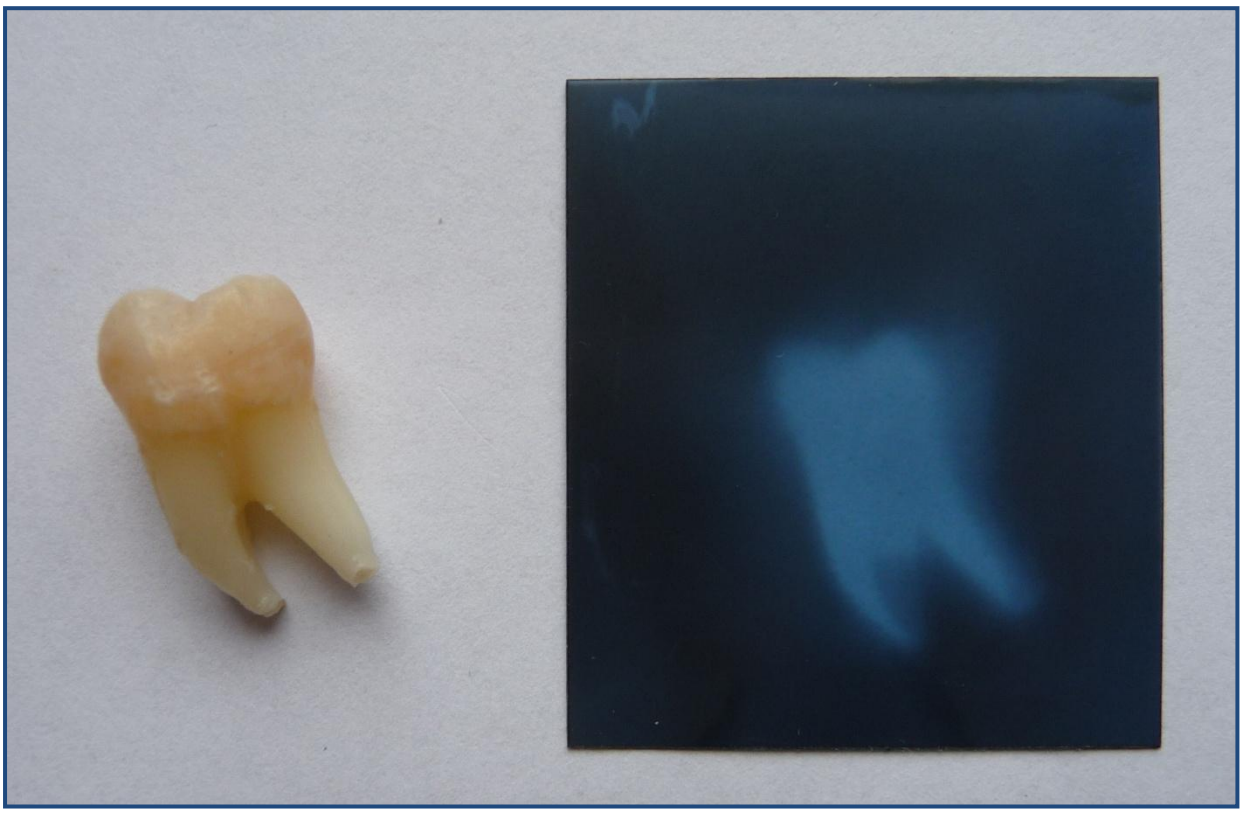
Fake Check und

das originellste Röntgengerät der Welt



Schüler experimentieren 2011

Lukas Trippe und Leon Heinen

St. Michael-Gymnasium Bad Münstereifel

Inhaltsverzeichnis:

1. Kurzfassung
2. Popcorn-Versuch
3. Handy-Röntgengerät
4. Röntgen mit Tesafilm
   4.1 Erste Versuche mit Fischertechnik
   4.2 Vakuumprobleme
   4.3 Wie kann man Röntgenstrahlung sichtbar machen?
   4.4 Theorie zur Entstehung der Röntgenstrahlung
   4.5 Charakterisierung der Röntgenstrahlen
   4.6 Schutzmaßnahmen
   4.7 Röntgenfilm
   4.8 Hin- und herrollen von Scotch-Tape
5. Sicherheit
6. Ausblick
7. Danksagung
8. Literatur- und Linkverzeichnis

1. Kurzfassung

Wir haben im Internet Videos gesehen, die spannende physikalische Versuche zeigen. Oft haben wir uns gefragt, ob dort wirklich alles mit rechten Dingen zu geht. Zum Beispiel haben wir ein Video gesehen, bei dem mit Handys Maiskörner zum poppen gebracht wurden. Experimentell zeigten wir, dass dieses Video eine Fälschung ist. Weiterhin haben wir einen Film gesehen, wo mit einem Handy eine Hand geröntgt wurde. Aber auch hier konnten wir zeigen, dass dies nicht funktioniert. In einem anderen Video wurde behauptet dass Röntgenstrahlung entstehen, wenn man Tesafilm im Vakuum abrollt. Diesen Versuch fanden wir so faszinierend, dass wir ihn in unserer Schule wiederholen und überprüfen wollten. Inzwischen haben wir es geschafft Röntgenstrahlung mit Tesafilm zu erzeugen, nachzuweisen und zu untersuchen.

2. Popcorn-Versuch

Im Internet haben wir auf You Tube ein Video[1] gesehen, in dem mit Handys Maiskörner gepoppt wurden. Da uns dies unglaubwürdig vorkam, haben wir den Versuch nachgestellt. Wir haben vier Handys um ein paar Maiskörner gelegt und gleichzeitig angerufen. Nachdem sich nach 30 Sekunden an den Körnern immer noch nichts getan hatte, konnten wir den Versuch als Fälschung entlarven. Mit Handys kann man kein Popcorn machen. Zwar gleichen sich die Frequenzen der Mobiltelefone und der Mikrowelle, allerdings reicht die Intensität der Strahlung bei Weitem nicht aus um die Maiskörner zu poppen.

Abb. 2.1: Unser Handyversuch verglichen mit dem You Tube Video

3. Handy-Röntgengerät

Nachdem wir den Popcorn-Versuch als Fälschung entlarven konnten, schauten wir uns im Internet ein Video an, in dem mit einer App für eine Handy-Kamera eine ganze Hand geröntgt wurde[2]. Ein paar von diesen Apps haben wir uns auf das Handy geladen und ausprobiert. Bei den meisten Apps handelte es sich lediglich um eine Falschfarbenaufnahme. Andere kostenlose Apps haben sogar Knochen angezeigt, allerdings zeigten diese immer noch das gleiche Bild an, wenn man die Hand gedreht hat. Damit war klar, dass es sich auch bei diesen Apps um Fälschungen handelt. Natürlich können diese Apps nicht funktionieren, denn eine Handy-Kamera kann im Gegensatz zu einer Röntgenkamera keine Röntgenstrahlung zeigen. Zudem existiert unter normalen Bedingungen nicht einmal annähernd genug Strahlung im Raum um damit eine Hand zu röntgen.

Abb. 3.1: Röntgenapp fürs Handy

4. Röntgen mit Tesafilm

Ein weiteres Video im Internet zeigt, wie im Vakuum mit Tesafilm freie Elektronen und durch die Elektronen Röntgenbremsstrahlung erzeugt wird[3]. Die Röntgenstrahlung wird im Video auf einem Röntgenfilm sichtbar gemacht.

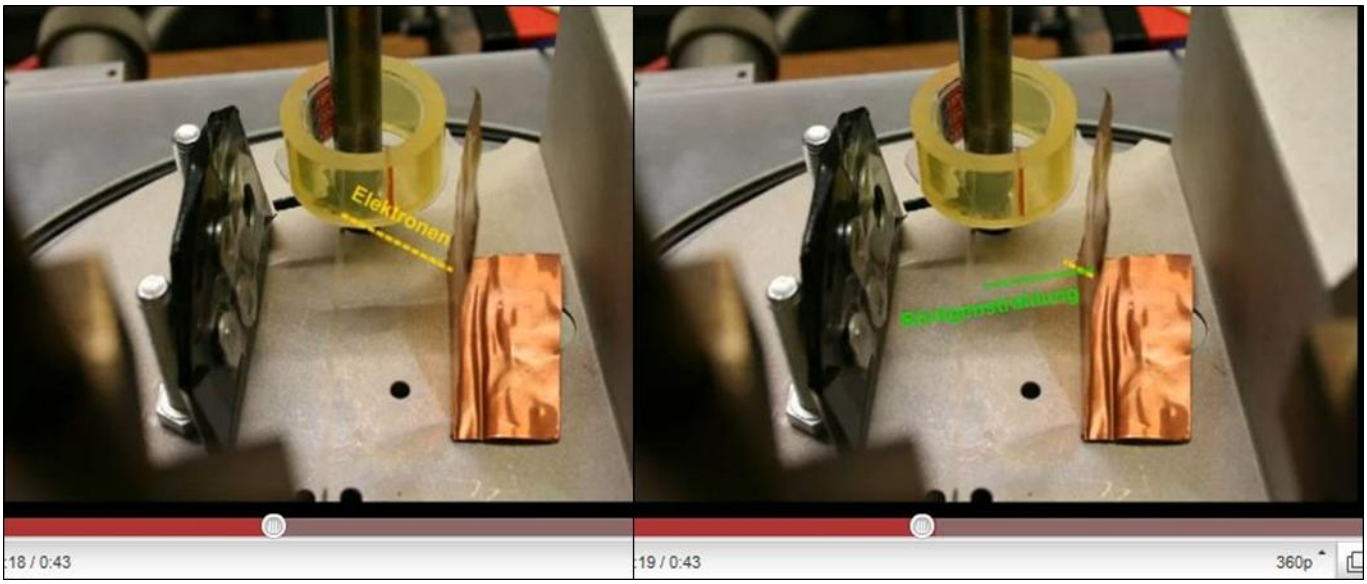


Abb. 4.1: Erzeugung von Röntgenstrahlung mit Tesafilm

Da uns dies sehr seltsam vorkam, entschieden wir uns dazu den Versuch in der Schule nachzuvollziehen.

4.1 Erste Versuche mit Fischertechnik

Zuerst brauchten wir eine Mechanik, die den Tesafilm im Vakuum abrollen sollte. Zunächst bauten wir mit Fischertechnik ein „Abrollmaschine“. Diese bestand aus einem Fischertechnik Elektromotor, einer Übersetzung mit Zahnrädern und einer Platine. Darüber sollte das Tesafilm gleichmäßig abgerollt werden. Diese Apparatur stellten wir unter eine Vakuumglocke und benutzten zuerst nur eine Vakuum-Handpumpe die aber nur einen nichtausreichenden Druck erzeugte. Wir sahen im Dunkeln keine Tribolumineszenz und konnten mit dem Geigerzähler auch keine erhöhte Strahlung feststellen. Wir vermuteten, dass der Druck im Inneren der Vakuumglocke noch zu groß war und so keine Röntgenstrahlung entstehen konnte. Deshalb entschlossen wir uns dazu unsere elektrische Vakuumpumpe aus der Physiksammlung zu benutzen.

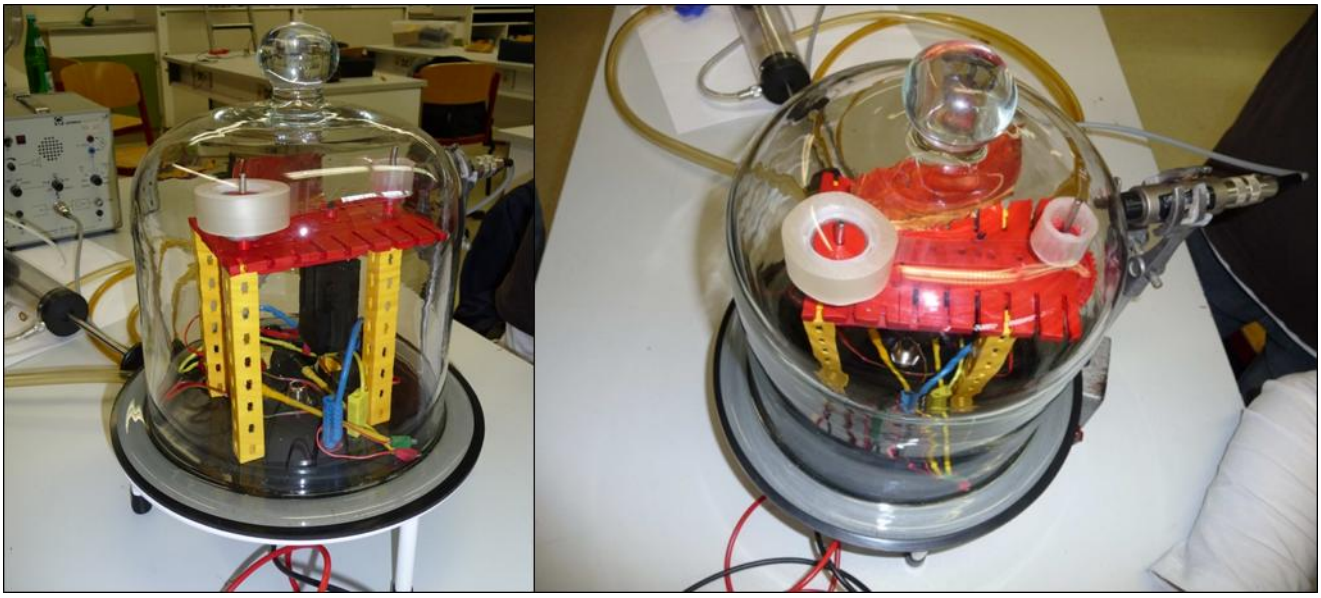


Abb. 4.2: Erster Aufbau einer Abrollapparatur aus Fischertechnik

4.2 Vakuumprobleme

Die elektrische Vakuumpumpe sorgt für ein deutlich verbessertes Vakuum. Mit einem Manometer konnten wir den geringsten Druck bei einigen mbar messen. Dies reichte noch immer nicht um Röntgenstrahlung zu erzeugen. Von der RWTH Aachen konnten wir uns eine Turbovakuumpumpe ausleihen, die den Druck in der Vakuumkammer bis auf Druck 10^{-8}mbar absenken kann. Als wir diese zunächst an unsere Vakuumglocke anschlossen, stellten wir fest, dass wir nur einen Unterdruck von 1 mbar erzeugen konnten. Wir vermuteten, dass dies an unserem undichten Vakuumteller lag. Wir untersuchten unseren alten Teller nochmal genau, um die Ursachen seiner Mängel festzustellen. Dabei entdeckten wir zwei Probleme. Zum einen dünstete das Plastik zu stark aus und zum andern war der Vakuumteller aufgrund der vielen Anschlüsse und mechanischen Übersetzungen zu undicht. Daher beschlossen wir einen neuen Vakuumteller mit Elektroanschlüssen zu bauen. Dieser sollte einen dichteren Anschluss haben. Wir haben zwei Zündkerzen in eine Metallplatte einbauen lassen, da diese elektrisch isoliert und dicht sind. Doch da die Metallplatte nicht abgeschliffen saß unsere Vakuumglocke nicht dicht auf. Also ließen wir einen neuen Vakuumteller anfertigen. Dieser hatte eine Nut um die Gummidichtung einzusetzen, damit diese nicht verrutscht. Außerdem wollten wir unseren Aufbau vereinfachen und weniger Kunststoff nutzen, damit weniger Material in die Kammer ausdunstet.

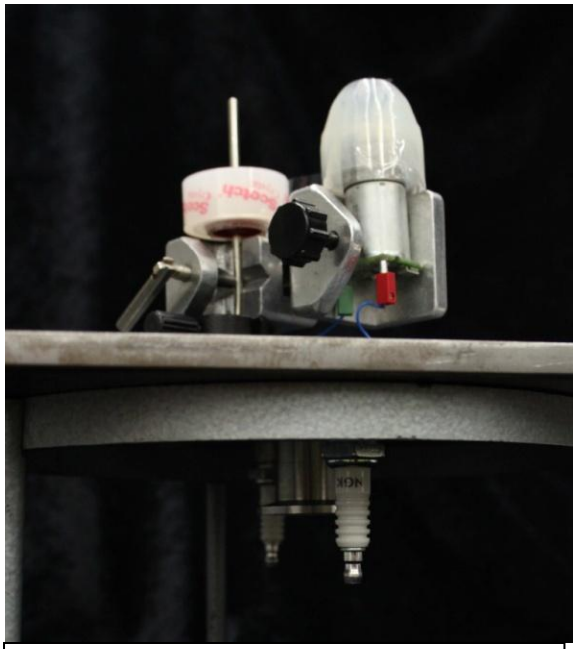


Abb. 4.3: Neuer Vakuumteller mit Zündkerzen

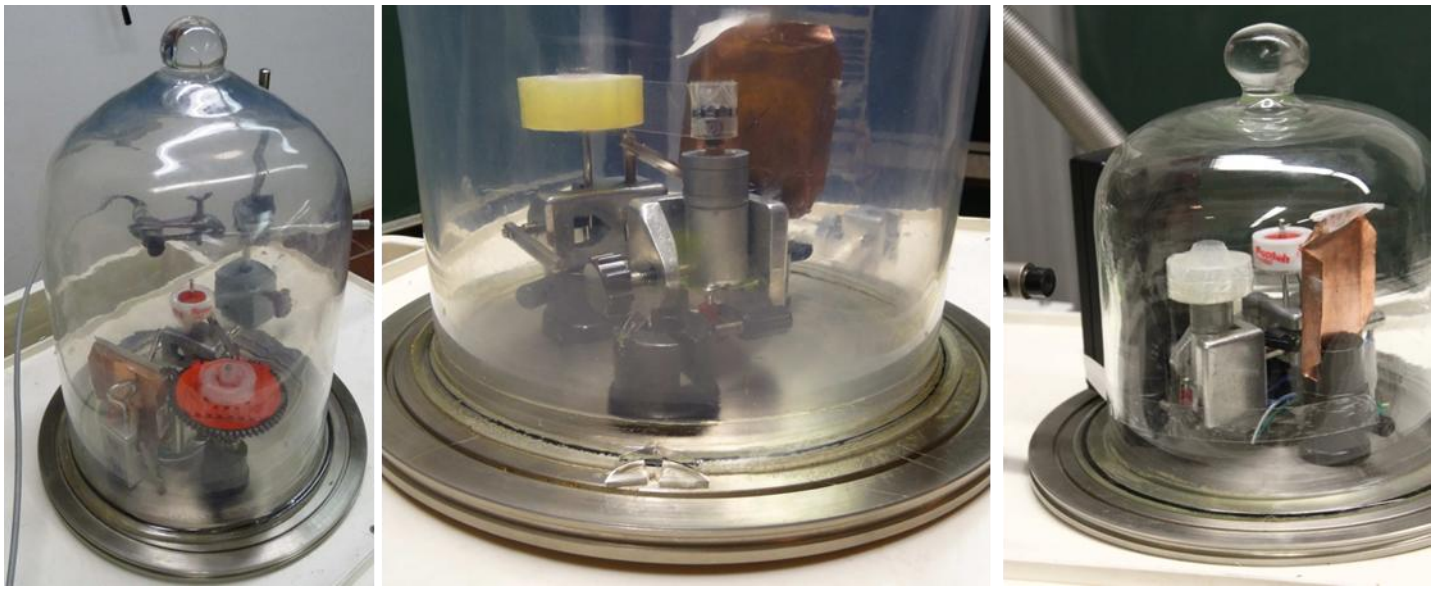


Abb. 4.4: Neuer Aufbau, kaputte Glocke, neue Vakuumglocke v.l.n.r

Mit der verbesserten Apparatur und dem guten Teller konnten wir ein für Röntgenstrahlung ausreichendes Vakuum erzeugen. Doch bei einem unserer Versuche splitterte ein kleines Stück Glas von der Vakuumglocke ab. Wir brachen den Versuch sofort ab, damit unsere Turbovakuumpumpe keinen Schaden nimmt. Die Ursache für den Schaden war vermutlich, dass die Vakuumglocke sehr alt war. Zum Glück hatten wir noch eine andere kleinere Glocke. Da diese ein paar Lufteinschlüsse im Glas hatte, waren wir zuerst skeptisch ob sie stabil genug ist. Da wir keine andere Möglichkeit hatten nutzten wir die neue Glocke, die sich dann als sehr gut erwies. Das Vakuum der neuen Glocke ist sogar etwas besser, da der Schliff hochwertiger ist.

4.3 Wie kann man Röntgenstrahlung sichtbar machen?

Mit dem sehr guten Vakuum konnten wir aber immer noch nichts messen. Wir setzten einen Elektronenschirm in die Glocke, weil wir nicht genau wussten wo die Elektronen auftreffen. Darauf konnte man nun endlich etwas erkennen! Durch das Abrollen des Klebebandes flogen zumindest Elektronen durch die Glocke

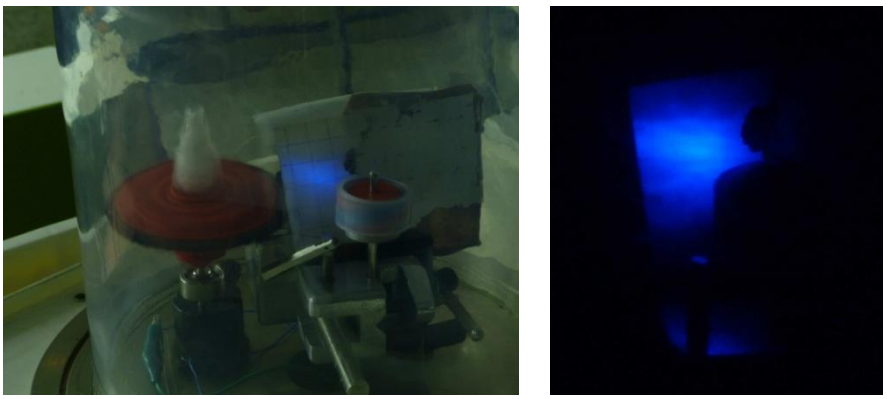


Abb. 4.5: Unser leuchtender Elektronenschirm

Abb. 4.6: Auch ein Röntgenschirm leuchtet beim Abrollen des Klebebandes

Auch auf einen Röntgenschirm konnten wir ein Leuchten erkennen. Handelte es sich dabei schon um Röntgenstrahlung? Um dies herauszufinden benutzten wir einen Geigerzähler und hörten ein lautes Knacken, sobald wir das Klebeband abrollten. Nun wussten wir, dass Röntgenstrahlung frei wird. Daraufhin untersuchten wir verschiedene Klebefilmsorten. Bei unseren Versuchen kam heraus, dass Scotch Crystal Klebeband überdurchschnittlich viel Strahlung erzeugt. Die Strahlung tritt dabei hauptsächlich vor der Rolle auf. Wenn man das Klebeband wieder zurückrollt ist die Intensität immer noch dieselbe wie beim ersten Abrollen.

4.4 Theorie zum Röntgen mit Tesafilm

Beim Abrollen von Tesafilm passiert ungefähr das gleiche wie bei dem Bandgenerator unserer Schule. Der Bandgenerator hat ein Gummiband, was an einem Metallkamm, der mit einem Gitter verbunden ist, vorbeifährt. Dabei werden Elektronen vom Gummiband entfernt und in das Gitter geleitet. Nach einer kurzen Zeit sind genug Elektronen im Gitter, so dass ein Blitz auf eine geerdete Kugel überspringt.

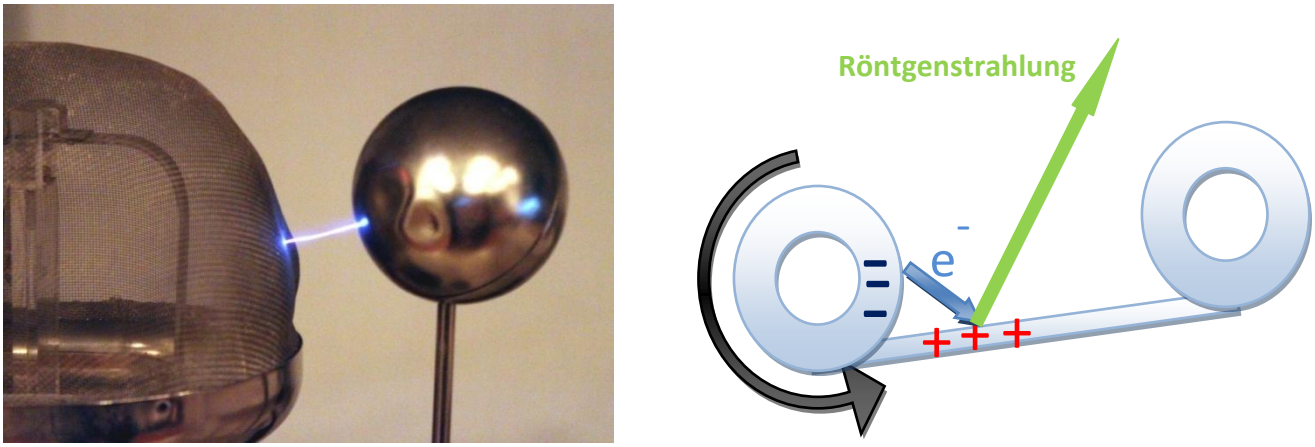
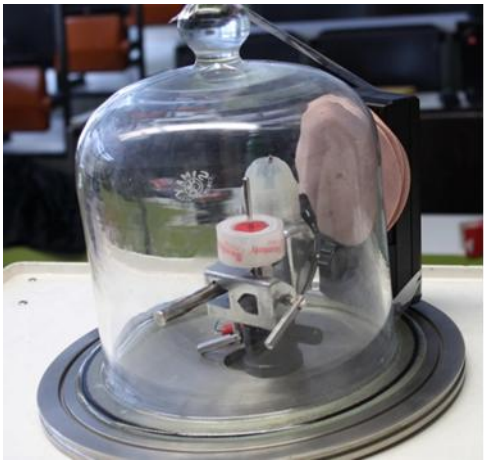


Abb. 4.7: Bandgenerator und Schema der Röntgenbremsstrahlung mit Tesafilm

Beim Abrollen des Tesafilms im Vakuum werden auch Elektronen vom Klebstoff entfernt und auf der Rückseite des Tesafilms angelagert. Wenn genug Elektronen vom Klebstoff entfernt wurden springt auch hier ein Blitz über. Wenn die Elektronen nun im Klebstoff einschlagen werden sie sehr stark abgebremst. Da geladene Teilchen strahlen wenn sie abgebremst werden, kann durch sehr starkes Abbremsen die sogenannte Röntgenbremsstrahlung erzeugt werden. Dies funktioniert aber nur bei einem sehr guten Vakuum, da die Elektronen sonst durch viele Zusammenstöße mit der Luft abgebremst werden.

4.5 Charakterisierung der Röntgenstrahlung

Nun, da wir Röntgenstrahlung erzeugen und sichtbar machen konnten, wollten wir sie genauer untersuchen. Als erstes bemerkten wir, dass auch Röntgenstrahlung auftritt, wenn kein Kupferblech in der Glocke war. Damit war klar, dass die Röntgenbremsstrahlung nicht nur wie im You Tube Video gezeigt am Kupfer entsteht sondern auch dicht am Tesafilm. Das You Tube Video wurde damit auch als „halber“ Fake entlarvt. Um herauszufinden wie gefährlich die Strahlung wirklich ist und ob sie durch einen Finger kommt, maßen wir die Eindringungstiefe der Strahlung mit Fleischwurst. Dazu kauften wir acht Fleischwurstscheiben und notierten die von Geigerzähler angezeigte Dosis in Abhängigkeit von der Anzahl der Scheiben zwischen Geigerzähler und Glocke.



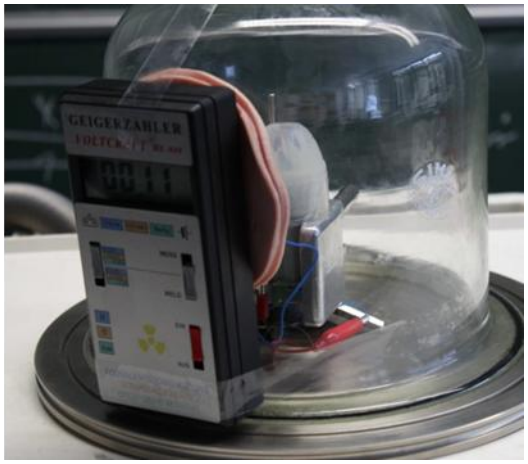
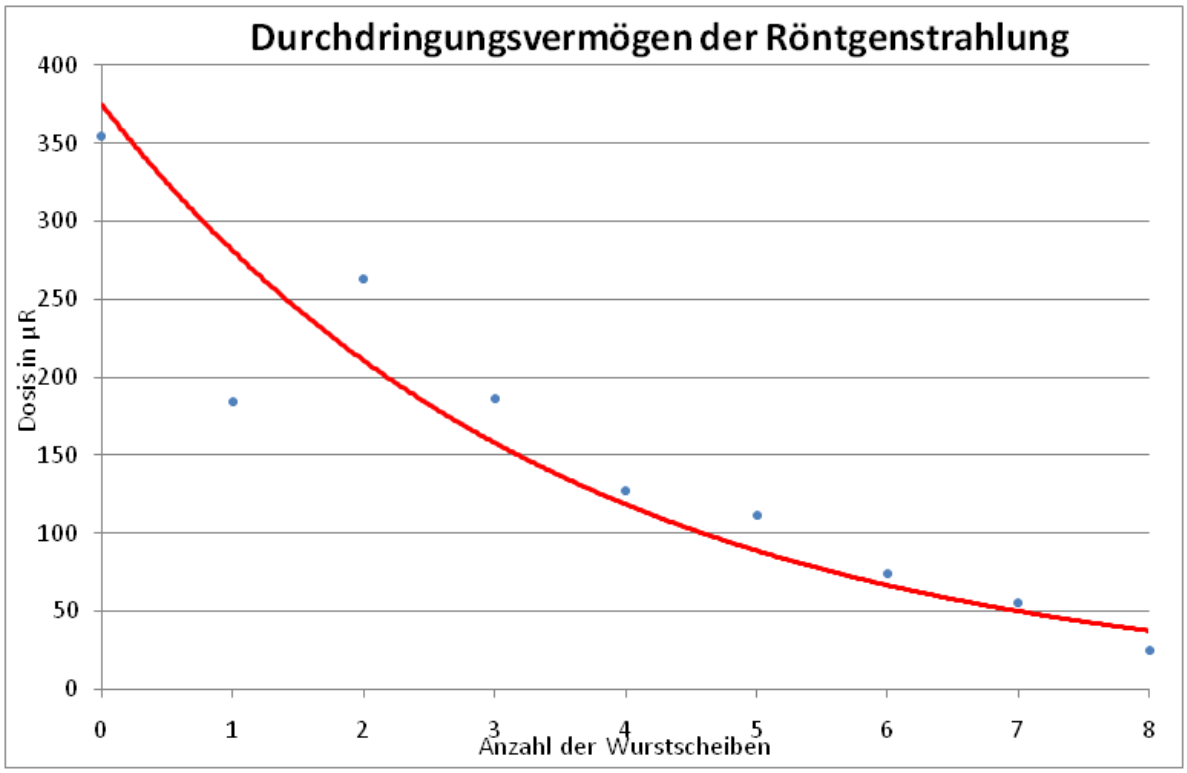


Abb. 4.8: Messung mit Fleischwurst

Um zu untersuchen wie genau die Röntgenstrahlung aussieht, haben wir mit unserem Lehrer zusammen einen Szintillationszähler und ein Oszilloskop benutzt. Dort konnte man erkennen, dass nur kurze Röntgenblitze auftraten (siehe Abb. 4.9). Dies macht ja auch Sinn, da beim Bandgenerator auch nur kurze Blitze auftraten. Außerdem war die Energie der Röntgenstrahlung nicht sehr hoch, man spricht von weicher Röntgenstrahlung.



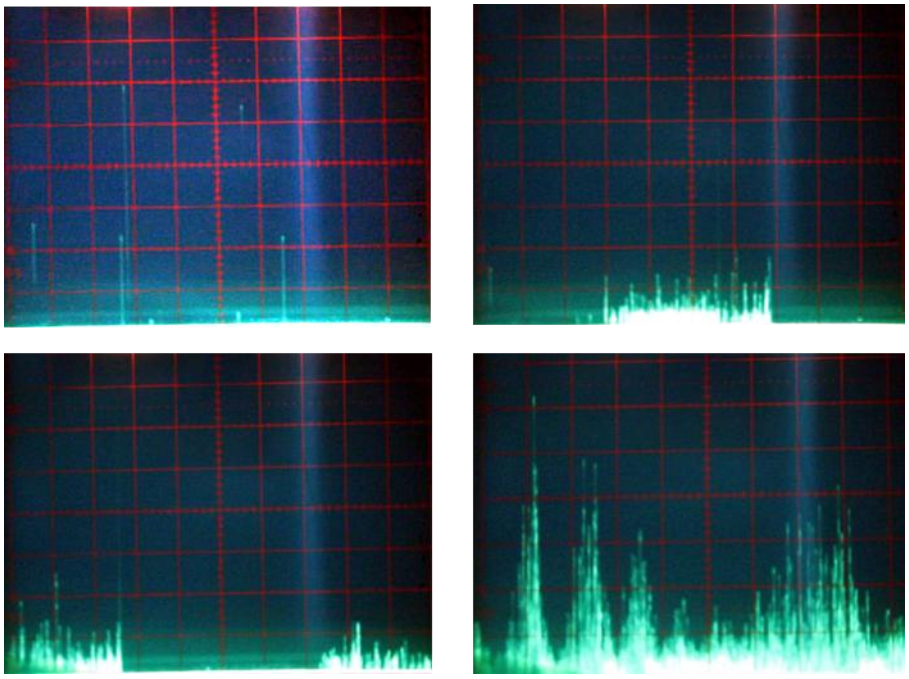


Abb. 4.9: Hintergrundstrahlung (l. o.) und Röntgenblitze aufgenommen mit Szintillationszähler und Oszilloskop

Anschließend untersuchten wir noch an welcher Stelle die höchste Intensität der Röntgenstrahlung zu verzeichnen war. Dazu fertigten wir eine Winkelskala an und trugen die an verschiedenen Winkeln gemessene Intensität gegen den Winkel auf.

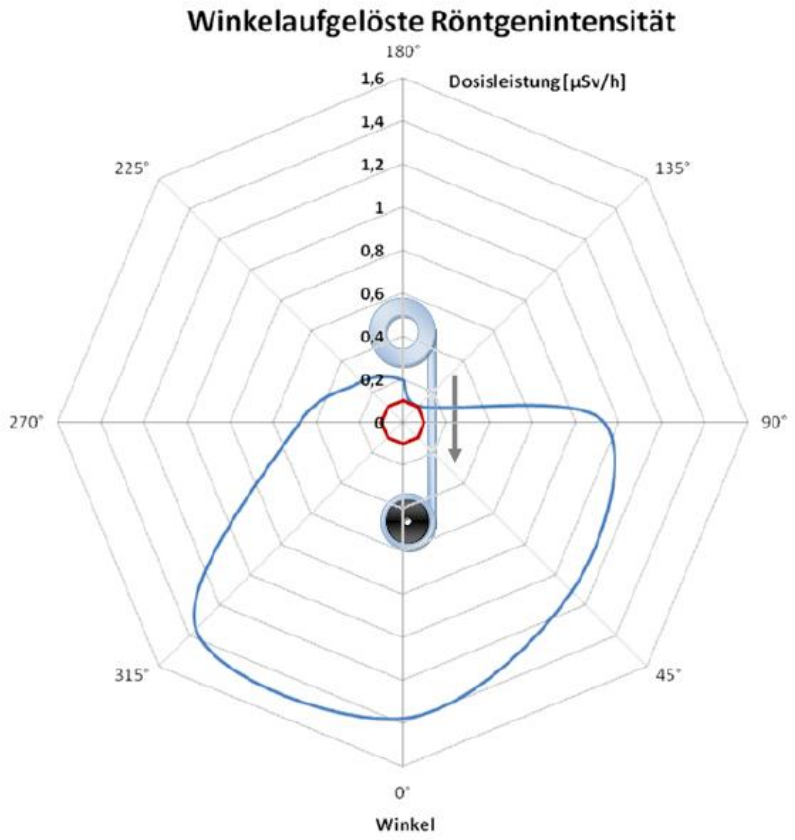


Abb. 4.10: Röntgenintensität in Abhängigkeit vom Winkel

4.6 Schutzmaßnahmen gegen Röntgenstrahlung

Dadurch, dass die Strahlung relativ gut durch die Fleischwurstscheiben durch gekommen ist, wurde es jetzt auch ein wenig gefährlich. Wir brauchten einen Schirm der die Strahlen aufhielt und gleichzeitig Glassplitter zurückhielt, falls die Glocke doch mal implodiert. Wir lösten dieses Problem mit einem Kochtopf aus Edelstahl und einer kleinen Holzerhöhung. Dieser konnte die Strahlen und die vielleicht entstehende Glassplitter aufhalten. Ein kleines Loch im Kochtopf soll dafür sorgen, dass der Geigerzähler auch noch etwas messen kann und man Filme belichten kann. Zur Überprüfung der Effektivität unseres Topfes maßen wir die Dosis außerhalb des Topfes mit einem Geigerzähler und stellten fest, dass keine Strahlung zu messen war.

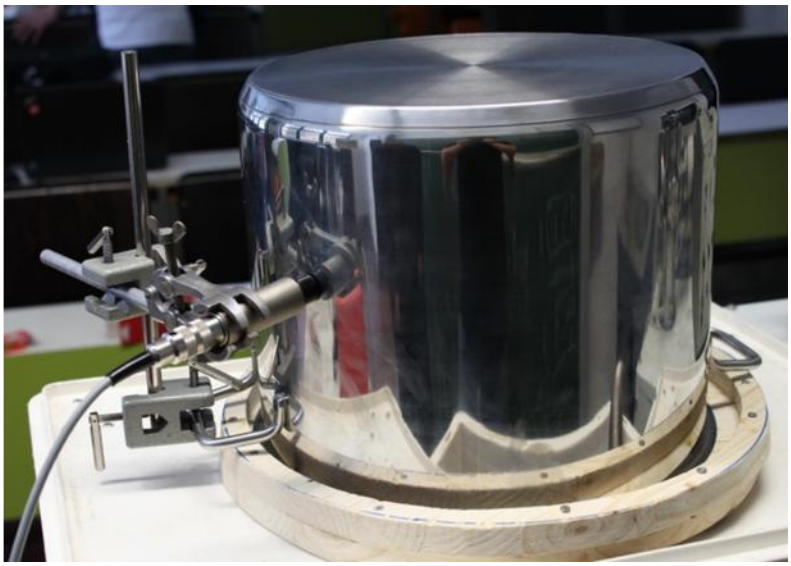


Abb. 4.11: Topf als Strahlen- und Splitterschutz

4.7 Röntgenfilm

Da wir jetzt Röntgenstrahlung hatten, konnten wir direkt damit anfangen erste Ergebnisse zu sammeln und schon mal Röntgenfilme zu belichten. Diese besorgten wir uns bei einem Zahnarzt in der Nähe der noch analog röntgt. Wir klebten die Filme von außen auf die Glocke und belichteten unsere Filme mit den folgenden Parametern

	Form des Gegenstandes	Druck in mbar	Belichtungszeit
1.	Unterlegscheibe	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	20 sek
2.	Blei in 2 Zacken	$7{,}5 \cdot 10^{-4}$	30 sek
3.	Blei in Form eines **H**	$7{,}3 \cdot 10^{-5}$	25 sek

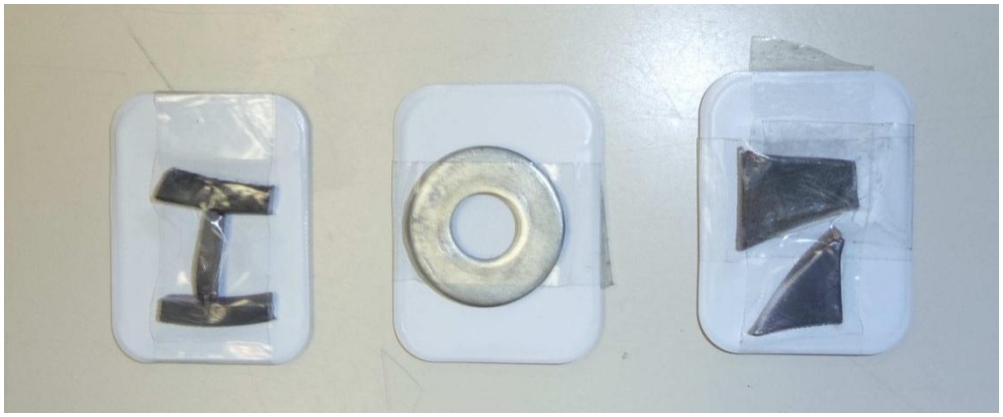


Abb. 4.12: Röntgenfilme mit verschiedenen Motiven

Doch auf allen belichteten Filmen konnte man nach der Entwicklung nichts erkennen. Wir erfuhren, dass man die Filme viel länger belichten sollte, mindestens eine Minute.

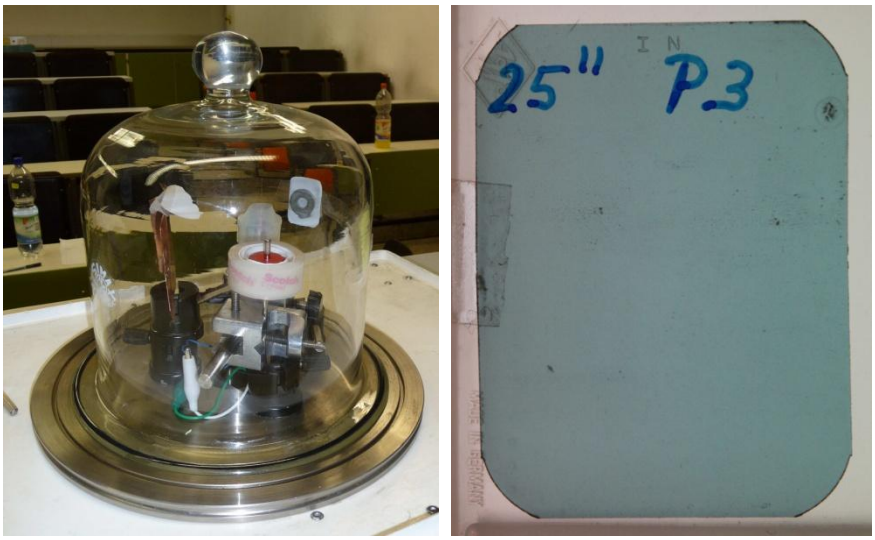


Abb. 4.13: Röntgenaufbau und entwickelter Film

Wir kauften eine Packung hochempfindlicher Röntgenfilme mit Entwickler um weitere Versuche durchzuführen. Aber auch mit ihnen konnten wir kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielen, wenn wir sie außen an die Glocke klebten. Deshalb klebten wir die Filme nun in die Vakuumglocke und belichteten viel länger, indem wir drei Rollen Tesafilm abrollten. Und tatsächlich konnten wir eine Unterlegscheibe und einen Zahn erfolgreich röntgen. Damit hatten wir unser Ziel, ein originelles Röntgengerät zu entwickeln, erreicht.

Abb. 4.14: Erste erfolgreiche Röntgenversuche

4.8 Hin- und herrollen von Scotch-Tape

Wir hielten es für unwahrscheinlich, dass das Scotch-Tape bereits nach einmaligem abrollen „verbraucht“ war, deshalb wollten wir experimentell herausfinden, ob man durch mehrmaliges hin- und herrollen von unserem Scotch-Tape Abpumpzeit und Ressourcen sparen kann. Dazu mussten wir unseren Aufbau so verändern, dass das Scotch Tape von zwei Fischertechnik-Motoren hin- und hergerollt werden konnte. Wir stellten also einen zweiten Fischertechnik-Motor in unsere Glocke und verwendeten die inneren Adern unserer BNC-Buchsen als Pluspole und die Äußeren als gemeinsamen Minuspol. Mit einem Umschalter konnten wir so die Rollrichtung unseres Scotch-Tapes bestimmen. Um zu kontrollieren, wann das Scotch-Tape komplett abgerollt ist, mussten wir unseren Topf jedoch weiter modifizieren. Wir schnitten den Boden des Topfes heraus und befestigten einen Knauf daran, so dass man ihn als Deckel benutzen kann, um ab und zu hineinzuschauen.

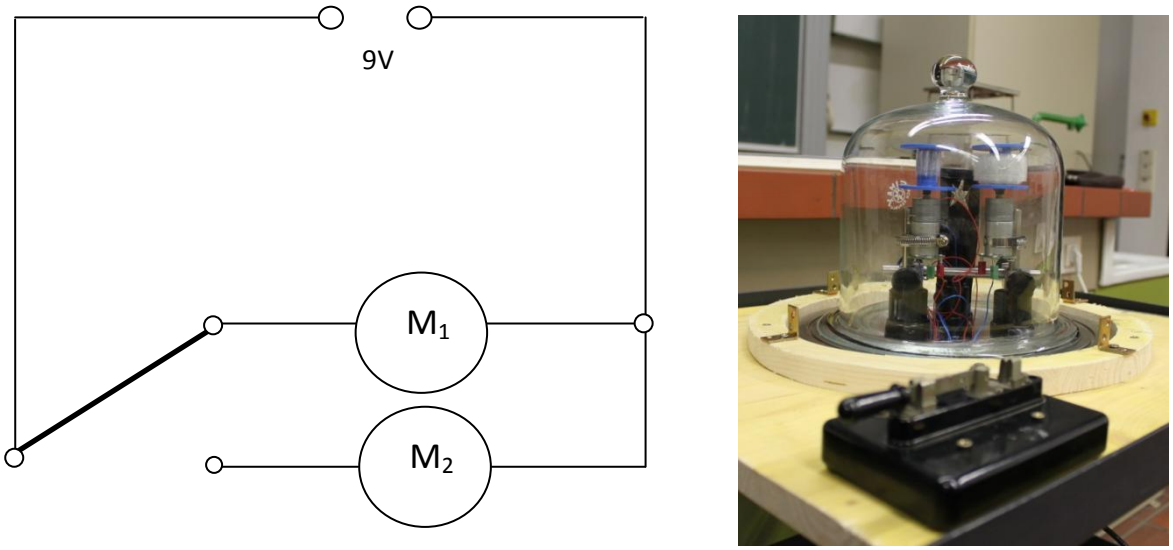


Abb. 4.15: Schaltplan der Hin- und Herschaltung und unser neuer Aufbau

Mit diesem neuen Aufbau konnten wir das Scotch-Tape nun auch mehrfach hin- und herrollen. Dabei stellten wir fest, dass die Röntgenintensität nach ca. fünfmaligem Abrollen deutlich zurückging. Wir gehen davon aus, dass dies daran liegt, dass der Klebstoff am Scotch-Tape im Vakuum ausdünstet und durch das Abrollen inhomogen verteilt wird. Allerdings sorgt diese Verbesserung unseres experimentellen Aufbaus dafür, dass wir nun mit nur einer Rolle Scotch-Tape einen Röntgenfilm belichten können.

Abb. 4.16: Röntgenbild eines mit nur einer Rolle Scotch-Tape belichteten Sterns

5. Sicherheit

Welche zusätzliche Strahlenbelastung erfahren wir durch unsere Experimente?

1. Messung der natürlichen Strahlenbelastung im Physikraum (Nulleffekt)

Mittelwert aus fünf Messungen: $\dot{H}$ **= 0,128 µSv/h** → $\dot{H}$ = 0,128·24·365 µSv/a = 1,12 mSv/a

2. Messung der Scotch-Tape-Röntgenstrahlung im 70 cm Abstand

Mittelwert aus fünf Messungen: $\dot{H}$ = 0,402 µSv/h

Um unsere zusätzliche Strahlungsbelastung zu erhalten, muss von diesem Mittelwert nun der Nulleffekt abgezogen werden.

$\dot{H}$ = 0,402 µSv/h - 0,128 µSv/h = 0,274 µSv/h

Um die Äquivalentdosis H zu erhalten, müssen wir die Äquivalentdosisleistung $\dot{H}$ mit der Zeit multiplizieren, in der wir gemessen haben. An einem Messtag haben wir 5 Rollen je 2,5 Minuten lang abgerollt. Dies sind 12,5 Minuten am Tag. Für 16 Messtage ergibt sich somit eine Gesamtzeit von 3,3 Stunden.
Also: H = 0,274 µSv/h · 3,3 h = 0,9042 µSv

Ergebnis: Unsere zusätzliche Strahlenbelastung betrug 0,90 µSv.

3. Messung der Scotch-Tape-Röntgenstrahlung im 40 cm Abstand

Mittelwert aus fünf Messungen: $\dot{H}$ = 1,142 µSv/h

Nulleffekt abziehen

$\dot{H}$ = 1,142 µSv/h - 0,128 µSv/h = 1,014 µSv/h

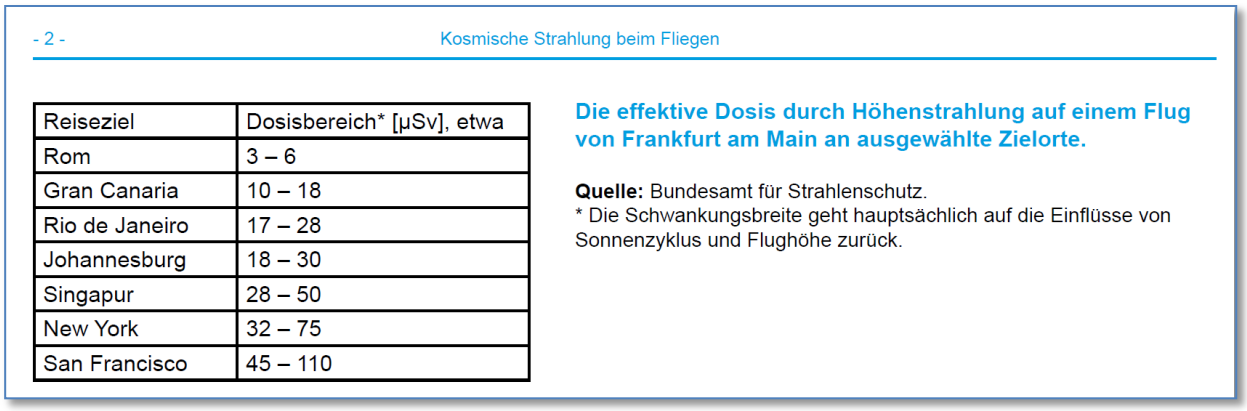
Berechnung der Äquivalentdosis H

H = 1,014 µSv/h · 3,3 h = 3,3462 µSv

Ergebnis: Unsere zusätzliche Strahlenbelastung betrug 3,35 µSv.

Quelle: http://www.onmeda.de/lexika/strahlenmedizin/strahlenbelastung_langstreckenfluege.html

Abb. 5.1: Strahlenbelastung durch Flüge 01



- 2 - Kosmische Strahlung beim Fliegen

Reiseziel	Dosisbereich* [µSv], etwa
Rom	3 – 6
Gran Canaria	10 – 18
Rio de Janeiro	17 – 28
Johannesburg	18 – 30
Singapur	28 – 50
New York	32 – 75
San Francisco	45 – 110

Die effektive Dosis durch Höhenstrahlung auf einem Flug von Frankfurt am Main an ausgewählte Zielorte.

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz.
* Die Schwankungsbreite geht hauptsächlich auf die Einflüsse von Sonnenzyklus und Flughöhe zurück.

Quelle: http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/EPCARD-Portal/PDF/Strahlung_Fliegen.pdf

Abb. 5.2: Strahlenbelastung durch Flüge 02

6. Ausblick

Bis zum Wettbewerb wollen wir unsere Apparatur noch weiterentwickeln und noch sicherer machen. Zum einen wollen wir das Loch, welches wir zwecks optischer Kontrolle des Abrollvorgangs in den Topfboden gesägt haben, mit einem Drahtgitter absichern um eventuell entstehende Glassplitter abzuhalten. Auf der anderen Seite wäre es ein Traum für uns eine Abrollmethode zu finden, mit der man kontinuierlich Röntgenstrahlung in der Glocke erzeugen kann, ohne den Tesafilm auszuwechseln.

7. Danksagung

Wir danken Luca Banszerus und Stefan Hück sowie unserem Physiklehrer Herrn Stein, die viele Stunden mit uns zusammen in der Miniforschung verbracht haben und uns immer mit Rat und Tat zur Seite standen.

8. Links und Literatur

[1] Popcorn Versuch: http://www.youtube.com/watch?v=dWonnI-XS1M

[2] Röntgenapp: http://www.youtube.com/watch?v=dJcr-4r0JkA

[3] Röntgen mit Tesafilm: http://www.youtube.com/watch?v=hLAL1o-Zss8