

# Gamma-ODL Referenzstrecke „Königstraße Stuttgart“

Bernd Laquai, 15.10.23

In den Jahren zwischen 2004 und 2010 wurde die Stuttgarter Haupteinkaufsmeile, die Königstraße in mehreren Bauabschnitten mit einem neuen Pflasterbelag versehen. Allein im geraden Stück der eigentlichen Königstrasse, zwischen Hauptbahnhof und Rotebühlplatz, wurden für rund 10 Millionen Euro 140000 Steinplatten aus Flossenbürger Granit auf 35000qm Fläche verlegt. In der sogenannten Querspange der Königstraße, zwischen Tübinger Straße und Kronprinzenstraße, wurden dann noch einmal für fast 2.9 Millionen Euro auf 5500 qm Fläche Flossenbürger Granit verlegt /1/. Im Oktober 2011 musste dann die Stadt Stuttgart der Frage nachgehen, warum auf der Prachtstraße die radioaktive Strahlung erhöht ist. Das lag schlichtweg daran, dass dem Flossenbürger Granit, der als Material für die Granitquader verwendet wurde, ein überdurchschnittlicher Gehalt an natürlichem Uran von etwa 20ug/g zugesprochen wird (siehe Flossi, /5/) und so die natürliche Radioaktivität des Granits auf der Königstraße eben zur normalen terrestrischen und kosmischen Strahlung in Stuttgart noch dazukommt. Das mit der Messung beauftragte Landesumweltamt Baden-Württemberg (LUBW) fuhr daher kurz darauf die Königstraße mit einem Messfahrzeug ab und stellte mit 20 zusätzlichen Handmessungen fest, dass die Gamma-Ortsdosisleistung im Bereich der Königstraße „im erwarteten Umfang“ erhöht ist, jedoch noch keine Gefährdung der Bevölkerung und insbesondere der Menschen, die dort arbeiten müssen, darstellt. Die Handmessungen ergaben einen Wert von im Mittel 0.23uSv/h, wobei der höchste Einzelwert bei 0.34uSv/h lag. Daraufhin gab die Stadt Entwarnung und die Stuttgarter Bevölkerung wurde mit einem Artikel in der Stuttgarter Nachrichten, der die Überschrift „Königstraße strahlt, aber nur ein wenig“ trug, wieder beruhigt /4/. Seitdem hat also die Stadt Stuttgart einen amtlich vermessenen Flächen-Prüfstrahler aus uranhaltigem-haltigem Granit im „Niedrigdosisbereich“.

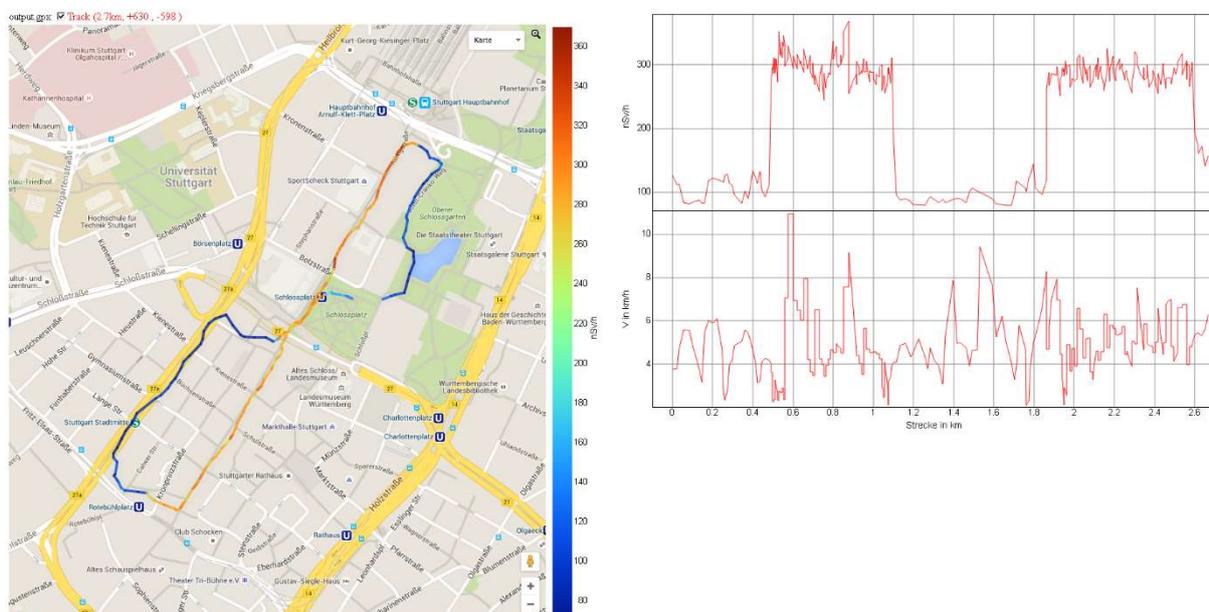


Fig. 1: Messung der Königsstraße mit einem selbstgebauten Szintillationszähler mit hoher Zählrate aus dem Jahre 2016. Der Messweg führt hier auch durch den Schlossgarten und über andere Straßen in der Nähe führt, so dass ein Rechteckmuster im Dosisleistungsverlauf entsteht („Königstraßen-Achter“).

Damit eignet sich die Stuttgarter Königstraße aber auch als Referenzstrecke für die Gamma-Ortsdosisleistung (Gamma-ODL) mit der zum Beispiel interessierte Bürger aus dem Citizen Science

Bereich ihre Messgeräte testen und vergleichen und ihre selbstgebauten Messgeräte kalibrieren können. Auch wenn Messungen aus dem Hobbybereich eigentlich gezeigt haben, dass der Belag der Königstraße mit der flächigen Aktivitätskonzentration relativ homogen verteilt ist, deuten die Handmessungen des LUBW eher darauf hin, dass doch eine gewisse Inhomogenität vorhanden ist. Außerdem ist der Granitbelag auch immer wieder durch kleinflächige Beläge aus anderem Material unterbrochen, so dass eine Mittelung angemessen erscheint, um die Königstraße als Referenz für eine Gamma-ODL verwenden zu können.

Daher ist nun die Idee, für einen Referenzwert die Gamma-ODL in 1m Abstand über dem Granitbelag (Gonadenhöhe) nur entlang des etwa 1.1km langen und geraden Stücks der Königstraße zu vermessen und aus den Messwerten den Mittelwert zu bilden. Der Referenzstrecke erstreckt sich dabei von dem Eingang zur U-Bahn-Haltestelle Hauptbahnhof (N48.782312 E9.181818) bis zum Eingang der U-Bahn-Haltestelle Rotebühlplatz (N48.774271 E9.174427).



Fig. 2: Beginn der Referenzstrecke beim Eingang zur U-Bahn-Haltestelle Hauptbahnhof. Die Quader aus Flossenbürger Granit als Straßenpflaster sind deutlich erkennbar



Fig. 3: Ende der Referenzstrecke beim Eingang zur U-Bahnhaltestelle Rotebühlplatz

Wenn man die Referenzstrecke in gemütlichem Bummeltempo in der Mitte der Königstraße entlangläuft, dann benötigt man vom Eingang der U-Bahn-Haltestelle Hauptbahnhof bis zum Eingang der U-Bahn-Haltestelle Rotebühlplatz in etwa 15 Minuten. Läuft man die Strecke 2-mal hin und wieder zurück (in der Summe also 4-mal), kann man das Geh-Tempo so einstellen, dass man genau 1 Stunde benötigt. Da manche Messgeräte eine Dosimeter-Funktion haben, mit der die Möglichkeit besteht, die kumulative Dosis darzustellen, die man über eine gewisse Messzeit aufammelt, kann man nach dem 4-maligen Messen der Referenzstrecke über genau 1 Stunde den Mittelwert auch leicht aus dem kumulativen Dosiswert bestimmen.

Dies wurde nun beispielhaft mit 4 Messgeräten, die preislich alle unter 1500 Euro liegen und nur werkseitig auf ein Cs137-Normal kalibriert sind, so durchgeführt. Folgende Geräte wurden dabei verwendet: Der Inspector der Firma SE International (der heutige, fast baugleiche Nachfolger heißt Ranger), der Gammascout der gleichnamigen Firma, der RC-101 der Firma Radiacode (bzw. Scan-Electronics) sowie der JT-RAD01 der Firma Joy-It (rebranded Gerät eines chinesischen Herstellers). Bis auf den RC-101 von Radiacode sind die Messgeräte nicht energiekompensiert, das heißt die ermittelte Gamma-ODL berücksichtigt nicht die Energieabhängigkeit der Zählrate von der Energie des Detektors. Der Hersteller Radiacode gibt für sein Gerät RC-101 jedoch an, dass die spektrale Auflösung der Zählrate über der Energie dazu benutzt wird, die Energieabhängigkeit der daraus berechneten Gamma-ODL des bei diesem Gerät verwendeten Szintillationsdetektors zu kompensieren.

Misst man auf der Stuttgarter Königstraße an einer festen Stelle über dem Granitpflaster und betrachtet das Display der Geräte, dann stellt man bei den meisten kostengünstigen Messgeräten eine erhebliche Schwankung des Messwerts fest, die davon abhängt, über welche Messzeit für die Anzeige des Messwerts gemittelt wird. Das rührt daher, dass die Zählraten der verwendeten Zählrohre niedrig sind und bei der kurzen Messzeit nur wenige Zählpulse für die Bestimmung der Zählrate bzw. der daraus berechneten Gamma-ODL verwendet werden können. Da die Anzahl der Zählpulse statistisch umso

stärker streut, je weniger Zählpulse für die Rechnung verwendet werden, streut auch das Ergebnis stark. Beim Gammascout ist dieser Effekt sehr krass, da er den Anzeigewert nur über die Auffrischungszeit des Displays von 2 Sekunden mittelt. Daher ist es bei diesem Gerät unbedingt erforderlich, entweder den intern verfügbaren Messwertspeicher im Zusammenhang mit der Datalogging-Funktion, oder die Anzeige der kumulativen Dosis in Verbindung mit der Messzeit, für eine Mittelung zu verwenden. Man kann beim Datalogging die Mittelungszeit für einen Messwert einstellen und erhält so eine Aufzeichnung von Messwerten in Abständen der Mittelungszeit. Ändert man vor dem Start und nach dem Ende des Begehens der Messstrecke die Mittelungszeit, so wird dies ebenfalls von der Datalogging-Funktion mitprotokolliert und man kann so nach dem Auslesen der Daten sehr einfach diejenigen Messwerte identifizieren, die zu der Messstrecke gehören. Die Alternative dazu ist das Rücksetzen der kumulativen Dosis und den Start der Dosis-Akkumulation am Start der Messstrecke. Wird am Ende die Akkumulation gestoppt, kann die Dosissumme und die dazugehörige Messzeit angezeigt werden. Der Mittelwert der Dosisleistung ist dann der Quotient aus dieser Dosissumme (kumulative Dosis seit dem Rücksetzen) und der zugehörigen Messzeit (seit dem Rücksetzen). Die Vorgehensweise sollte man zuvor aber in der Betriebsanleitung durchlesen und auch mal ausprobieren, denn die Bedienung des Gammascout ist nicht gerade intuitiv.

Der Inspector verwendet für die Display Anzeige einen Algorithmus, der auch über die Anzeigewerte hinweg mittelt, daher zeigt er einen Momentanwert auf dem Display sehr viel stabiler an. Aber auch beim Inspector (bzw. Ranger) empfiehlt es sich die eingebaute Datalogging-Funktion zu verwenden. Allerdings loggt der Inspector nur die gemessene Zählrate und nicht die daraus berechnete Dosisleistung. Man muss also vor der Auswertung selbst den Zusammenhang zwischen Zählrate und Dosisleistung in  $\mu\text{Sv/h}$  pro cpm bestimmen. Das kann man am besten dadurch erreichen, dass man mit einem Prüfstrahler aus Unat und der mitgelieferten Observer-Software für den PC sowohl die Dosisleistung wie auch die Zählrate anzeigen lässt. Wenn man dabei nun den Abstand des Prüfstrahlers vom Detektor variiert, dann erhält man Wertepaare aus Zählrate und Dosisleistung, die man als x-y Punkte in den Einheiten  $\mu\text{Sv/h}$  über cpm in einer Grafik darstellen kann. Deckt man dann so in etwa den Bereich der Dosisleistung von  $0.1\mu\text{Sv/h}$  bis  $1\mu\text{Sv/h}$  ab, kann man in Excel durch die Messpunkte eine lineare Trendlinie (Gerade) mit dem Schnittpunkt bei 0 legen und die Steigung in  $\mu\text{Sv/h}$  pro cpm als Umrechnungswert in der Grafik anzeigen lassen. Mit diesem Umrechnungswert kann man schließlich die cpm-Werte in der Log-Datei in  $\mu\text{Sv/h}$  Werte umrechnen.

Der Joy-It JT-RAD01 hat keinen Messwertspeicher, in den man Messwerte abspeichern kann. Er zeigt im Echtzeit-Modus allerdings einen Durchschnittswert über etwa 3,25 Minuten Messzeit an. Das ist die Zeit, über die er auch ein Verlaufsdiagramm der momentanen Messwerte auf dem Display im Verlaufsmodus anzeigt. Die Anzeige der momentanen Messwerte im Echtzeit-Modus streut daher weniger aber immer noch deutlich, da die Mittelung dafür, relativ zur Zählrate über dem Granitbelag, immer noch kurz ist. Daher empfiehlt es sich auch bei diesem Gerät die kumulative Dosis über die als „Gesamt“ rechts unten im Echtzeit-Menü dargestellte Messzeit für die Dosissumme zu verwenden und durch Division beider Werte den Mittelwert der Dosisleistung zu berechnen. Wichtig dabei ist nur, dass man zu Beginn der Messstrecke die kumulative Dosis auch zurücksetzt.



Fig. 4: Der RD-01 von Joy-It trifft den Mittelwert der vom LUBW gemessenen Werte nach 4-maligen Abläufen der Referenzstrecke sehr gut

Der Radiacode RC-101 ist ein Messgerät das zusammen mit einer App auf dem Mobiltelefon verwendet wird. Es verwendet einen Szintillationsdetektor, der eine im Vergleich zu den Zählrohr-Instrumenten deutlich höhere Zählrate verwendet und daher weniger Schwankungen bei Einzelwerten der angezeigten Dosisleistung zeigt. Auf der Königstraße erreicht er allerdings auch nur etwa 15 Zählpulse pro Sekunde, so dass man schon noch deutlich eine statistische Streuung erkennen kann. Daher ist beim RC-101 eine Mittelung ebenfalls noch sinnvoll. Das Hauptmenu der App zeigt die gemessene Dosisleistung in einem Chart an und macht nach einer gewissen Zeit dabei auch eine gewisse Mittelung. Allerdings ist nicht ganz klar, wie genau diese Mittelung erfolgt. Die einfachste Art eine gute Mittelung über die Messzeit zu erhalten ist daher, dass man zu Beginn der Messstrecke in die Spektrum-Ansicht wechselt und die Spektrum-Akkumulation neu startet und am Ende der Messstrecke den beim Spektrum angezeigten Mittelwert der Dosisleistung abliest, der dann über die gesamte Zeit nach dem Neustart der Spektrum-Akkumulation berechnet wird. In der Karten-Ansicht wird die momentane Dosisleistung mit farbcodierten Punkten entlang der Messtrecke dargestellt, wobei die Lage der Punkte auf der Landkarte über das GPS des Mobiltelefons bestimmt wird. Diese Darstellung ergibt einen ungefähren Eindruck der Variation der Dosisleistung. Allerdings könnte diese Variation eben nicht allein durch die Inhomogenität des Strahlungsfeldes hervorgerufen sein, sondern auch, wie im Fall der Königstraße, durch die statistische Streuung bei der Berechnung der Zählraten.

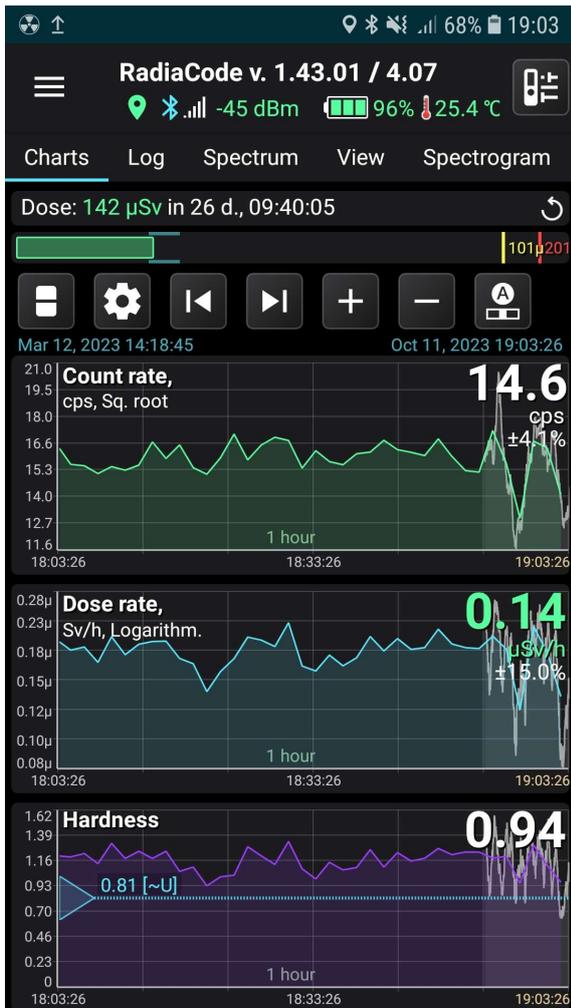


Fig. 5a (links): Das Chart-Menu der RC-101 App zeigt den Verlauf von Dosisleistung und Zählrate in den oberen beiden Diagrammen an. Die Mittelungszeit für die Punkte der Graphen ist unklar, und die Werte streuen auch bedingt durch die Statistik.

Fig. 5b (rechts): Im Spektrum-Menu wird das Gamma-Spektrum aus dem Zählpulsen akkumuliert. Es werden sowohl die Messzeit, die Zählrate, die berechnete Dosisleistung als Mittelwert mit statistischer Genauigkeit und die kumulative Dosis seit dem Neustart des Spektrums ausgegeben.

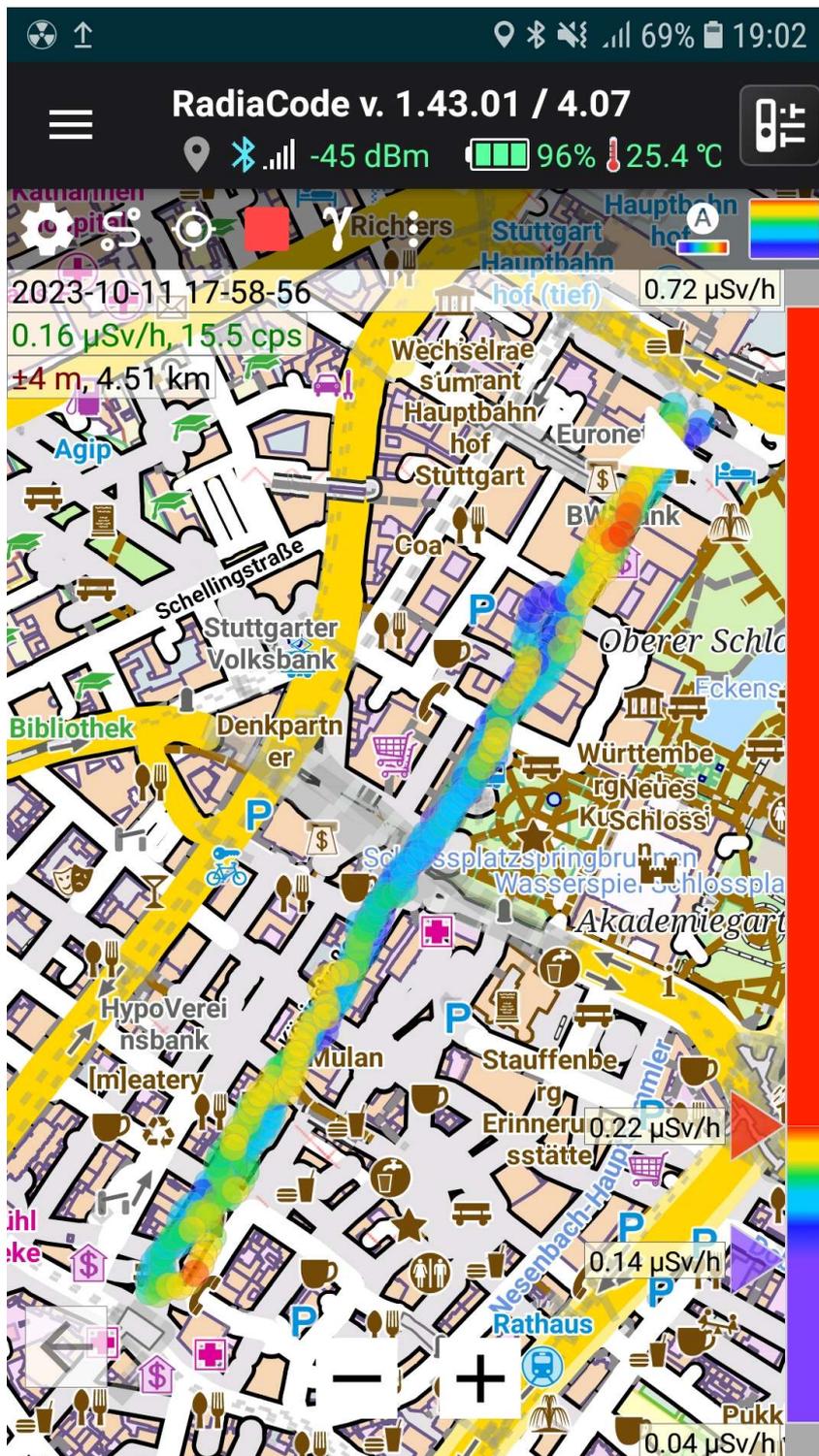


Fig. 6: Karten-Menü des RC-101, die Messwerte werden als farbcodierte Punkte entsprechend der gemessenen Dosisleistung auf der Karte dargestellt. Die Spur zeigt das 2-malige hin und wieder her laufen der Referenzstrecke, die Farbmarker zeigen in etwa den Schwankungsbereich der Dosisleistung

Die mit den 4 Messinstrumenten gemessenen Mittelwerte für die Gamma-ODL entlang des Messwegs (4-mal die Referenzstecke, 2-mal hin, 2-mal her) ergeben nun im Vergleich zu dem Mittelwert aus den Handmessungen des LUBW bei dieser Beispielmessung eine relativ gute Übereinstimmung der Zählrohr-basierten Instrumente mit dem Mittelwert der LUBW. Lediglich der RC-101 zeigt eine

deutliche Abweichung in Richtung niedrigerer Werte hin. Daher ist anzunehmen, dass dieses Instrument bei niedrigen Dosisleistungen nicht so ganz genau misst, wie die übrigen Messinstrumente. Möglicherweise ist dies durch den Algorithmus zur Energiekompensation bedingt.

Messinstrument	Detektor-Technologie	Ortsdosisleistung Referenzstrecke [uSv/h]	Zählrate Referenzstrecke [cps]	Messzeit [h]
Mittelwert "Handmessungen" LUBW	unbekannt	0.23	unbekannt	unbekannt
Radiacode-101	Szintillationsdetektor CsI-Kristall 1cm <sup>3</sup>	0.18	15.9	1h
Gammascout	Endfensterzählrohr LND 712	0.242	0.528	1h
Inspector	Pancake-Zählrohr LND7317	0.238	1.31	1h
Joy-It JT-RAD01	GM-Zählrohr J321	0.23	0.508	1h

Tabelle 1: Ergebnisse der gleichzeitigen Messung mit den 4 Messinstrumenten im Vergleich zu dem Mittelwert aus den Handmessungen des LUBW

Insgesamt kann man damit aber deutlich erkennen, dass die Definition einer Referenzstrecke auf der Königstraße für die Bestimmung einer Gamma-ODL im Dosisleistungsbereich zwischen 0.2uSv/h bis 0.3uSv/h sehr gut möglich ist und vor allem im Falle der Zählrohr-basierten Instrumente trotz der werkseitigen Kalibrierung auf Cs137 und ohne die Energiekompensation beim Unat-haltigem Granit des Pflasterbelags auf der Stuttgarter Königstraße relativ gute Ergebnisse liefert. Daher stellt die Gamma-ODL Referenzstrecke auf der Königstraße zusammen mit dem bereits definierten Gamma-ODL Referenzpunkt in der Kapelle im Höhenpark Killesberg, mit einem Gamma-ODL-Wert von etwa ca. 0.6uSv/h (siehe /7/), für Normalbürger wie für Bürgerforscher und Hobbyisten eine gute Möglichkeit dar, in Stuttgart ihre Messinstrumente auf die korrekte Funktion zu überprüfen bzw. zu kalibrieren. Es wäre auch wünschenswert, dass diese Referenzstrecke Beispiel für weitere Referenzstrecken in anderen Städten ist, wie z.B. auf Straßen mit Kupferschlackesteinen, z.B. in Dresden vor der Semperoper oder in Weimar auf der Frauentorstraße, wo die Gamma-ODL auch deutlich erhöht ist.

## Literatur

/1/ Elke Hauptmann Stuttgarter Nachrichten; Schöne neue Königstraße, Dickes Granitpflaster wird verlegt - Kosten kommen teurer als erwartet; 20.12.2010

/2/ Bernd Laquai; Die Stuttgarter Königstrasse – Eine Rennstrecke für Geigerzähler? 8.10.2012

/3/ Hildegund Oßwald, Stuttgarter Zeitung; Strahlt Königstraße radioaktiv? 11.10.2012

/4/ Eva Funke, Stuttgarter Nachrichten; Radioaktivität gemessen  
Königstraße strahlt, aber nur ein wenig; 26.10.2012

/5/ Regina Kalchgruber;  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C als Dosimeter zur Bestimmung der Dosisleistung bei der Lumineszenzdatierung; Dissertation an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg; 2002

/6/ Bernd Laquai; Gamma-ODL Referenzpunkt „Kapelle im Höhenpark Killesberg in Stuttgart“;  
<http://opengeiger.de/RefpunktKapelleKillesberg.pdf>; 5.10.2023