

VERSUCHSBERICHT ZU

A3 – ABSORPTION VON β - UND
 γ -STRAHLUNG

Gruppe Mi 11

Alex Oster(a_oste16@uni-muenster.de)
Jonathan Sigrist(j_sigr01@uni-muenster.de)

durchgeführt am 02.05.2018
betreut von Thorsten Adolphs

8. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	1
2	Methoden	1
2.1	Aufbau	1
2.2	Unsicherheiten	2
3	Durchführung und Datenanalyse	3
4	Diskussion	6
5	Schlussfolgerung	9
6	Anhang	10
6.1	Unsicherheitsrechnung	10
6.2	anderes	10
	Literatur	11

1 Kurzfassung

Dieser Bericht beschäftigt sich mit der Untersuchung der Absorption von β - und γ -Strahlern. Dazu wird zunächst das Geiger-Müller-Zählrohr betrachtet, welches zur Messung der radioaktiven Strahlung dient. Im Folgenden wird die Kennlinie des Zählrohrs aufgenommen, die natürliche Radioaktivität gemessen und die Absorptionskoeffizienten von Blei, Aluminium, Plexiglas und Gummi bestimmt. Zur Bestimmung der Koeffizienten werden die Zeiten gemessen, die für verschiedene Dicken an Absorptionsmaterial benötigt werden, um eine bestimmte Anzahl an Anregungen in dem Zählrohr zu erreichen. Bei dem Blei wird der γ -Strahler ^{137}Cs verwendet und für die restlichen Absorptionskoeffizienten, sowie auch zur Aufnahme der Zählrohrcharakteristik der β -Strahler ^{90}Sr . Ziel dieser Untersuchung ist die Aufnahme einer den Erwartungen entsprechenden Zählrohrcharakteristik, sowie aus den zu erwartenden exponentiell abfallenden Impulsraten die Absorptionskoeffizienten verschiedener Materialien aufzunehmen.

Die Ergebnisse

2 Methoden

Dieser Abschnitt befasst sich mit dem Aufbau des Versuches und den dabei auftretenden Unsicherheiten.

2.1 Aufbau

Der Aufbau, wie er in in Abb. 1 dargestellt ist, besteht im Wesentlichen aus einem Geiger-Müller-Zählrohr (1) mit zugehöriger Messapparatur (2) und einem radioaktiven Präparat, welches in geringem Abstand (wenige Zentimeter) von dem Zählrohr steht. Bei den verwendeten radioaktiven Präparaten handelt es sich um den β -Strahler ^{90}Sr (4) und den γ -Strahler ^{137}Cs (3). Zwischen dem Zählrohr und das Präparat können kleine Platten aus Absorbermaterialien (5) platziert werden, sodass eine Messung der Impulsrate in

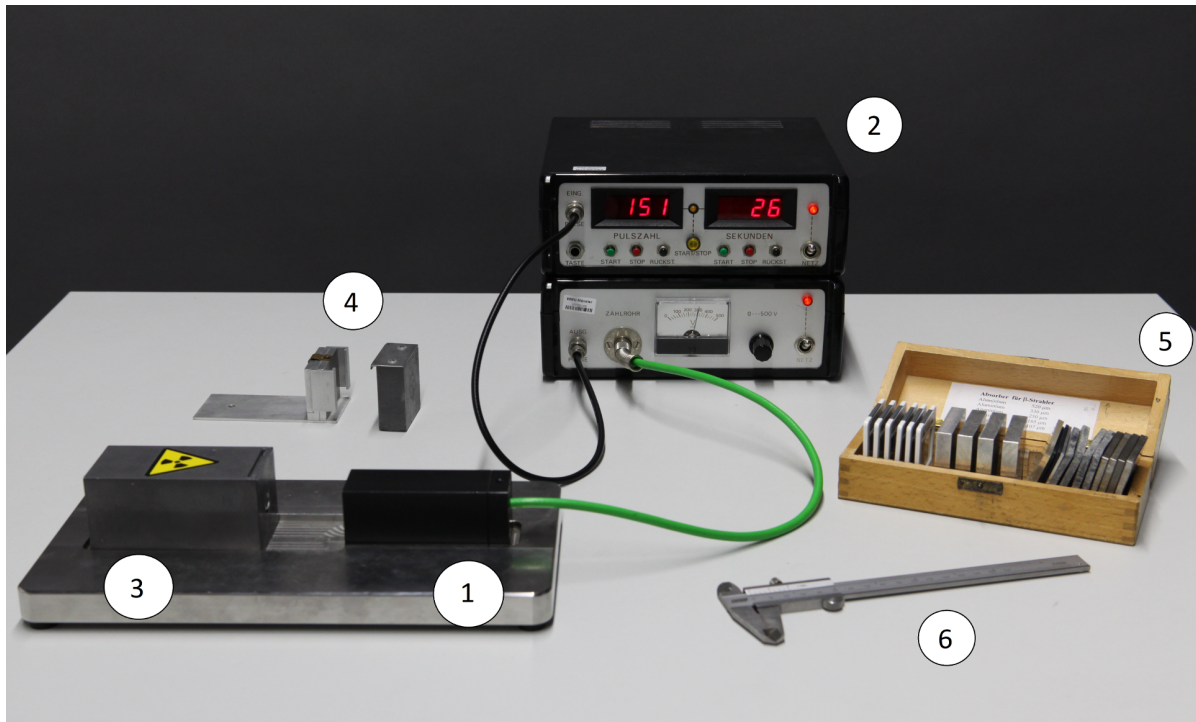


Abbildung 1: Aufbau des Versuches.[1]

Abhängigkeit der Dicke des Absorbers möglich ist. Zur Messung der Dicke der Platten steht eine Schiebelehre (6) zur Verfügung.

Mit Hilfe der Messapparatur die an das Zählrohr geschlossen ist, lassen sich die Anzahl der Impulse bzw. radioaktiven Ereignissen wie auch die vergangene Zeit einfach von einem Digitaldisplay ablesen. Zudem lässt sich dort die Spannung an dem Zählrohr einstellen.

Zur Messung der natürlichen Strahlung wird das Präparat, welches vor dem Zählrohr platziert ist, entfernt.

2.2 Unsicherheiten

Jegliche Unsicherheiten werden nach GUM bestimmt und berechnet¹. Für die Unsicherheitsrechnungen wurde die Python Bibliothek „uncertainties“ herangezogen, welche den Richtlinien des GUM folgt.

¹Die Gleichungen dazu finden sich im Anhang unter 7, 8.

Für digitale Messungen wird eine Unsicherheit von $u(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{3}}$ angenommen, bei analogen eine von $u(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{6}}$.

3 Durchführung und Datenanalyse

Die Zeit bzw. die Zahl der Ereignisse wurde bei allen Messungen so gewählt, dass die relative Unsicherheit unter 4%, für alle Messwerte liegt. Das Wechseln oder Entfernen der radioaktiven Präparate wurde von dem Betreuer durchgeführt.

Zur Bestimmung der Zählrohrcharakteristik wurde der β -Strahler ^{90}Sr verwendet und für verschiedene Spannungen die Anzahl der Ereignisse nach $(94,0 \pm 0,2)$ s aufgetragen. Eine Darstellung der Messwerte ist der Abb. 2 zu entnehmen. Diese Kennlinie zeigt,

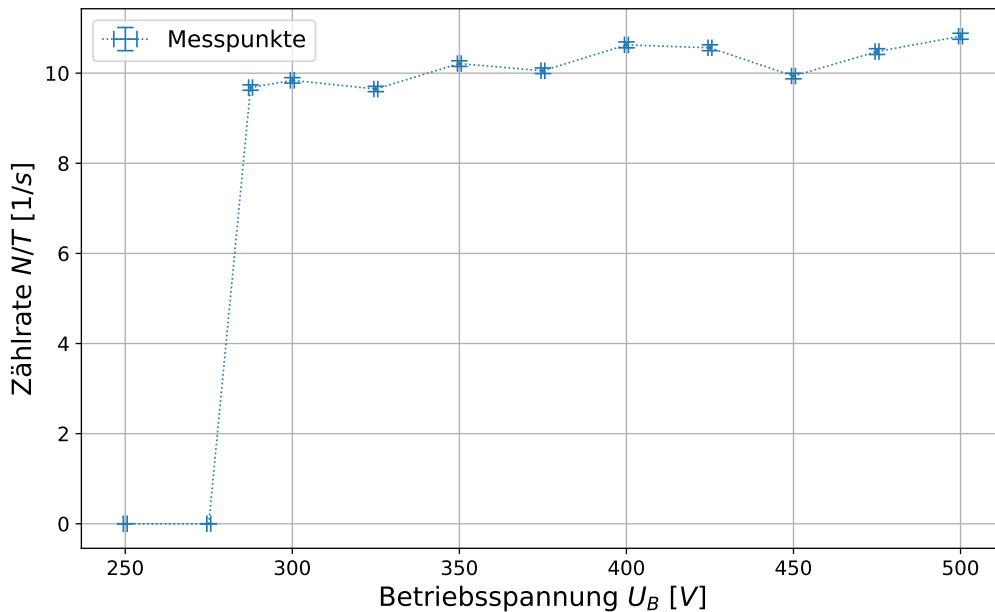


Abbildung 2: Impulsrate in Abhängigkeit der Spannung am Zählrohr bzw. Zählrohrcharakteristik

dass zur Messung der Radioaktivität mindestens eine Spannung von $\approx (275,0 \pm 7,2)$ V anliegen muss, diese nennt sich Einsatzspannung. Auch das charakteristische Plateau nach dem Erreichen dieser Spannung ist der Kurve zu entnehmen. Zudem ließen sich nur

Werte bis zu $(500,0 \pm 7,2)$ V einstellen, da höhere Spannungen zur Beschädigung oder gar Zerstörung des Zählrohrs führen könnten.

Zur Messung der natürlichen Radioaktivität wurde das radioaktive Präparat entfernt und 200 mal die Anzahl der Ereignisse innerhalb von 10s aufgenommen. Aus dieser Verteilung folgen der Mittelwert von $(0,2929 \pm 0,0014)$ Bq und die empirische Standardabweichung von $(0,1745 \pm 0,0021)$ Bq. Diagramme der absoluten und relativen

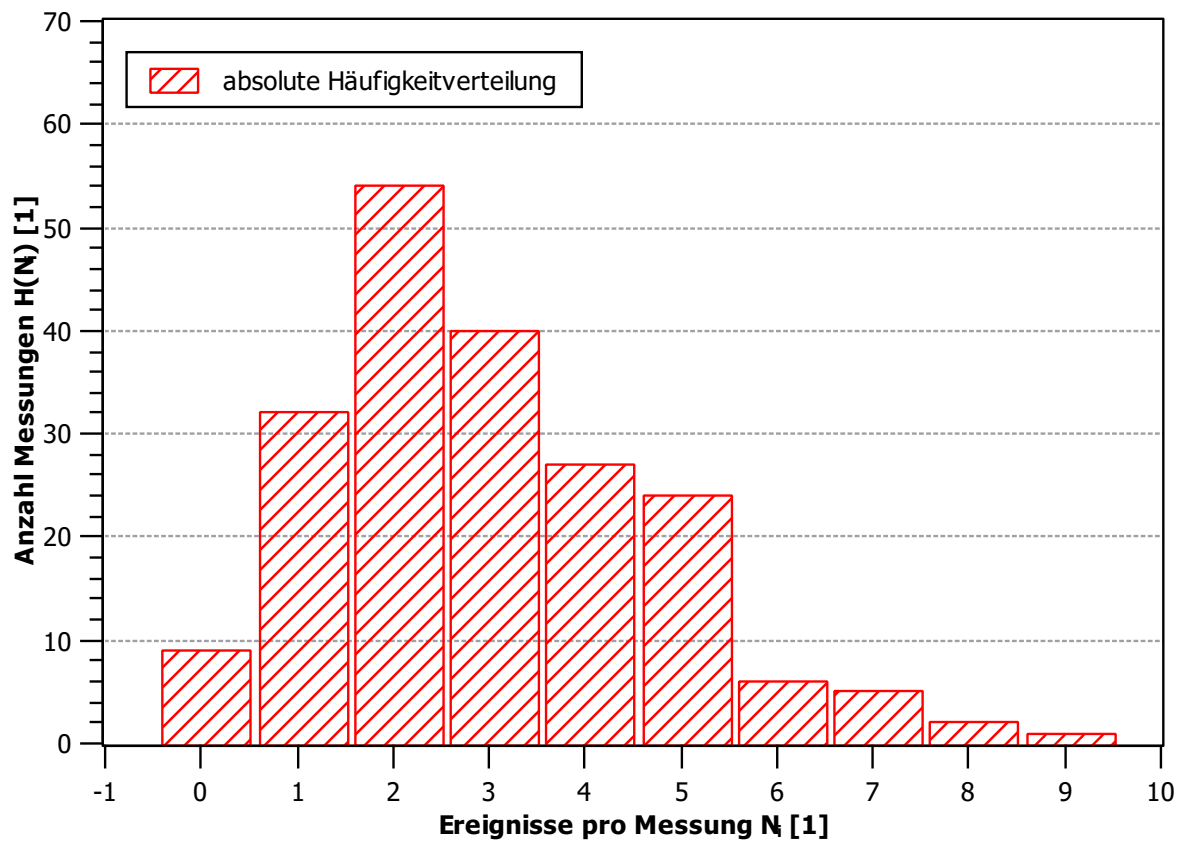


Abbildung 3: Histogramm der absoluten Häufigkeitsverteilung der natürlichen Strahlung

Häufigkeitsverteilung sind in Abb. 3 und Abb. 4 vorzufinden. Zur Berechnung der Kurve über der relativen Häufigkeitsverteilung wurde die Poisson-Verteilung herangezogen:

$$\psi(N) = \frac{\bar{N}^N \cdot e^{-\bar{N}}}{N!}, \quad N = \text{Anzahl der Impulse.} \quad (3.1)$$

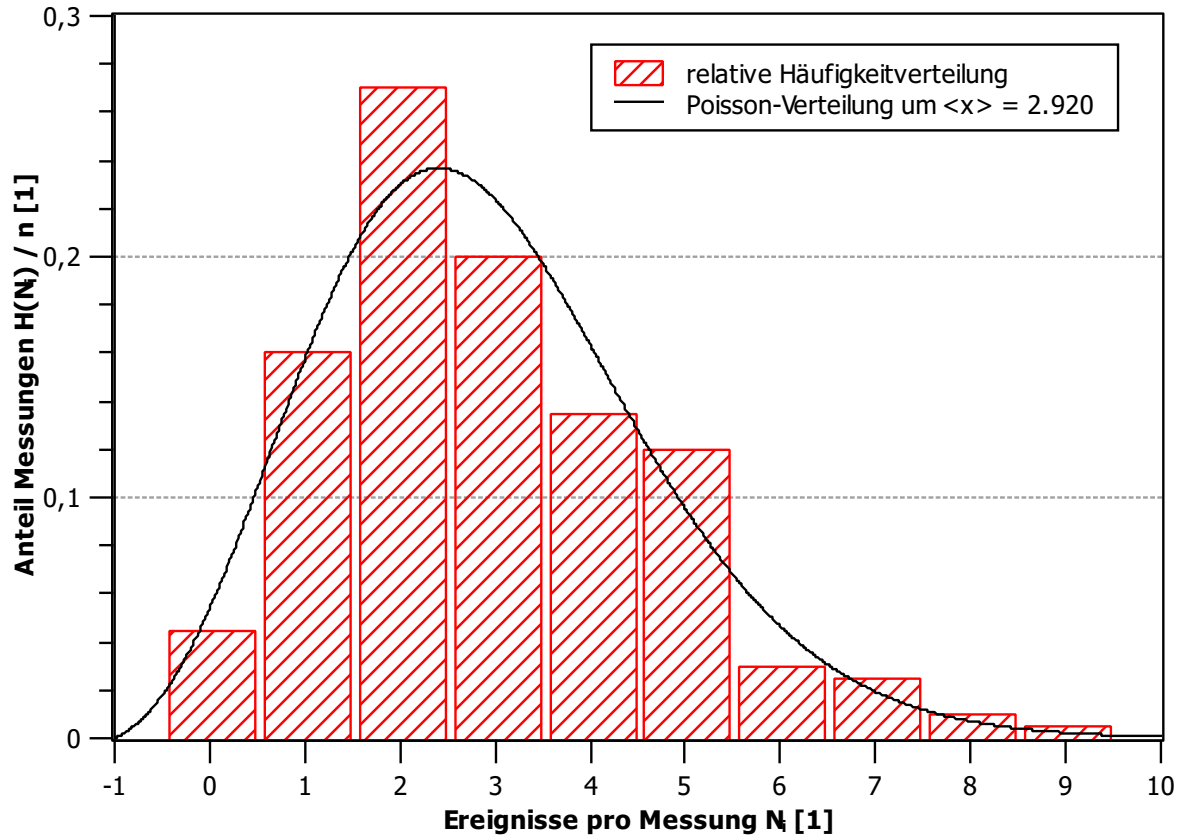


Abbildung 4: Histogramm der relativen Häufigkeitsverteilung der natürlichen Strahlung mit Poisson-Verteilung

Mit Hilfe der mittleren Untergrundaktivität, die aus der natürlichen Radioaktivität hervorgegangen ist, wurde für die folgenden Messungen eine Korrektur durchgeführt.

Zur Bestimmung des Absorptionskoeffizienten μ_γ von Blei wurde die Impulsrate $a_\gamma(x)$ des γ -Präparats ^{137}Cs in Abhängigkeit der Schichtdicke des Blei-Absorbers aufgenommen. Hierbei wurde die Zeit gemessen, die benötigt wurde um ca. 650 Ereignisse in dem Zählrohr auszulösen, um die Impulsrate mit einer relativen Unsicherheit unter 4% aufzunehmen. Zusätzlich wurde die Spannung an dem Zählrohr so gewählt, dass sie mit $(400,0 \pm 7,2) \text{ V}$ ca. 125 V über der Einsatzspannung, mitten auf dem Plateau der Zählrohrcharakteristik liegt. Nach jeder Messreihe wurde eine weitere Platte hinzugefügt und eine neue Reihe gestartet, sodass die Impulsrate in Abhängigkeit der Schichtdicke

aufgetragen werden konnte. Dazu standen vier Blei-Platten zur Verfügung. Abb. 5 stellt

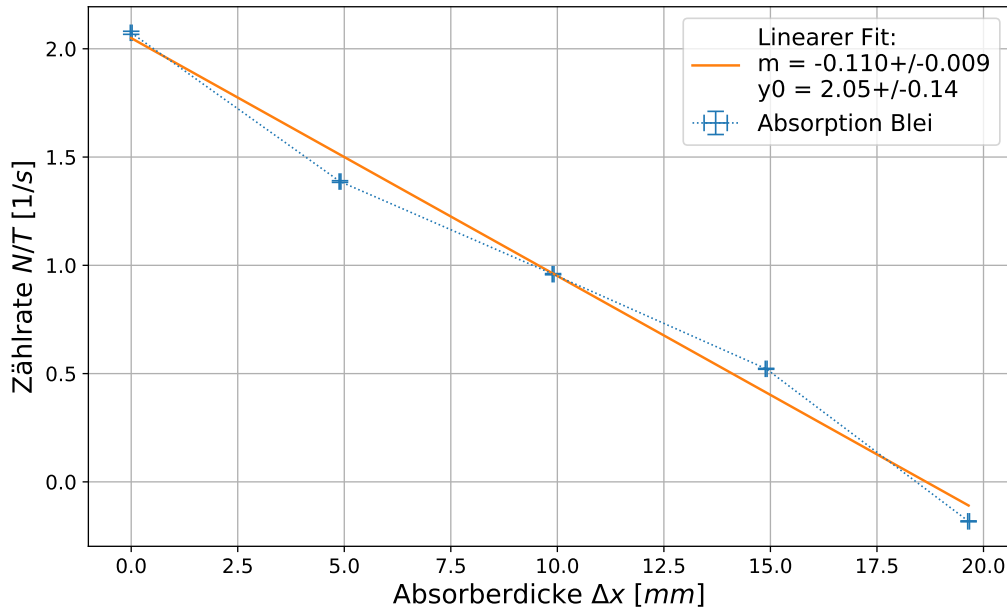


Abbildung 5: Impulsrate in Abhängigkeit der Schichtdicke des Bleis

das Verhältnis logarithmisch aufgetragen dar. Da es sich bei steigender Schichtdicke um einen exponentiellen Abfall der Ereignisse handeln sollte ($N(x) = N_0 e^{-\mu x}$), lässt sich der Absorptionskoeffizient aus der Steigung des Graphen bestimmen. Diese beläuft sich bei dem Blei auf $\mu_\gamma = (1,10 \pm 0,09) \text{ 1/cm}$.

Analog verlief die Messung der Impulsraten $a_\beta(x)$ des β -Präparats ^{90}Sr in Abhängigkeit der Schichtdicken von Aluminium, Plexiglas und Gummi. Für die letzteren beiden, wurde die Messung jedoch nur für je eine Schicht durchgeführt. Eine graphische Darstellung der Messung ist in Abb. 6 vorzufinden. Die sich dadurch berechneten Absorptionskoeffizienten sind in Tab. 1 verzeichnet.

4 Diskussion

Nun stellt sich die Frage, ob die Ergebnisse dem Ziel dieser Untersuchung genügen.

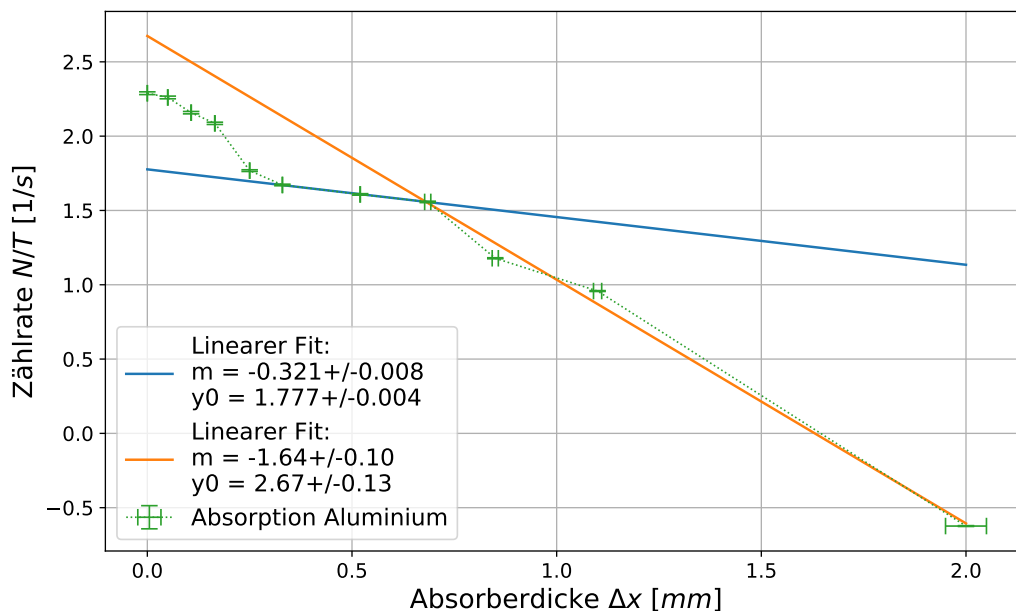


Abbildung 6: Impulsrate in Abhängigkeit der Schichtdicken von Aluminium, Plexiglas und Gummi

Wird dazu zunächst die aufgenommene Zählrohrcharakteristik betrachtet, so lässt sich der zu erwartende Verlauf klar in dieser erkennen. Bis zur Einsatzspannung werden keine Impulses gemessen und die Werte, welche auf dem Plateau vorzufinden sind, liegen alle innerhalb ihrer Unsicherheiten.

Die

Tabelle 1: In dieser Tabelle sind die ermittelten Absorptions- und Massenabsorptionskoeffizienten aufgetragen. Zu letzteren sind zusätzlich Literaturwerte angegeben.[2][3]

	Blei (μ_γ)	Aluminium (μ_β)	Plexiglas (μ_β)	Gummi (μ_β)
μ	$(1,10 \pm 0,09) \text{ }^1/\text{cm}$	0	0	0
μ_m	$(9,7 \pm 0,8) \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$	0	0	0
$\mu_{m,Lit}$	$8,870 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$	$33,99 \text{ cm}^2/\text{g}$		
$\frac{\mu_m}{\mu_{m,Lit}}$	9,4%			

5 Schlussfolgerung

6 Anhang

6.1 Unsicherheitsrechnung

$$x = \sum_{i=1}^N x_i; \quad u(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u(x_i)^2}$$

Abbildung 7: Formel für kombinierte Unsicherheiten des selben Typs nach GUM.

$$f = f(x_1, \dots, x_N); \quad u(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2}$$

Abbildung 8: Formel für sich fortpflanzende Unsicherheiten nach GUM.

6.2 anderes

Literatur

- [1] WWU Münster. *A3 - Absorption von radioaktiver Strahlung*. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/course/view.php?id=28561§ion=29> (besucht am 08.05.2018).
- [2] NIST. *X-Ray Mass Attenuation Coefficients*. URL: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z82.html> (besucht am 08.05.2018).
- [3] Abdual H. G. Mardan Sabah M. aman Allah yassen H. Mahmoud und Abdual H. shakour. *Mass absorption coefficients and range of multi –energetic beta particles for some elements: comparative study*. phy. Dep., college of sciences –Tikrit Uni., 2015, S. 22–23.