

# Kalibrierung des SBM-20 Zählrohrs für Unat am Gamma-ODL Referenzpunkt in der Kapelle des Höhenparks Killesberg, Stuttgart

Bernd Laquai 16.12.2023

Es gibt heute viele Möglichkeiten sich einen Geigerzähler als Detektor für ionisierende bzw. radioaktive Strahlung selbst zu bauen. Die Frage ist aber oft, kann man damit auch quantitativ messen? Und, was misst man denn da am besten? Die letzte Frage lässt sich, ohne in die Tiefe zu gehen, relativ einfach beantworten: Im Bereich der normalen Citizen Science kann mit so einem Gerät eigentlich nur die Ortsdosisleistung der Gammastrahlung in der „Pseudo“-Einheit  $\mu\text{Sv/h}$  bzw.  $\text{nSv/h}$  brauchbar genau gemessen werden. Möglichkeiten für Mess- bzw. Handhabungsfehler gibt es dann aber immer noch genug.

Ein Selbstbau-Geigerzähler besteht in der Regel aus einem Zählrohr, einem Zählrohrmodul, welches die notwendige Hochspannung für den Betrieb des Zählrohrs liefert und die schwachen Stromimpulse des Zählrohrs in Spannungsimpulse umwandelt und meist ein digitales Auswertemodul, das zunächst einmal nur eine Zählrate in „counts per minute“ (cps) oder „counts per second“ (cpm) liefert. Bis dahin ist alles für einen Citizen Scientist, relativ gesehen, einfach aufzubauen und was man damit bekommt, ist ein Detektor, der die ionisierende Strahlung, je nach Zählrohr-Eigenschaft, durch Erhöhung der Zählrate detektiert. Man bekommt mit dem Selbstbau-Gerät insofern noch einen quantitativen Eindruck, ob der Detektor viel oder wenig Strahlung detektiert, wenn man sich die Größe der Zählrate anschaut, was allerdings sehr Geräte-spezifisch ist. Aber eine quantitative Aussage über die schädliche Wirkung der Strahlung auf den Menschen bekommt man so noch nicht. So eine Aussage bekommt man jedoch von einem kalibrierten bzw. geeichten professionellen Strahlungsmessgerät für die sogenannte Gamma-Ortsdosisleistung (Gamma-ODL), wenn man in ausreichendem Abstand zu einer Quelle misst, welche Gammastrahlung emittiert. Die Einheit, in der diese, für den Menschen schädigende Wirkung von einem professionellen Messgerät, wie es im Strahlenschutz eingesetzt wird, angegeben wird, ist dann  $\mu\text{Sv/h}$  bzw.  $\text{nSv/h}$ .

Eine Möglichkeit, aus dem Selbstbau-Geigerzähler ein Messgerät für die Gamma-ODL zu machen, ist der Vergleich mit dem Profimessgerät und die Annahme einer Proportionalität zwischen Zählrate des Geigerzählers und der Gamma-ODL. Diese Proportionalität ist bei nicht allzu hoher Zählrate von der Physik her zu erwarten, bei einem einfachen Zählrohr allerdings nur für eine bestimmte Zusammensetzung der Quelle hinsichtlich der enthaltenen Radionuklide. Das liegt daran, dass die Zählrate bei einfachen Zählrohren, die nicht speziell energiekompensiert sind, sich ändert, wenn die Energien der Gammastrahlung sich quellenabhängig ändern.

Eine andere Möglichkeit aus dem Selbstbau-Geigerzähler ein Messgerät für die Gamma-ODL zu machen, ist ebenfalls unter der Annahme der Proportionalität, die Gamma-ODL an einem Referenzort, an dem ein bekanntes Gamma-Strahlungsfeld vorliegt, zu bestimmen, sofern an dem Referenzort sowohl die genaue Gamma-ODL bekannt ist als auch die Art der Quelle, die das Strahlungsfeld erzeugt. Diese Methode soll hier am Beispiel eines Zählrohr-Moduls mit einem SBM-20 Zählrohr und dem Gamma-ODL Referenzpunkt in der Kapelle im Stuttgarter Höhenpark Killesberg gezeigt werden.

Das russische SBM-20 war sicherlich eines am häufigsten in Hobbykreisen verbaute Zählrohr vor dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine. Es gibt zudem auch etliche Zählrohr-Module und Bausätze für Zählrohr-Module, die mit dem SBM-20 Zählrohr ausgestattet sind, auf denen neben dem Zählrohr auch die Hochspannungserzeugung zu finden ist, sowie eine Impulsumformung in ein digitales Signal, welches direkt in einen Mikrocontroller eingespeist werden kann. Auch zahlreiche kommerzielle Strahlungsmessgeräte arbeiten noch immer mit diesem Zählrohr.

Für dieses Zählrohr finden sich im Internet Umrechnungs- bzw. Konversionsfaktoren, welche die Proportionalität zwischen Zählrate und Gamma-ODL beschreiben, und den Wert entweder in  $\mu\text{Sv/h}$  pro cpm oder den Kehrwert davon in cpm pro  $\mu\text{Sv/h}$  angeben. Allerdings ist es auch beim SBM-20 auch so, dass dieser Konversionsfaktor schon relativ stark von den Energien, die in der Gamma-Strahlung enthalten sind, abhängig ist. Wenn man daher solche Konversionsfaktoren verwenden will, muss man wissen, aus welchen Radionukliden die Quelle beschaffen ist, und man muss dann auch den dafür geeigneten Konversionsfaktor verwenden. Diese Thematik wird z.B. auch in einem Artikel der ukrainischen Firma IoT-devices diskutiert, die Geigerzähler-Module für das SBM-20 herstellt /1/. Es werden darin verschiedenen Konversionsfaktoren angegeben, unter anderem ein Wert für Cs137 von  $0.00812 \text{ cpm}/(\mu\text{Sv/h})$ . Allerdings wird dort auch gesagt, dass der russische Hersteller für die Zählrohre, die in 2021 produziert wurden, Konversionsfaktoren von  $0.005040 \text{ cpm}/(\mu\text{Sv/h})$  für Ra-226 und  $0.007692 \text{ cpm}/(\mu\text{Sv/h})$  für Cs-137 spezifiziert. Es wird zusätzlich gesagt, dass an vielen Stellen im Internet von einem Wert von  $0.0057 \text{ cpm}/(\mu\text{Sv/h})$  ausgegangen wird, für den keine Erklärung gefunden werden konnte. Das heißt, es herrscht keine Klarheit bezüglich eines korrekten Wertes.

Nun ist es aber so, dass es bei Untersuchungen im Citizen Science Bereich oft um natürliches Uran (Unat) geht, in dem ja etliche Radionuklide enthalten sind, die Strahlung bei unterschiedlichen Gamma-Energien abgeben. Daher bietet es sich an, ein Zählrohr-Modul mit SBM-20 Zählrohr beispielhaft an einem Gamma-ODL Referenzpunkt zu kalibrieren, d.h. den Konversionsfaktor dort durch eine Messung zu bestimmen. Ein solcher Gamma-ODL Referenzpunkt wurde in Stuttgart im Höhenpark Killesberg definiert /2/ und man kann nach einigen Messungen mit unterschiedlichen Messgeräten (allerdings bisher ohne amtliche Eichung) annehmen, dass man dort ein Gamma-Strahlungsfeld mit etwa  $0.6\mu\text{Sv/h}$  aus Unat vorfindet.

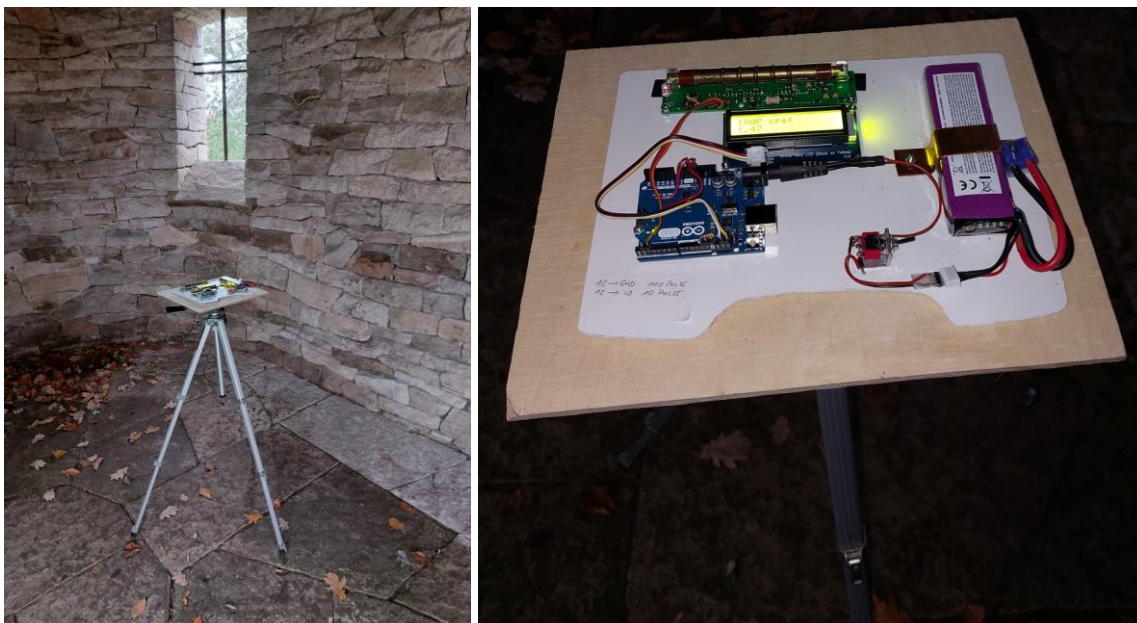


Abb. 1: Positionierung des SBM-20 basierten Geigerzählers im Gamma-ODL Referenzpunkt

Das Zählrohr-Modul mit dem SBM-20 Zählrohr, das für die Kalibrierung verwendet wurde stammt von 4N-Galaxy /4/ und wurde wie in /3/ beschrieben mit einem Zählraten-Auswertemodul auf Arduino-Basis verbunden um die Zählrate zu bestimmen. Das Zählrohr-Modul wurde auf einer Trägerplatte aus Kunststoff montiert, die auf eine dünne Sperrholzplatte auf einem Stativ gelegt wurde und damit in den Gamma-ODL Referenzpunkt justiert wurde.

Der Messwert der Zählrate wurde aus der Zeit für 100 Zählimpulse bestimmt und es wurden so 12 Messwerte ermittelt, die einen Mittelwert von 107.58 cpm ergaben.

Messung	Messwerte SBM-20 Kapelle
#1	1.74
#2	1.83
#3	1.86
#4	1.87
#5	1.59
#6	1.64
#7	1.81
#8	2.04
#9	1.74
#10	1.9
#11	1.68
#12	1.82

Tabelle 1: Messwerte

Unter der Annahme dass die Gamma-ODL am Referenzpunkt 0.6uSv/h beträgt, ergibt sich somit ein Konversionsfaktor von

$$107.58 \text{ cpm} / 0.6 \text{ uSv/h} = 179.30 \text{ cpm} / (\text{uSv/h}) = 2.988 \text{ cps} / (\text{uSv/h})$$

bzw. der Kehrwert davon:

$$1 / (107.58 \text{ cpm} / 0.6 \text{ uSv/h}) = 0.00557724 \text{ uSv/h} / \text{cpm}$$

In Worten ausgedrückt steigt die Zahlrate um etwa 3 Zählpulse je Sekunde wenn die Gamma-ODL um 1uSv/h zunimmt. Dabei gilt auch die Annahme, dass das Zählrohr bzw. die Auswerteelektronik nicht selbst zur Zählrate beiträgt, so dass ohne Strahlungsfeld die Zählrate Null ist. Diese Konversionsrate gilt jetzt strenggenommen nur für natürliches Uran, da das Gamma-Strahlungsfeld in der Kapelle vom Sandstein des Mauerwerks herrührt, der deutlich mit Uran imprägniert ist. Er gilt auch nur in ausreichend Abstand zum Mauerwerk oder bzw. von anderen Unat-haltigen Quelle, denn das Zählrohr ist auch empfindlich für Betastrahlung, die eine kurze Reichweite hat. In unmittelbarer Nähe zum Mauerwerk würde die Zählrate gegenüber der wahren Gamma-ODL daher überproportional zunehmen, weil dann zusätzliche Zählimpulse auch durch die Betastrahlung erzeugt werden würden.

Auch die lineare Zunahme der Zahlrate mit der Intensität des Strahlungsfeld wird eine Grenze haben, hauptsächlich dadurch, dass ein Geiger-Müller Zählrohr auch eine sogenannte Totzeit hat. Die Totzeit ist die Zeit in der das Zählrohr keinen neuen Zählimpuls auslöst wenn es gerade einen Zählimpuls ausgelöst hat. Diese Totzeit liegt für das SBM-20 bei 100-200us. Das heisst, bei einer sehr hohen

Intensität des Strahlungsfeldes, bedingt durch eine sehr hohe Aktivität der Quelle, erzeugt das Zählrohr deutlich weniger Zählimpulse als es eine Proportionalität beschreibt, die bei niedriger Zählrate bestimmt wurde.

Der in der Kapelle für das verwendete Zählrohr-Modul ermittelte Konversionsfaktor von 0.00557724 uSv/h / cpm bzw. 179.30 cpm / (uSv/h ) passt nun sehr gut zu dem im Internet an vielen Stellen publizierten Wert von 0.0057 uSv/h / cpm bzw. 180 cpm / (uSv/h ). Im Gegensatz zu der in /1/ gemachten Aussage, kann man daher annehmen, dass dieser häufig angegebene Wert mit hoher Wahrscheinlichkeit ein experimentell bestimmter Konversionsfaktor für natürliches Uran ist, welcher an einer Quelle mit niedriger Gamma-Ortsdosisleistung bestimmt wurde, ähnlich wie im Gamma-Referenzpunkt in der Kapelle im Höhenpark Killesberg in Stuttgart. Man kann allerdings davon ausgehen, dass sich ein abweichender Konversionsfaktor ergeben würde, wenn dieser z.B. mit Hilfe eines Cs137 Prüfstrahlers, bestimmt werden würde, da das Gamma-Strahlungsfeld des Cs137 eine andere Energie-Zusammensetzung hat wie das Strahlungsfeld des Unat und das SBM-20 Zählrohr doch eine deutliche Energieabhängigkeit zeigt. Diese Energieabhängigkeit des SBM-20 Zählrohrs ist leider nur sehr schlecht dokumentiert. Deutliche Anhaltspunkte für diese Energieabhängigkeit kann jedoch den Ergebnissen des Projekts 16ENV04 "Preparedness" im Rahmen des European Metrology Program for Innovation and Research (EMPIR) entnommen werden /5/.

/1/ IOT-Devices, LLC; Technical note: How to calculate the conversion factor for Geiger tube SBM20  
<https://iot-devices.com.ua/en/technical-note-how-to-calculate-the-conversion-factor-for-geiger-tube-sbm20/>

/2/ Bernd Laquai; Gamma-ODL Referenzpunkt „Kapelle im Höhenpark Killesberg in Stuttgart“  
<http://opengeiger.de/RefpunktKapelleKillesberg.pdf>

/3/ BerndLaquai; Das Zählrohr-Modul von 4N-Galaxy (SBM-Driver)  
<http://www.opengeiger.de/4NGalaxyModul.pdf>

/4/ 4N-Galaxy; Geigerzähler, SBM-20 Driver Interface  
<http://www.4n-galaxy.de/pdf/R02.pdf>

/5/ Viacheslav Morosh et al. ; Investigation into the performance of dose rate measurement instruments used in non-governmental networks; Radiation Measurements  
Volume 143, April 2021; Elsevier