

Der Radiacode 101 - Ein erster Erfahrungsbericht

Bernd Laquai, 24.8.2021

Die modernen Technologien machen auch an Strahlungsmessgeräten nicht Halt. Am deutlichsten kann man das an der Größe von Szintillations-Zählern erkennen. Während bis vor wenigen Jahren portable Szintillations-Messgeräte nur in der Größe einer Bierflasche oder eines Schuhkartons zu haben waren und man dafür neu mehrere tausend Euro bezahlen musste, hat sich das Geräte-Portfolio und der Preis seit der Verfügbarkeit der Silicon-Photomultiplier doch erheblich gewandelt. Diese wenige mm große Chips, welche bei den verwendeten Szintillatoren (organisch oder kristallin), was die Größe des gesamten Detektors anbelangt, nicht mehr ins Gewicht fallen, sind eben auch viel kostengünstiger zu produzieren als ihre Vakuum-Röhren-Äquivalente. Sie brauchen zudem auch keine Hochspannung mehr. Geräte, welche in der Jackentasche verschwinden sind heute für unter 500 Euro bereits von einigen Firmen zu haben.

Ein neues Gerät aus Russland scheint aber eine neue Schallmauer zu durchbrechen, der Radiacode-101 (RC-101) von Scan-Electronics aus Moskau. Worin bei diesem Gerät die hauptsächliche Neuerung besteht, ist der konzeptionelle Ansatz, die hohe Rechenleistung heutiger Smartphones zu nutzen, um damit einen regelrechten Boost in der Real-Time Verarbeitung und der Visualisierung der Messdaten zu ermöglichen. Und preislich wirkt sich das äußerst günstig aus, denn leistungsfähige Smartphones stehen bei den Anwendern aus anderen Gründen bereits schon zur Verfügung und die Kosten der Software-Entwicklung lässt sich leicht über die Anzahl der verkauften Geräte verteilen.



Abb. 1: Der Radiacode-101 in seiner Verpackung

Es ist auch ein einleuchtendes Konzept, denn ein Smartphone hat eben schon einen GPS-Sensor, Bluetooth, mehrere GByte Speicher, und einen Mikroprozessor dessen Leistung dem eines PCs um

nichts nachsteht. Es hat Internetanbindung und ein Touchscreen-Display, dessen Entwicklung durch die schiere Zahl an Geräten, die heute verkauft werden, bis an die Grenzen des machbaren vorangetrieben wird. Warum sollte man das nicht nutzen, wenn es ebenfalls in jeder Jackentasche steckt? Eigentlich ist der Ansatz völlig logisch.

Der RC-101 ist ein handliches, kleines Instrument, kaum größer als eine dicke Zigarre, das einen 1cm^3 großen CsJ-Kristall mit Silicon-Photomultiplier als Szintillations-Detektor verwendet, mit einem LiPo-Akku ausgestattet ist, der für unglaublich lange Laufzeiten sorgt, und über Bluetooth mit einem Android Smartphone zur Steuerung und Auswertung der Messdaten gekoppelt werden kann. Es ist ein äußerst leistungsfähiges und kostengünstiges Gerät zur Messung von Gammastrahlung. Es kann die Dosisleistung bzw. die akkumulierte Dosis von 100-1000keV und Gammaspektren von 50 bis 3000keV messen.

An dieser Stelle sei gleich darauf hingewiesen, dass trotz spezieller EMV Vorkehrungen im RC-101 darauf geachtet werden sollte, dass zwischen Smartphone und Messgerät stets ein gewisser Abstand von mindestens etwa 10cm gewahrt bleiben sollte, da die Mobilfunk-Strahlung des Smartphones die empfindliche Detektor-Elektronik stören kann.

Der RC-101 ist derzeit für knapp über 200Euro zu haben, allerdings muss man ihn noch im außereuropäischen Ausland (in Russland) kaufen, eine CE-Kennzeichnung hat er (noch) nicht. Damit ist er auch ideal geeignet für Studenten, Citizen Scientists und Bürgerinitiativen mit limitiertem finanziellem Budget.

Dass gute Strahlungsmessgeräte in Russland entwickelt werden, ist sicher nicht ganz unbegründet. Dennoch überrascht es ein wenig, dass im Innern des Geräts elektronische Bauteile zu finden sind, die im Westen als „leading edge“ bezeichnet werden, dazu gehört sicher nicht nur der Silicon Photomultiplier Chip. Offensichtlich haben russische Firmen trotz gewisser politisch bedingter Handelsbeschränkungen guten Zugang zu diesen Halbleitern. Man hat auch den Eindruck, dass die verwendete PCB-Technologie und die passiven SMD-Bauteile dem absolut neuesten Stand entsprechen, sonst wäre auch diese Geräte-Größe nicht erreichbar.

Instinktiv scheut man sich aber dennoch oft vor dem Kauf von Geräten in Russland, doch in diesem Fall scheint das unbegründet, denn Zahlungsabwicklung und Lieferung laufen bei der Privat-Bestellung von Einzelgeräten sehr unproblematisch. Auch der Support bei irgendwelchen Problemen wird äußerst vorbildlich gehandhabt. Die Lieferung läuft auf Wunsch mit DHL und mit Sendungsverfolgung. Man bekommt ohne Nachfragen auch eine englischsprachige Bedienanleitung zugeschickt und wenn man Fragen hat, kommt auch schnell eine englischsprachige Antwort. Gelegentlich bleibt ein Gerät aber schon auch mal ein paar Tage im Zoll stecken. Wenn man aber nicht gerade 10 Stück bestellt hat, gibt es da in der Regel keine Probleme und meist bekommt ein Einzelgerät gleich schon den grünen Aufkleber „von zollamtlicher Behandlung befreit“. Auch bei technischen Fragen hat man den Eindruck sind die Entwickler sehr bemüht Hilfestellungen zu geben und auch Verbesserungsvorschläge aufzunehmen. Ein reger Austausch mit etlichen hilfreichen Beiträgen findet in dem Forum „geigerzaehlerforum.de“ statt. Hier meldet sich regelmäßig einer der Entwickler der Firma, stellt Neuerungen vor, und gibt wertvolle Unterstützung.

Nun aber zum Gerät selbst. Für den Betrieb ohne Smartphone App hat man ein kleines Display, für das es ein relativ umfangreiches Menü gibt und mehrere Ansichten darstellbar sind. Neben dem Einstellmenu für das Gerät gibt es das Monitor-Menu, das Spektrum-, das Search- und das Dose Menu. Das Monitor-Menu zeigt in gut lesbaren Ziffern entweder die Dosisleistung oder die Zählrate an. In Abb. 2 ist dieses Menu bei einer Messung einer alten Spark-Gap Röhre mit einem Cs137-Klecks zur

Vorionisation auf der Glas-Innenwand zu sehen. Man kann ein Audio- und ein LED-Signal für die Zählpulse erzeugen lassen.



Abb. 2: Monitor Anzeige des Geräts

Schaltet man auf Spectrum, sieht man ein mit dünnen Linien dargestelltes Spektrum, das aber im Falle der Spark-Gap Röhre lediglich einen kleinen Peak anzeigt, der noch nicht allzu viel aussagt. Um ein Gammaskpektrum darzustellen empfiehlt sich in jedem Fall die Smartphone App.



Abb. 3: Spektrum-Anzeige am Gerät

Schaltet man auf Search, kann man die Darstellung der Dosisleistung (oder Zählrate) mit einer Strichgrafik als Zeitreihe im Display sehen. Die Idee dahinter ist sicher, dass man damit einfacher Quellen suchen kann, als mit einer Ziffernanzeige.

Im Dose-Menu wird schließlich die akkumulierte Dosis angezeigt. Bei dieser Anzeige ist allerdings gleich die Warnung angebracht, dass dies lediglich die Dosis für den Energiebereich ist, in dem der Kristall eine nennenswerte Zähleffizienz hat. Auch wenn das Gerät noch eine gewisse Zähleffizienz zwischen 1000keV und 3000keV hat, so tragen Gammaquanten in diesem Energiebereich nicht mehr adäquat zur gemessenen Dosisleistung und damit auch nicht zur Dosis bei. Der Energiebereich, für den die Dosis- und Dosisleistungsanzeige brauchbar genau sind, umfasst laut Spezifikation 0.1-1000keV und damit ist die Gammastrahlung des Kobalt-60 (1173keV und 1332keV) oder die des Kaliums bei 1452keV nicht enthalten um zwei Beispiele zu nennen.

Nach dem der Algorithmus zur Energiekalibrierung für die Dosis- und Dosisleistungsberechnung nicht änderbar ist, ist damit auch unwahrscheinlich, dass das Gerät als Dosimeter nach EU-Recht für Strahlenschutz Zwecke eichfähig ist.



Abb. 4: Search-Modus zur Darstellung der Werte über der Zeit

Während das Display am Gerät selbst eine Visualisierungsmöglichkeit für das Nötigste darstellt, bietet die Smartphone App ein Vielfaches mehr an Flexibilität zur Einstellung, zur Real-Time Verarbeitung der Daten und zur Visualisierung inklusive der Speicherung und Verwaltung der gespeicherten Daten. Die Smartphone App ist bisher nur für Android Smartphones über den Google Play Store erhältlich. Sie wird derzeit noch regelmäßig aktualisiert.

Als Beispiel für die Akkumulation eines Gammaspektrums und die Nuklididentifikation mit der RC-101 App sei zunächst auch wieder die Spark-Gap Röhre gezeigt. Startet man die App, verbindet sie sich automatisch über Bluetooth mit dem Gerät. Nun kann man ein Gammaspektrum über eine gewisse Zeit akkumulieren und abspeichern. Wahlweise kann man dem Spektrum auch die Eigenschaft „Background“ zuweisen. Wird dann ein weiteres Spektrum akkumuliert, kann man das Hintergrund-Spektrum entweder parallel darstellen oder aber nur das Differenzspektrum zum Hintergrund.

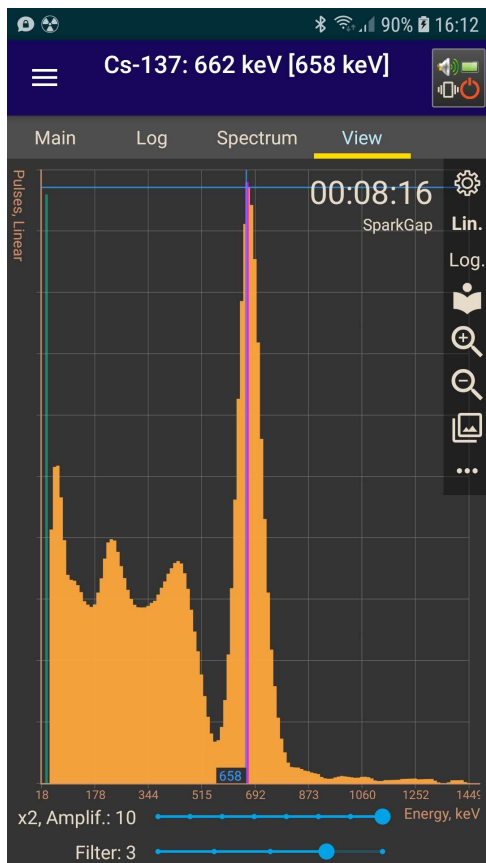


Abb. 5: Darstellung des Spektrums der Spark-Gap Röhre in der Smartphone App, tippt man auf den Peak erscheint das Radio-Nuklid, das an dieser Stelle des Spektrums einen Peak erzeugen würde mit der Linienenergie und der Energie, auf die man getippt hat.

Nun ist die Aktivität einer älteren Spark-Gap Röhre ja doch noch einigermaßen hoch im Vergleich zu Cäsium, das man gelegentlich in der Umwelt durch nukleartechnische Unfälle als Kontaminationen findet. Dennoch hat der RC-101 mit niedrigen Aktivitäten auch keine allzu großen Probleme. Untersucht man beispielsweise 500g Erde von der Böschung am Karlsruher Hirschgraben, in das das Kernforschungszentrum sein Abwasser eingeleitet hat /1/, dann kann man gegenüber dem Untergrund immer noch ganz deutlich den Peak des Cäsiums erkennen. Das Differenzspektrum zum Hintergrund wird lila dargestellt, da hebt sich der Cs137 Peak dann noch deutlicher von anderen Spuren von Radionukliden ab.

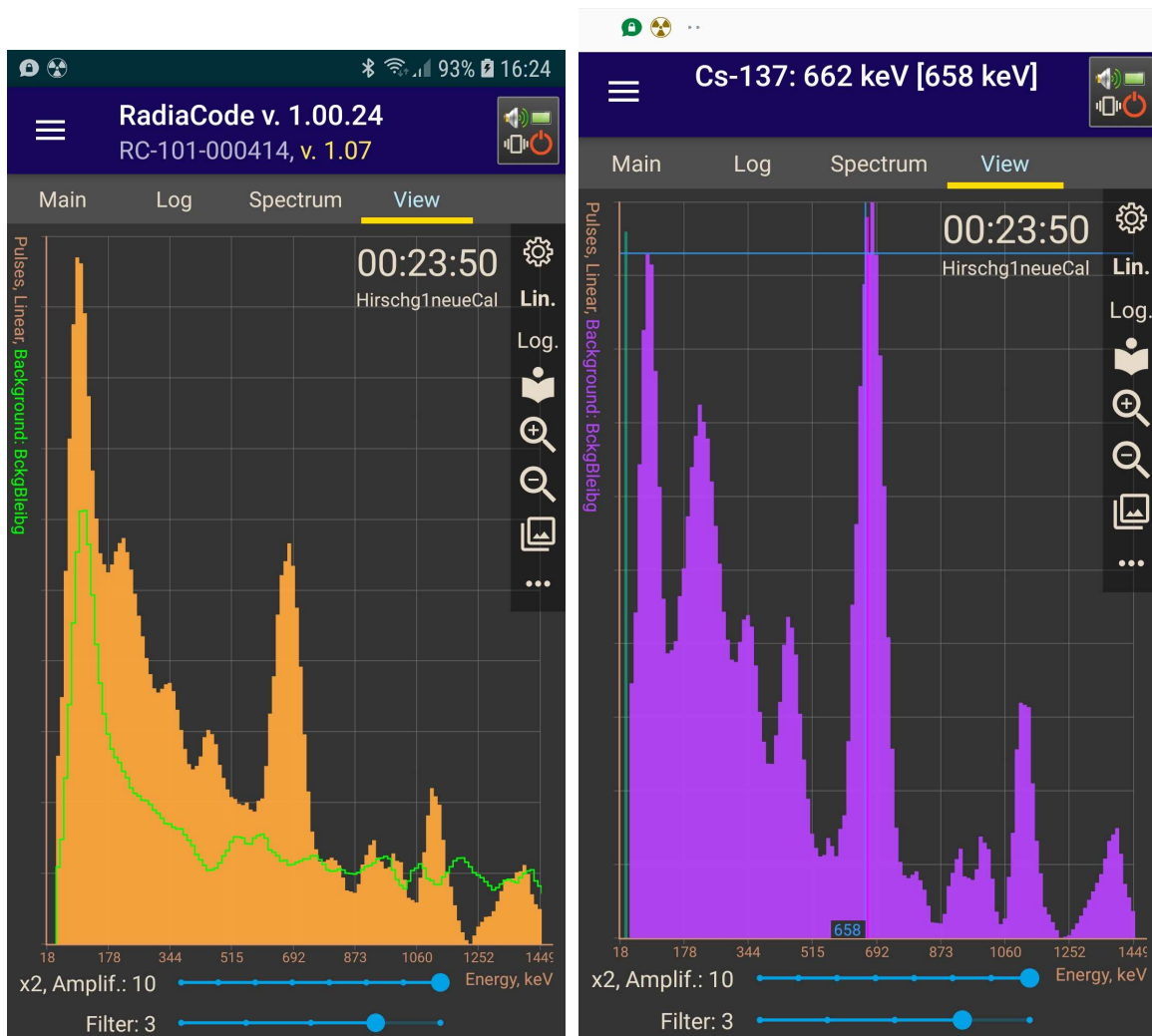


Abb. 6a-c: Cäsium-kontaminierte Erde vom Karlsruher Hirschgraben und die spektrale Darstellung mit vorgelagertem Hintergrundspektrum (grüne) Linie sowie als Differenzspektrum zum Hintergrund

Auch sehr interessant ist das linienreiche Spektrum eines Thorium-Glühstrumpfs, das man gleichzeitig zur Energiekalibrierung des Spektrums verwenden kann [2]. Eine korrekte Energiekalibrierung des Spektrums ist die Voraussetzung, dass die Nuklididentifikation durch Antippen der Peaks richtig funktioniert. Werkseitig scheint die Kalibrierung nicht immer ganz korrekt zu sein, aber die Smartphone App ermöglicht hierfür eine Anwender-Kalibration, welche die werkseitige Kalibration überschreibt.

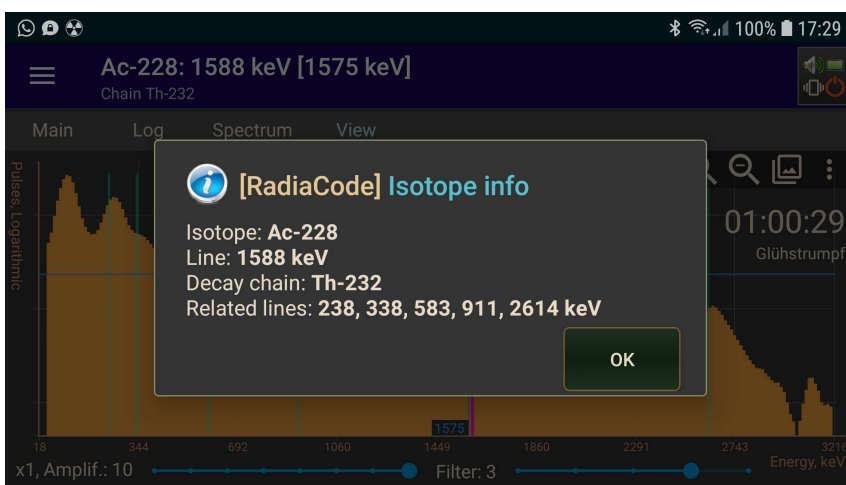
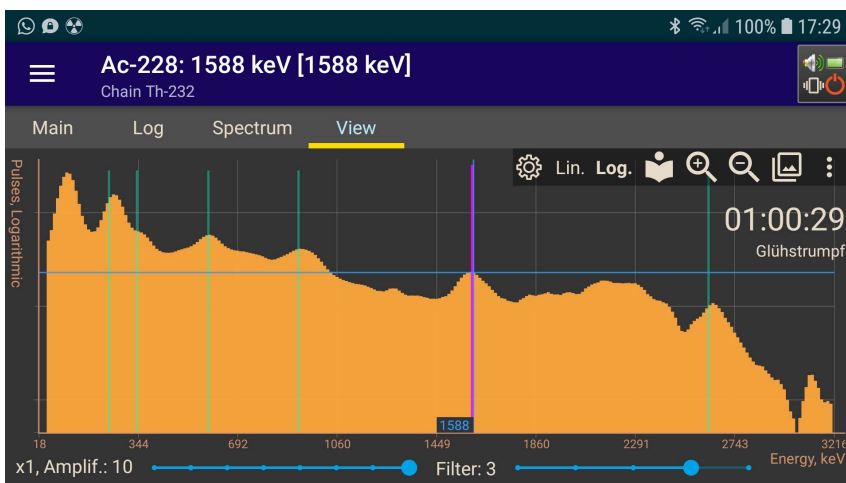


Abb. 7a-c: Thorium Glühstrumpf und die Darstellung des Gammaspektrums dazu, man kann die Peaks der Linien zu der Zerfallsreihe bis zur Tl208 Linie bei 2614keV deutlich identifizieren, die App zeigt die relevanten Linien (grün) und ihre Energien neben der Linie, welche zur Identifikation (magenta) dient

Ein fast noch bedeutsameres Leistungsmerkmal als die Darstellung eines Gammaskpektrums in der Smartphone App ist die Kartendarstellung der Messergebnisse mit Hilfe der Georeferenzierung der einzelnen Messwerte über das GPS des Smartphones und den Google Maps Kartendienst.

Um eine Kostprobe dieser Fähigkeit zu geben, sei hier als Übungsgebiet der Killesberg-Höhenpark in Stuttgart gezeigt, in dem sich die „strahlende Kapelle“ auf dem Musterfriedhof /3/ befindet.

Der Killesberg-Höhenpark befindet sich geologisch gesehen auf einem der Sandstein-Hügel in der Stuttgarter Bucht, deren Sandsteine für ihren erhöhten Urangehalt bekannt sind. Früher wurde der Sandstein dort in mehreren Steinbrüchen abgebaut. Die Nationalsozialisten ließen anlässlich der Reichsgartenschau 1938 die Steinbrüche verfüllen und in eine Parklandschaft für die Gartenschau anlegen. Dieser Park besteht heute noch und ist ein beliebtes Ausflugsziel der Stadt. Teile der Steinbrüche mit einem rötlichen Sandstein geben dem heutigen Tal der Rosen eine imposante Kulisse. Vor den Felswänden des Steinbruchs erhöht sich die Ortsdosisleistung aber messbar auf ca. 0.25uSv/h.



Abb. 8: Tal der Rosen entlang eines Sandsteinbruchs auf dem Stuttgarter Killesberg Höhenpark

Im Zuge der Gartenschau wurde auch ein Musterfriedhof bei der heutigen Milchbar (hinter dem Höhenfreibad) als städtebauliches Beispiel angelegt. Dazu wurde eine Kapelle mit einer langen geschwungenen Mauer und einem Grabhügel angelegt. Der dafür verwendete weiße Sandstein ist erheblich mit Uran imprägniert. In der Kapelle sind Ortsdosisleistungen von mehr als 1uSv/h messbar.



Abb. 9a, b: Kapelle des Musterfriedhofs im Killesberg Höhenpark mit anschließender Mauer, dieser Sandstein erzeugt durch seine Uranimprägnierung Ortsdosisleistungen $> 1\mu\text{Sv/h}$ in der Kapelle



Abb. 10a: Grabhügel des Musterfriedhofs aus demselben uranimprägnierten Sandstein



Abb. 10b: Mauersegment aus der „strahlenden Kapelle“, welches den uranimprägnierten Sandstein deutlich zeigt, der für Kapelle und Mauer verwendet wurde

Läuft man nun wie in diesem Beispiel von der U-Bahn Haltestelle Killesberg durch die Parkanlage in das Tal der Rosen und von da zur Kapelle, dann erhält man die Kartendarstellung wie in Abb. 11a-c. Die grafische Oberfläche erlaubt die Farbcodierung der Messwerte in einem zwischen zwei Grenzen einstellbaren Bereich. Zwischen diesen Grenzen werden dann die Farben lila bis rot vergeben. Legt man den Bereich zunächst zwischen 0.05uSv/h und 0.5uSv/h, dann erscheinen nur die Messpunkte an denjenigen Orten rot, an denen eine Ortsdosisleistung von 0.5uSv/h erreicht wird. Das ist nur in der

Umgebung der Kapelle der Fall. Daher erscheint dieser Ort dann deutlich mit roten Punkten markiert. Man erkennt aber auch schon die geschwungene, halbrunde Friedhofsmauer und die Mauer des Grabhügels, als gelbe Punkte mit leicht erhöhter Ortsdosisleistung, die hier entlang des Messwegs abgegangen wurden.

Reduziert man nun die obere Grenze z.B. auf 0.22uSv/h, dann erkennt man auch die Abbruchkante des Steinbruchs an der gelben Färbung der Punkte, während der Weg über die übrigen Parkanlagen violett bzw. blau bleibt. Diese Einstellbarkeit der Grenzen ermöglicht daher eine sehr feine Anpassung an die Eigenschaften des Geländes und ermöglicht selbst die schwächsten Flächenkontaminationen deutlich hervortreten zu lassen. Gleichzeitig erreicht man durch die hohe Zählrate des Geräts eine sehr gute Ortsauflösung. Ein kleiner Verzug sowie eine gewisse Mittelung müssen aber bei der Aufzeichnung beachtet werden.

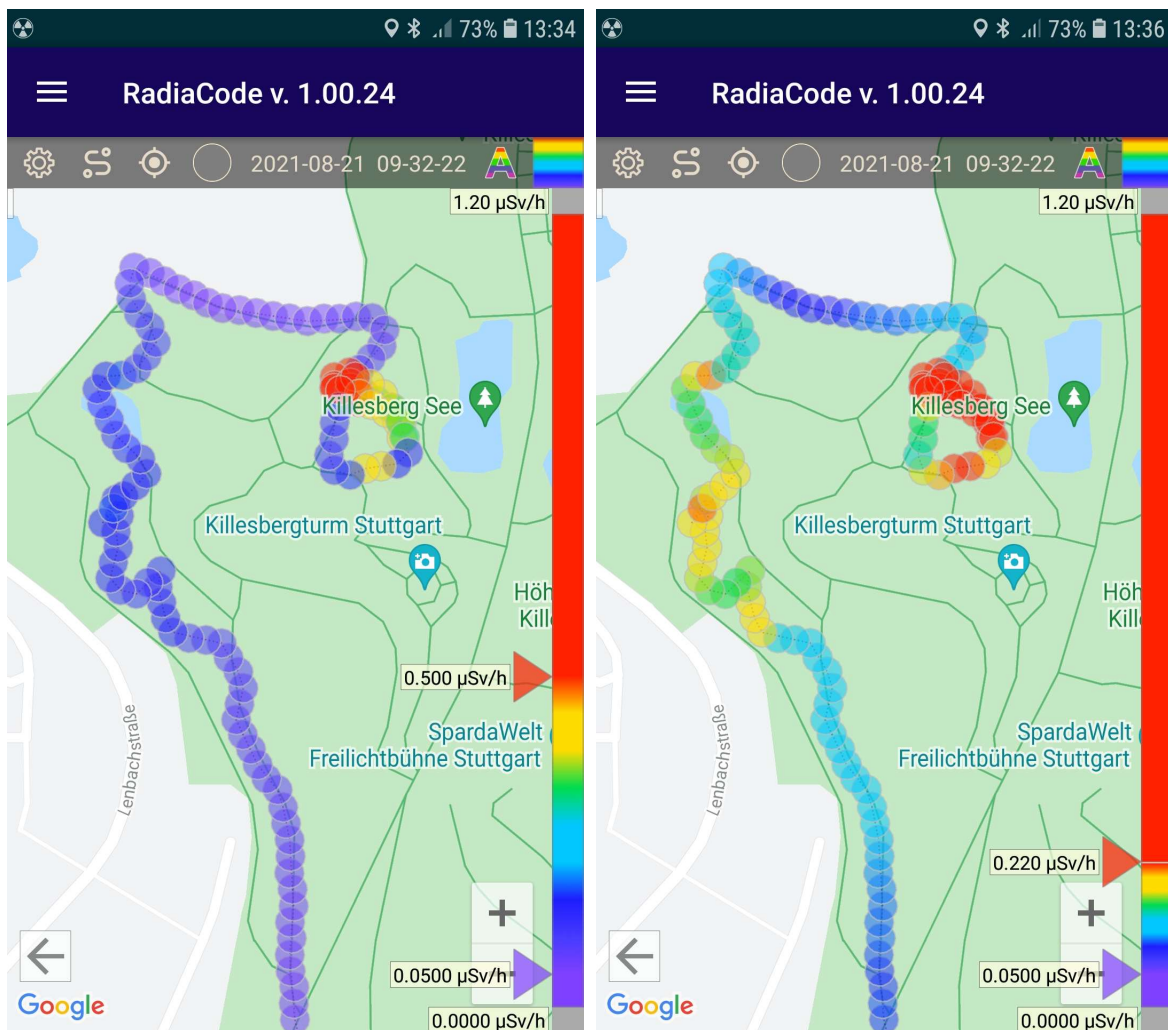




Abb. 11a-c: Georeferenzierte und farbcodierte Darstellung der gemessenen Dosisleistungswerte in Karten von Google Maps

Erreicht man die Kapelle, kann man sich auch nochmal direkt mit dem Gerät Gewissheit über die Messwerte der Ortsdosisleistung verschaffen. Sie entspricht dem was man auch mit anderen Geiger-Müller Zählern messen kann.



Abb. 12: Direkte Messung der Ortsdosisleistung in der Kapelle im Monitor-Modus des Geräts

Bei der Gelegenheit sei hier auch die zeitliche Verlaufsdarstellung der Messwerte in der Smartphone App erwähnt. Dieses Menu heißt „Main“, weil hier auch andere wichtige Daten gesammelt dargestellt werden. Der Zeitbereich kann durch Aufziehen und Zusammenziehen des Fensters verändert werden.

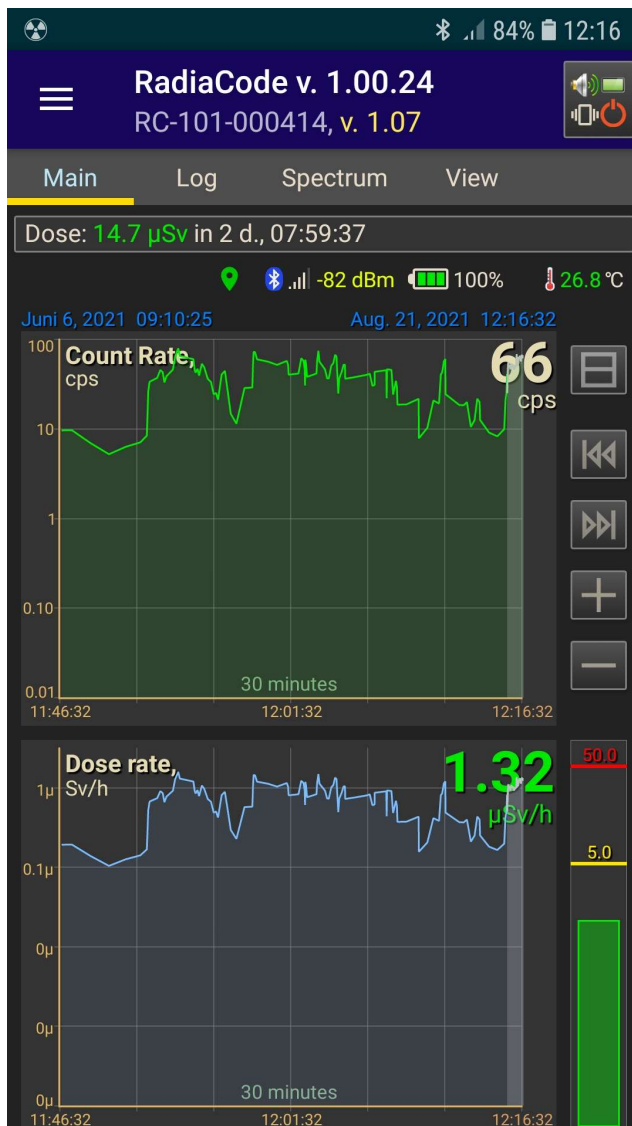


Abb. 13: Das Hauptmenü der Smartphone App mit der zeitlichen Verlaufsdarstellung und der Darstellung anderer wichtiger Parameter

Was nun in diesem Übungsgebiet sehr schön gezeigt werden kann, ist die In-Situ Gammaskopie mit der Nuklidbestimmung vor Ort. Akkumuliert man ein Spektrum über etwa 15 Minuten an der Mauer der Kapelle, kann man sehr schön den Bi214 Peak bei 609keV erkennen, der zur Uran-Zerfallsreihe gehört. Tippt man auf den Peak, werden auch die anderen wichtigen Linien, welche zur Zerfallsreihe gehören angezeigt, die Linien des Ra226 und Pb214 sowie des Bi214 bei 1120keV. Man kann jedoch erkennen, dass der Radiacode-101 diese Linien nicht mehr trennen kann. Sie erscheinen als Höcker, der sich auf der fallenden Flanke des Hauptpeak (Th234 bei 92keV und U238 Röntgenfluoreszenz bei 98keV) aufbaut. Dieser Hauptpeak kann vermutlich deswegen nicht zur Identifikation herangezogen werden, da die Th234 Linie ebenfalls kaum von den Uran-Röntgenfluoreszenzen getrennt werden kann. Der Hintergrund, der in einiger Entfernung von der Kapelle gemessen kann, fällt auf Grund der hohen Aktivität des Sandsteins so gut wie nicht ins Gewicht. Er ist ebenfalls sehr schwach vom ortstypischen Urangehalt der Sandsteine im Untergrund geprägt.

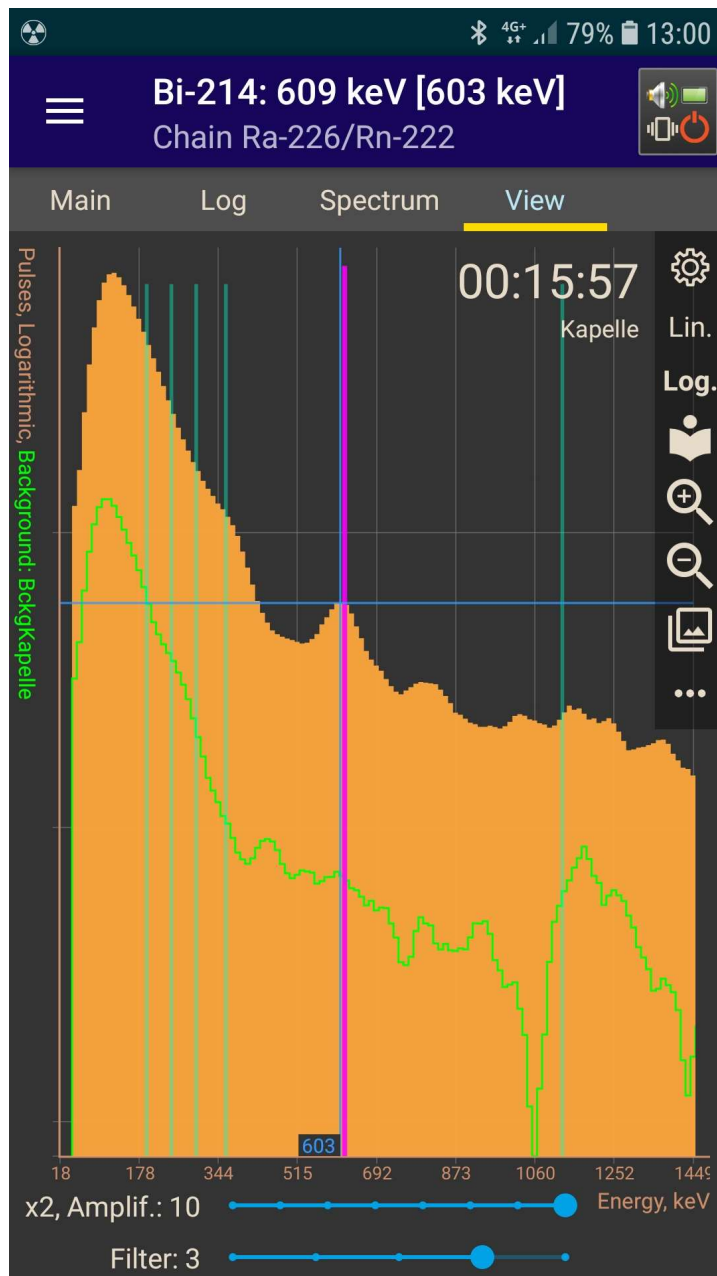


Abb. 14: In-Situ Gammaspektrum an der Kapelle und der Hintergrund in einiger Entfernung (grüne Linie)

Zum Vergleich kann man sich ein Spektrum einer bekannten Uranvererzung anschauen z.B. von der Halde des Sauerbosch-Stollens im Müllenbachtal bei Baden-Baden /4/. Es handelt sich dort auch um einen Sandstein der stark Uran-imprägniert ist. Der Ergänzung halber sei aber auch noch ein Spektrum einer mit Radon beladenen Aktivkohle (Kohlekomprette) gezeigt, die mehr als zwei Wochen mit einem Uranerz-Stück in einem geschlossenen Behälter aufbewahrt wurde /5/. Da diese Spektren in einer Bleiburg aufgenommen wurden, taucht hier noch zusätzlich eine Röntgenfluoreszenz des Bleis bei 75keV auf (im ersten kräftigen Peak).

In beiden Spektren kann man die Peaks der gemeinsamen Zerfallsprodukte Pb214 (242, 295 und 351keV) und Bi214 (609keV) erkennen, im Radon Spektrum fehlt aber der Ra226 Peak weitestgehend, da Radon erst aus dem Radium entsteht.

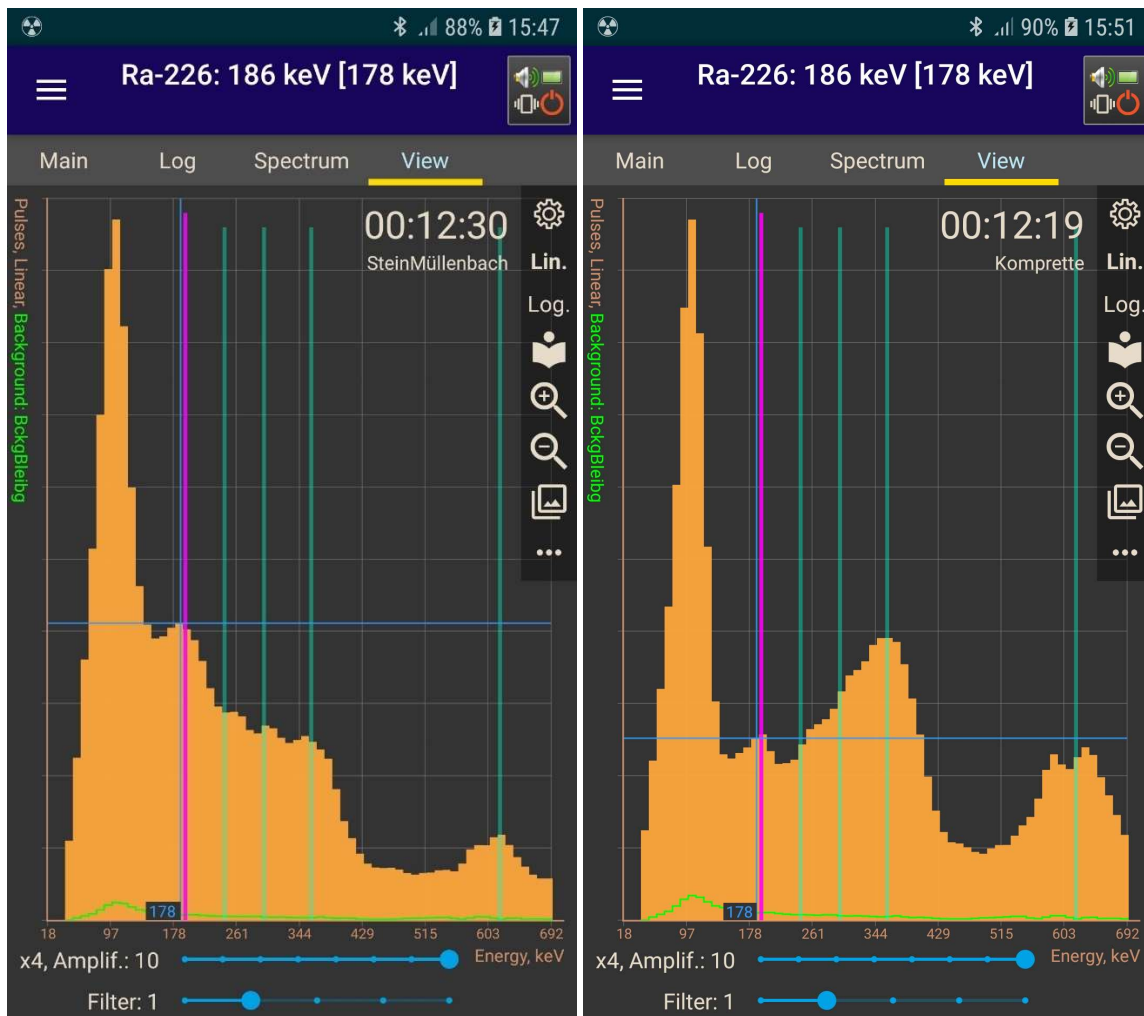


Abb. 15a, b: Links Spektrum von Uranerz des Sauerbosch-Stollens im Müllentbach Tal und Spektrum der Radonzerfallsprodukte an einer Radon-beladenen Aktivkohle

Insgesamt sieht man die Ähnlichkeit des Uranerz-Spektrums mit dem In-Situ Spektrum von der Kapelle auf dem Killesberg. Da es die Radiacode-101 App gestattet, gemessene Spektren in einer Spektrum-Bibliothek auf dem Smartphone abzulegen, empfiehlt es sich daher für häufig auftretende Spektren Beispiele abzulegen, die dann vor Ort mit den In-Situ gemessenen Spektren verglichen werden können.

Es wird hier allerdings auch deutlich, dass Impulshöhen-Bestimmung für die Erstellung des Gammapektrums mit einem AD-Wandler mit 8 effektiven Bits und damit nur 256 Kanälen erfolgt und somit auch mit einem gewissen Quantisierungsfehler behaftet ist, der vor allem bei sehr niedrigen Energien, dort wo die Linien oft sehr gedrängt liegen, schon etwas ins Gewicht fällt.

Abschließend sei noch ein warnendes Beispiel einer falschen Anwendung des Radiacode-101 im Vergleich zu einem normalen Geiger-Müller Zähler, dem Inspector von SE Intl., gezeigt. In Abb. 16 ist zunächst eine Messung an einem Hotspot am Silvertbach in Marl dargestellt. Dort hat die Einleitung von radiumhaltigen Grubenabwässern des Kohleabbaus zu Ausfällungen von Radiobaryt (Radium-Barium-Sulfat) geführt /6/. Hier zeigen beide Geräte annähernd die gleiche Dosisleistung an. Darunter zeigt eine ähnlich vergleichende Messung (Abb. 17) ein völlig unterschiedliches Ergebnis beider Geräte auf einer Packung Pottasche an (Kaliumcarbonat in der Anwendung als Backtriebmittel). Während der Radiacode-101 praktisch die Werte des Hintergrunds misst, zeigt der Inspector eine unerwartet hohe Dosisleistung an. Grund dafür ist, dass das großflächige Pancake-Zählrohr sowohl die Gammastrahlung bei 1452keV wie auch die breitverteilte Betastrahlung des flächigen Strahlers sehr gut erfassen kann

und dafür auch eine hohe Zähleffizienz aufweist. Der Radiacode-101 dagegen ist so gut wie unempfindlich gegen Betastrahlung und die Gammaenergie von 1452keV liegt in einem Bereich in dem die Zähleffizienz des kleinen CsJ Kristalls bereits stark nachlässt und das Zählergebnis so gut wie nicht mehr zur Dosisleistung beiträgt. Diese Energie liegt daher auch außerhalb des Energiebereichs, für den der RC-101 für Dosisleistungen spezifiziert ist. In einem Gammaskpektrum des RC-101 kann man dagegen deutliche K-40 Strahler meist noch erkennen. Dies sollte bei diesem Gerät stets beachtet werden.



Abb. 16: Vergleichende Messung des RC101 und dem Inspector an einem Radiobaryt Hotspot am Silvertbach in Marl



Abb. 17: Vergleichende Messung mit dem Radiacode-101 und dem Inspector an einem Päckchen Pottasche

Was zum Schluss noch erwähnt sein sollte, ist die Tatsache, dass es für den Radiacode-101 auch ein Windows basiertes Programm gibt, das ganz ähnliche Funktionen wie die Android App zur Einstellung, Steuerung und Datenbearbeitung hat. Die Mapping Funktion für Messwerte auf einen Kartendienst hat es aber nicht. Die Kommunikation unter Windows läuft über eine USB-C Schnittstelle am RC-101. Über diese USB-C Schnittstelle wird auch der Akku des Geräts geladen. Ein Firmware Update für das Gerät wird ebenfalls über diese USB-C Schnittstelle ausgeführt.

Literatur

/1/ Das KIT: Innen Hui und Außen Pfui - Das Karlsruher Referenz-Cäsium

<http://www.opengeiger.de/GeigerCaching/KarlsruherReferenzcaesium.pdf>

/2/ Anleitung zur Energiekalibrierung der Spektrumsdarstellung für den Radiacode-101 mit Hilfe einer Polynom-Trendlinie in MS Excel

<http://www.opengeiger.de/AnleitungSpektrumKalRC101.pdf>

/3/ Uran in Stuttgarts bester Lage

<http://www.opengeiger.de/GeigerCaching/UranKillesberg.pdf>

/4/ Der Kirchheimerstollen bei Müllenbach

<http://www.opengeiger.de/GeigerCaching/DokuMuellenbach.pdf>

/5/ Der Kohlekomprettest zum Radon- und Urannachweis

<http://www.opengeiger.de/Kohlekomprettest.pdf>

/6/ Kartierung der radioaktiven Kontaminationen am Silvertbach in Marl mit dem Radiacode 101

<http://www.opengeiger.de/GeigerCaching/KartierungRC101Marl.pdf>

Webseite des Herstellers des Radiacode-101:

<https://www.scan-electronics.com/>

Anhang

Technische Spezifikationen des Radiacode-101 (Stand: Juli 2021)

Device characteristics

Energy range of registered photon radiation (X-ray and gamma)	0.05...3 MeV
Dose rate assessment: ▪ range ▪ error ▪ time (display update period) ▪ time for a level of random error $\pm 15\%$ with natural radiation background $0.08 \mu\text{Sv/h}$	0.1...1000 $\mu\text{Sv/h}$ $\pm 15\%$ 0.5 s 34 s
Accumulated dose assessment: ▪ range	0...10 Sv
Non-volatile memory: ▪ registration volume of Standalone mode	last 1000 h
Continuous operation time (for fully charged battery)	up to 500 h
Built-in battery: ▪ type and capacity ▪ charging voltage, typical ▪ charging current, max ▪ full charge time, typical	Li-Pol 3.7 V, 1000 mAh 5 V 500 mA 2 h
Operating temperature range	-10...+35°C
Relative humidity, max	85 %
Wire connection: ▪ type ▪ cable ▪ current consumption, max	USB 2.0 and higher type C 500 mA
Wireless connection	BLE (Bluetooth 4.0 and higher)
Display	Monochrome graphic LCD, 128x48 pixels, 34x13 mm, FSTN, Transflective, Positive
Dimensions, W*H*D	123x34x18 mm
Weight	65 g
Dust and moisture protection, code	IP64