

Berichterstattung
der von Einzelpersonen der Bevölkerung
erhaltenen Exposition nach § 101 StrlSchV
für das Jahr 2024

Jacqueline Groll
Christian Heid



Kasinostraße 60
64293 Darmstadt
☎ : +49 6151/9279 23
FAX : +49 611/327 65 9000
📧 : Jacqueline.Groll@hlnug.hessen.de

Aktenzeichen : I5 - 99 e 08
Bearbeiter : I5 – He
3. Dezember 2025

Berichterstattung der von Einzelpersonen der Bevölkerung erhaltenen Exposition nach § 101 StrlSchV

Jahr 2024

Inhalt

1	Einleitung und rechtlicher Hintergrund.....	1
2	Grundsätzliches Vorgehen.....	2
2.1	Ermittlung möglicher Aufenthaltsorte von Einzelpersonen der Bevölkerung	2
2.2	Feststellung der möglichen Zeiten einer Exposition	2
2.3	Ermittlung der Aufenthaltszeiten bzw. Aufenthaltsfaktoren	2
3	Durchführung an einer Nuklearmedizinischen Praxis	2
3.1	Curanosticum MVZ GmbH, Aukammallee 33, 65191 Wiesbaden Therapiestation im 2.OG ..	3
3.1.1	Örtliche Gegebenheiten	3
3.1.2	Applizierte Nuklide und Aktivitäten	4
3.1.3	Quelle Patienten.....	4
3.1.4	Quelle Abwasserleitungen.....	7
3.1.5	Quelle Abfalllager	7
3.1.6	Aufenthaltsorte	8
3.1.7	Ergebnisse.....	10
4	Fazit	11
5	Vergleichende Gegenüberstellung der erhaltenen Exposition und der Strahlenexposition durch natürliche Quellen.....	12

1 Einleitung und rechtlicher Hintergrund

Der Gesetzgeber hat vorgegeben, dass Einzelpersonen der Bevölkerung (EdB) keine höhere Exposition als 1mSv im Jahr durch von Menschen verursachte ionisierende Strahlung erhalten sollen (§ 80 StrlSchG). Einrichtungen, die Umgang mit radioaktiven Stoffen haben oder Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung (z.B. Beschleuniger) betreiben, haben vor der Aufnahme ihrer Tätigkeit im Rahmen von Genehmigungen oder Anzeigen von Tätigkeiten nachgewiesen, dass der zuvor beschriebene Dosisgrenzwert für EdB eingehalten wird. Da dabei meist konservative Annahmen getroffen wurden, ist die Einhaltung des Expositions Kriteriums garantiert.

Bei Genehmigungs- oder Anzeigeverfahren werden allerdings in der Regel nur eine Quelle oder örtlich zusammenwirkende Quellen in derselben Einrichtung betrachtet (Quellenbezug). Der gesetzlich vorgeschriebene Jahresdosisgrenzwert von 1 mSv für Einzelpersonen der Bevölkerung

bezieht sich jedoch auf die Summe aus sämtlichen Expositionen (Personenbezug), wodurch verschiedene und auch einrichtungsübergreifende Quellen eingeschlossen sind. Um das Zusammenwirken verschiedener Quellen bei der Exposition der Einzelperson der Bevölkerung bewerten zu können, soll im Nachhinein (retrospektiv) für jede genehmigungspflichtige Einrichtung (Quelle) die durch sie verursachte Exposition ermittelt werden. In diesem Rahmen wurde das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) vom Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU) als zuständige Behörde beauftragt, gemäß § 101 StrlSchV jährlich die von einer repräsentativen Person im vorhergehenden Kalenderjahr erhaltenen Körperdosen nach § 80 Absatz 1 und 2 StrlSchG zu ermitteln.

2 Grundsätzliches Vorgehen

Um die Exposition einer Einzelperson der Bevölkerung im Sinne des StrlSchG retrospektiv zu ermitteln, wurden zuerst alle Einrichtungen ermittelt, an denen die Möglichkeit besteht, eine durch radioaktive Stoffe verursachte Strahlendosis zu erhalten (Einrichtungen zur Erzeugung ionisierender Strahlung hat Hessen vorerst ausgeklammert). Dazu wurde auf das Hessische Strahlenschutzkataster SKAT-S zurückgegriffen.

Um eine Strahlendosis in nennenswertem Umfang zu erhalten, muss man sich in der Nähe einer radioaktiven Quelle mit sehr hoher Aktivität aufhalten. Solche Quellen werden meist im medizinischen Bereich eingesetzt, weshalb sich zunächst auf dieses Einsatzgebiet konzentriert wird.

2.1 Ermittlung möglicher Aufenthaltsorte von Einzelpersonen der Bevölkerung

Bei jeder dieser Einrichtungen musste einzeln untersucht werden, an welchen Orten bzw. Flächen sich eine EdB im Sinne des StrlSchG aufhalten kann, sodass sie einer Exposition der gegenwärtig untersuchten Einrichtung ausgesetzt war. Die räumlichen Begebenheiten lassen sich an Gebäude- und Rettungsplänen ablesen. Die tatsächliche Art der Nutzung aller Flächen, beispielsweise ob EdB überhaupt Zutritt haben, lässt sich aber meist nur durch eine Befragung und Begehung vor Ort erschließen.

2.2 Feststellung der möglichen Zeiten einer Exposition

Für jede Einrichtung ist zu ermitteln, zu welchen Zeiten eine Exposition stattgefunden haben kann. Bei medizinischen Anwendungen ist z. B. zu ermitteln, welche und wie viele Behandlungen über das Jahr stattgefunden haben, von welcher Dauer diese waren und in welchen Zeiten die Behandlungen üblicherweise durchgeführt wurden.

2.3 Ermittlung der Aufenthaltszeiten bzw. Aufenthaltsfaktoren

Für jeden dieser Orte muss realitätsnah die Aufenthaltszeit einer EdB bestimmt werden. Zur Bestimmung des Aufenthaltsfaktors τ , der zur Gewichtung bzw. Skalierung der Expositionsergebnisse benötigt wird, wird die realitätsabbildende Aufenthaltszeit mit der Dauer der medizinischen Anwendung bzw. der Präsenz der Quelle ins Verhältnis gesetzt. Sind keine Aufenthaltsfaktoren ermittelbar, wird auf die Annahmen der DIN 6844 Teil 3 zurückgegriffen.

3 Durchführung an einer Nuklearmedizinischen Praxis

Hessen hat seine Messkampagne zur Bestimmung der retrospektiven Exposition von EdB an einer nuklearmedizinischen Praxis fortgeführt. Im Gegensatz zu Brachytherapie-Einrichtungen wird bei Nuklearmedizinischen Praxen die retrospektive Dosisabschätzung nicht basierend auf Messungen der Ortsdosisleistung durchgeführt, sondern durch eine theoretische Berechnung. Diese alternative Herangehensweise wurde gewählt, da für die Durchführung von Vor-Ort-Referenzmessung die

Therapiestation für längere Zeit hätte stillgelegt und der Patientenbetrieb komplett hätte eingestellt werden müssen, was in dieser Form nicht möglich ist.

Für die theoretischen Berechnungen wird auf Baupläne mit Materialangaben und Prüfberichte des Genehmigungsverfahrens zurückgegriffen. Des Weiteren wird bei den Dosisberechnungen anstelle von Dosisleistungskonstanten auf spezifische Dosiskonstanten für die Anwendung von Radiopharmaka am Patienten zurückgegriffen, die neben physikalischen Aspekten auch die Physiologie bzw. den Stoffwechsel des Patienten berücksichtigen. Dies ist notwendig, da Patienten das Radionuklid verabreicht wird und die Patienten somit selbst zur Quelle werden.

3.1 Curanosticum MVZ GmbH, Aukammallee 33, 65191 Wiesbaden Therapiestation im 2.OG

3.1.1 Örtliche Gegebenheiten

Die nuklearmedizinische Therapiestation der Curanosticum MVZ GmbH ist im Gebäude der DKD Helios Klinik GmbH in Wiesbaden untergebracht. Die Therapiestation befindet sich im 2.OG und kann nur durch eine Schleuse betreten werden. Zutritt haben nur Patienten und Fachpersonal, die nicht als EdB gelten. Unterhalb der Therapiestation befinden sich weitere Räumlichkeiten der nuklearmedizinischen Praxis (Sekretariat, Besprechungs- und Behandlungszimmer). Das dort beschäftigte Personal, inklusive Sekretärinnen, ist auch dosisüberwacht, sodass diese Personen ebenfalls nicht als EdB zu betrachten sind. Oberhalb der Therapiestation ist das Dach und keine weitere Aufenthaltsmöglichkeit. Da das Curanosticum aber auch anderweitige diagnostische Anwendungen betreibt kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Fachkräfte in dem Gebäude in der Nuklearmedizin arbeiten und dosisüberwacht sind, wodurch sie somit potentiell EdB sein können.

In Tabelle 1 sind die für die retrospektive Dosisberechnung relevanten Wände mit ihren entsprechenden Abschirmfaktoren nuklidspezifisch zusammengefasst. Zur Bestimmung der entsprechenden Abschirmfaktoren $F_{Nuklid}(Wand)$ wurde auf Angaben zu den verbauten Materialien und Materialstärken aus den Bauplänen, Bleieinlage-Plänen und Genehmigungsunterlagen zurückgegriffen.

Tabelle 1: Abschirmfaktoren der Wände für verschiedene Nuklide

Wand	Lage	Abschirmfaktoren F	
		F_{I-131}	F_{Lu-177}
1	Abschirmung in Schleusenraum B.225	37,7	44800
1a	Abschirmung in Schleusenraum B.225	122	1,50E+06
2	Wand von Schleusenraum B.225 zu Flur B.2F02	8,2	1200
3	Wand zwischen Patientenzimmer B.223 und Flur B.2F02	14,0	1200
4	Wand zwischen den Patientenzimmern B.222 und B.223	2,0	16,8
5	Wand zwischen den Patientenzimmern B.221 und B.222	24,0	2400
6	Wand zwischen Patientenzimmern B.217 und Flur B.2F02	1	1
6a	Wand zwischen Patientenzimmer B.217 und Flur B.2F02	12,1	42,2

6b	Wand von Flur B.2F02 zu Innenhof		12,1	42,2
7	Wand zwischen den Patientenzimmern B.219 und B.220		5,6	487
8	Wand zwischen den Patientenzimmern B.218 und B.219		5,6	487
9	Wand zwischen den Patientenzimmern B.218 und B.211		21,8	11000
10	Wand zwischen den Patientenzimmern B.217 und B.212		21,8	11000
11	Wand zwischen Patientenzimmer B.217 und Flur B.203		21,8	11000
12	Wand zwischen Patientenzimmer B.223 und Flur B.201		6,0	15,8
A	Alle Wände nach außen (Höhe bis 80 cm)		1,8	2,7
B	Bodenplatte zu 1. OG		12,1	42,2
L	Abschirmung Abwasserleitungen		5,6	487
U	Abschirmung Abfalllager		4,5	10,5

3.1.2 Applizierte Nuklide und Aktivitäten

In Tabelle 2 ist aufgeführt, welche Nuklide laut SKAT-S in welcher Häufigkeit im Rahmen von nuklearmedizinischen Anwendungen im Jahr 2024 verabreicht wurden und was sich dadurch nuklid-spezifisch für applizierte Gesamt-Aktivitäten (in Summe) ergeben haben.

Tabelle 2: Summe der applizierten Aktivitäten im Jahr 2024

Nuklid	Gesamt-Aktivität	Anzahl der Anwendungen
Ac-225	631 MBq	88
I-123	27,54 GBq	153
I-131	536,9 GBq	301
Lu-177	3,15 TBq	433
Tc-99m	429 GBq	1026
Y-90	31,2 GBq	4

Die Nuklide Y-90 und Ac-225 (mit einer Reinheit von > 99%) können vernachlässigt werden, da sie keine Gamma-Strahler sind. Die Nuklide Tc-99m und I-123 haben jeweils eine so kurze Halbwertszeit und eine so geringe Dosisleistung, dass diese nur ambulant verabreicht werden und keine Hospitalisierung stattfindet, sodass diese Nuklide ebenfalls im Rahmen der retrospektiven Dosisermittlung nicht betrachtet werden müssen.

3.1.3 Quelle Patienten

Da die Patienten durch Anwendung der Radionuklide I-131 und Lu-177 selbst zu Strahlenquellen werden, muss die von ihnen ausgehende Strahlung berücksichtigt werden. Bis zur Entlassung halten

sich die Patienten hauptsächlich in ihren Zimmern in der Therapiestation auf. Entlassungskriterium ist, dass nach der Entlassung die summierte Dosis in 2 m Entfernung unter 1 mSv pro Jahr bleibt. Dabei müssen auch mehrfache Therapien berücksichtigt werden.

Für die Berechnung der Strahlenbelastung, welche sich durch Anwendung von I-131 am Patienten ergibt, wurde gemäß DIN 6844-3 die Dosiskonstante h_{int}^* verwendet.

Für das in der Radio-Liganden-Therapie eingesetzte Nuklid Lu-177 hingegen gibt es keinen in einer Norm dokumentierten Wert für die Dosiskonstante. Aufgrund dessen wurde hier die Dosiskonstante anhand von Veröffentlichungen in der Fachliteratur abgeleitet. Dabei wurden die Angaben der effektiven Halbwertszeit¹ im Patienten und der effektiven Dosisleistungskonstante² verwendet. Mit einem bi-exponentiellen Ansatz für die Dosisleistung ergibt sich in 48 Stunden der Hospitalisierung eine spezifische Dosiskonstante von 0,049 mSv·m²/GBq. Bei einer applizierten Aktivität von 8 GBq ergibt das nach 48 Stunden im Abstand von 2 m eine Dosisleistung von 1,1 µSv/h und eine anschließend kumulierte Dosis von 0,25 mSv, womit das Entlassungskriterium erfüllt ist. Die dabei verwendeten Konstanten sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Verwendete Konstanten (und abgeleitete) spez. Dosiskonstante h_{int}^* der beiden Nuklide

Nuklid	$T_{1/2}^{eff}$ [h]	$T_{1/2}^{phys}$ [h]	$\Gamma_{\dot{H}}^{eff}$ [µSv m ² /h GBq]	T^{Dis} [h]	h_{int}^* [mSv m ² /GBq]
I-131		192,5			1,35
Lu-177	1,69 (73%) 41,01 (27%)	159,5	4,62	48	0,049

Jedes der 14 Patientenbetten der nuklearmedizinischen Therapiestation (verteilt auf 7 Patienten-Doppelzimmer) wird einzeln als Quelle gewertet und leistet einen Beitrag zur Dosisbelastung am entsprechend betrachteten Aufenthaltsort der EdB (Ziel, Aufpunkt). Aufgrund der hohen Zahl der jährlichen Anwendungen ist davon auszugehen, dass die vorhandenen 14 Betten der Station in etwa gleich häufig belegt sind. Daher wurden die angewendeten Aktivitäten für I-131 und Lu-177 aus Tabelle 1 gleichmäßig auf alle Zimmer und Betten verteilt. Für die Abschirmung berücksichtigt wurde jeweils nur die Wand auf dem Weg von Quelle zu Ziel, die den höchsten Abschirmfaktor hat.

Als Beispiel für die durch I-131 verursachte jährliche Dosisbelastung in der Teeküche (Raum B.226) sind in Tabelle 4 die entsprechenden Einzelberechnungen dargestellt. Die im Jahr 2024 angewandte Aktivität von 536,9 GBq I-131 verursachte in der Teeküche eine Dosis von 968 µSv. Dabei wurde der Aufenthaltsfaktor nicht berücksichtigt (Daueraufenthalt, $\tau = 1$).

In Abbildung 1 sind zur Veranschaulichung die dabei berücksichtigten Strahlengänge von den einzelnen Patientenbetten zum Aufpunkt in der Teeküche eingezeichnet.

¹ Kurth et al., External radiation exposure, excretion, and effective half-life in ¹⁷⁷Lu-PSMA-targeted therapies, EJNMMI Res. 2018 Apr 12;8(1):32.

² Kranert et al., Anticipating Criteria for Discharge after Lu-177-PSMA Treatment, Nuklearmedizin 2022; 61(02): 111-119

Abbildung 1: Strahlengänge von den 14 Quellen zum Aufpunkt in der Teeküche B.226. Die abschirmenden Wände sind blau gezeichnet.

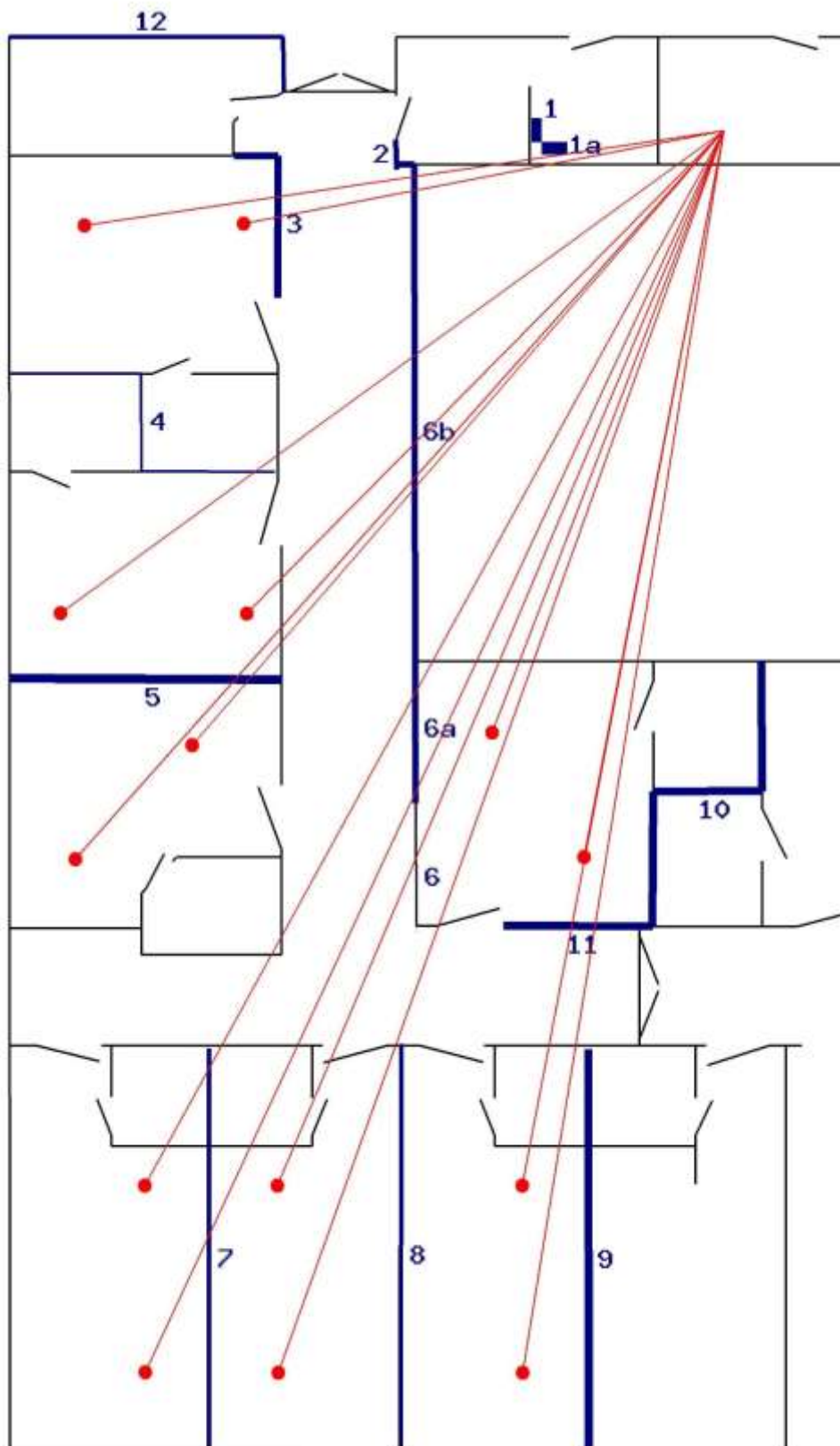


Tabelle 4: Einzelberechnungen der durch I-131 verursachten Dosisleistungen in der Teeküche Raum B.226

Quelle	r [m]	Wand	F_{I-131}	Dosisleistung [$\mu\text{Sv/a}$]
B.223	12,15	3	14,0	2,50E+01
	9,20	3	14,0	4,37E+01
B.222	15,42	6b	12,1	1,80E+01
	12,76	6b	12,1	2,63E+01
B.221	18,33	5	24,0	6,41E+00
	15,28	5	24,0	9,24E+00
B.220	22,62	6a	12,1	8,35E+00
	25,75	6a	12,1	6,45E+00
B.219	21,53		1	1,12E+02
	24,81		1	8,41E+01
B.218	20,19	11	21,8	5,82E+00
	23,65	11	21,8	4,24E+00
B.217	12,13		1	3,52E+02
	13,91		1	2,68E+02

3.1.4 Quelle Abwasserleitungen

Die Dosisbelastung durch die Abwasserleitungen kann nicht berechnet werden, da das Abwasser durch die Leitungen abgesaugt wird und der verbleibende Rest unbekannt ist. Daher wurden Messungen zur Abschätzung herangezogen. Bei der Blei-Abschirmung durch die abgehängten Kabeltrassen wurde nur das Nuklid I-131 berücksichtigt. Direkt an den Leitungen (Abstand 5 cm) wurden ohne Abschirmung Dosisleistungen bis zu 22 $\mu\text{Sv/h}$ gemessen und in Brusthöhe (1,4 m, Abstand 1,4 m) etwa 1 $\mu\text{Sv/h}$. Wegen der linearen Abhängigkeit von der Entfernung der Leitung und der nachträglich angebrachten Abschirmung ergibt sich dadurch eine jährliche Dosiskonstante von 2190 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m/a}$, welche für alle weiteren Berechnungen zugrunde gelegt wird.

3.1.5 Quelle Abfalllager

Im Untergeschoß befindet sich der Abklingraum B.U07, in dem Abfall zwischengelagert wird. Zutritt zu diesem Raum hat nur Personal der Therapiestation. Bei der Berechnung der Strahlenbelastung wurde auf die maximal erlaubten Abfallmengen zurückgegriffen, da der genaue zeitliche Ablauf nicht erfasst wird. Da auch die räumliche Verteilung nicht bekannt ist, wird zur Berechnung der effektiven Dosis eine Punktquelle in der Mitte des Raumes angenommen. Die Berechnungsgrundlagen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Verwendete Konstanten zur Berechnung der Dosis durch Abfall mit den beiden Nukliden

Nuklid	maximal erlaubte Abfallmenge [GBq]	$\Gamma_{\dot{H}}^*$ [$\mu Sv\ m^2/h\ GBq$]
I-131	0,150	66
Lu-177	0,010	5,9

3.1.6 Aufenthaltsorte

Nachfolgend werden die Aufenthaltsorte von EdB näher beschrieben, die dosisrelevant sind und daher im Fokus der retrospektiven Dosisberechnungen stehen. Die betrachteten Orte wurden so gewählt, dass EdB der Zugang möglich ist.

Patientenzimmer B.211 und B.212

Bei den Räumen B.211 und B.212 handelt es sich um Patientenzimmer der angrenzenden, nicht nuklearmedizinischen, Station. Diese beiden Patientenzimmer schließen nord-westlich direkt an die Therapiestation der Nuklearmedizin an und in beiden Zimmern können sich sowohl Patienten als auch Personal aufhalten. Da diese in den Räumen B.211 und B.212 anzutreffenden Personengruppen nicht zwingend der Nuklearmedizin zugeschrieben werden können, müssen sie als EdB eingestuft werden. Für die Aufenthaltsdauer eines Patienten werden maximal 2 Wochen pro Jahr als realistisch angesehen, d.h. $\tau_{Patient} = 2/52 = 0,038$. Für das Personal wird angenommen, dass dieses unter der Woche 8 mal für jeweils 10 Minuten das Zimmer betritt und am Wochenende 4 mal für jeweils 10 Minuten. Somit ergibt sich $\tau_{Personal} = 8\ h/Woche = 0,048$.

Teeküche Raum B.226

Bei Raum B.226 handelt sich um eine Teeküche. Diese liegt süd-westlich und grenzt direkt an die Schleuse der Nuklearmedizin (Raum B.225) an. Der Zutritt zu diesem Raum ist nicht beschränkt. Gemäß DIN 6844 kann für einen solchen Ort eine jährliche Aufenthaltszeit von 200 Stunden angenommen werden ($\tau = 0,023$).

Arztzimmer B.228

Bei Raum B.228 handelt es sich um ein südlich zur Therapiestation gelegenes Arztzimmer. Für dieses kann nicht angenommen werden, dass es ausschließlich durch Ärzte der Nuklearmedizin genutzt bzw. belegt wird. Ärzte, die nicht zur Nuklearmedizin gehören und somit auch nicht strahlenüberwacht sind, müssen ebenfalls als EdB betrachtet werden. Für EdB in ärztlicher Tätigkeit wird angenommen, dass sie in 46 Wochen pro Jahr an den Werktagen bis zu 4 Stunden in einem solchen Raum verbringen ($\tau = 0,105$). Die angenommenen 46 Arbeitswochen ergeben sich dabei durch Berücksichtigung von 30 Tagen Urlaub.

Flur B.2F01

Für den Flur südlich der Station wird gemäß DIN 6844 eine jährliche Aufenthaltszeit von 200 Stunden angenommen ($\tau = 0,023$). Da in dem Flur keine Sitzgelegenheiten vorhanden sind und somit kein längeres Verweilen stattfindet, wurde die Dosis in diesem Bereich gemittelt. In Tabelle 6 sind auch die minimale und maximale Dosisleistung in Klammern angegeben.

Patientenzimmer B.237

Direkt südlich an die Therapiestation der Nuklearmedizin angrenzend liegen weitere Patientenzimmer. Repräsentativ für diese Räume wird das Patientenzimmer B.237 näher untersucht. Dieses wird genau wie die vorgenannten Patientenzimmer berücksichtigt.

Wartebereich im Flur B.F102

Unterhalb der Therapiestation (im 1.OG) befinden sich weitere Räumlichkeiten der nuklearmedizinischen Praxis. Im Flur B.F102 vor den Behandlungszimmern B.129-B.132 gibt es einen Wartebereich. Es besteht die Möglichkeit, dass Patienten, die in den Behandlungszimmern untersucht werden, eventuell durch Begleitpersonen begleitet werden, die sich im entsprechenden Wartebereich aufhalten.

Unterhalb der Decke in einer Höhe von 2,8 m verlaufen die Abwasserleitungen von Toiletten, Duschen und der Rückführung von Spülwasser, die auch zur Exposition beitragen. Für die effektive Dosis wird ein minimaler Abstand von 1,5 m berücksichtigt.

Für den Wartebereich kann man konservativ eine Aufenthaltsdauer von 5 Tagen pro Jahr annehmen ($\tau_{\text{Begleitung}} = 0,005$). Für sonstiges Personal, wie beispielsweise Reinigungskräfte, gilt wieder eine jährliche Aufenthaltszeit von 200 Stunden ($\tau_{\text{sonst.Personal}} = 0,023$).

Behandlungszimmer B.129-B.132

Ebenfalls unter der Therapiestation befinden sich Behandlungszimmer, zu denen nur das hier beschäftigte Personal (keine EdB) und Patienten Zutritt haben.

In einem Abstand von 3,1 m zur Mitte der Räume müssen hier auch die Abwasserleitungen berücksichtigt werden, die eine zusätzliche Dosisleistung verursachen.

Für Patienten kann man konservativ eine ambulante Aufenthaltsdauer von 5 Tagen pro Jahr annehmen ($\tau = 0,005$).

Wartezimmer B.151

Unterhalb der Schleuse der Nuklearmedizin befindet sich das Wartezimmer B.151. Für dieses Wartezimmer kann für Patienten und deren Begleitpersonen wie zuvor von einer Aufenthaltsdauer von 5 Tagen pro Jahr ausgegangen werden ($\tau_{\text{Begleitung}} = 0,005$). Für sonstiges Personal gilt wieder eine jährliche Aufenthaltszeit von 200 Stunden ($\tau_{\text{sonst.Personal}} = 0,023$).

Arztzimmer B.152

Westlich vom Wartezimmer B.151 liegt das Arztzimmer B.152. Für dieses können dieselben Annahmen wie für das Arztzimmer B.228 getroffen werden ($\tau = 0,105$).

Lichthof

Bei dem Gebäude, in welchem sich die Curanosticum MVZ GmbH befindet, handelt es sich um ein Atriumgebäude, dessen Licht- bzw. Innenhof gebäudebautechnisch von allen Seiten umschlossen ist. Der westliche Teil der nuklearmedizinischen Therapiestation bildet dabei eine der Seitenbegrenzungen des Lichthofs. Da der Lichthof ein öffentlich zugänglicher Durchgangsbereich ist wird für diesen derselbe Aufenthaltsfaktor wie für einen Flur angenommen ($\tau = 0,023$).

Parkplatz östlich

Direkt östlich an die Therapiestation angrenzend befindet sich ein Parkplatz. Gemäß DIN 6844 wird hier eine jährliche Aufenthaltszeit von 600 Stunden angenommen ($\tau = 0,068$).

Toilette B.E30

Hinter einer Wand verlaufen die Abwasserleitungen der Therapiestation. Direkt an der Wand wurden bis zu 0,4 $\mu\text{Sv/h}$ gemessen. Unter der Annahme, dass der Abstand zu den Leitungen 10 cm betrug,

ergibt das bei einem zusätzlichen Abstand von $\frac{1}{2}$ m zur Wand eine Dosisleistung von $584 \mu\text{Sv/a}$. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich hier externes Personal oder Patienten (EdB) aufhalten können, wird von einer jährlichen Aufenthaltszeit von 200 Stunden ausgegangen ($\tau = 0,023$). Dosisbeiträge durch die Therapiestation sind hier vernachlässigbar.

Flur B.UF01

Im Flur des Untergeschosses sind unterhalb der Decke die Abwasserleitungen aus dem 2. OG zu den Abklingbehältern verlegt. Zur Berechnung der effektiven Dosis wird ein minimaler Abstand von 1,5 m berücksichtigt.

An den Flur angrenzend befindet sich der Abklingraum B.U07, in dem Abfall zwischengelagert wird. Zutritt zu diesem Raum hat nur Personal der Therapiestation. Für die maximal erlaubte Abfallmenge beträgt die maximale Dosisleistung $1549 \mu\text{Sv/a}$.

Genutzt wird der Flur auch von Klinikpersonal auf dem Weg zu den angrenzenden Archivräumen. Da dieses Personal nicht direkt mit der Therapiestation zu tun hat, wird es als EDB behandelt. Da in dem Flur keine Sitzgelegenheiten vorhanden sind und somit kein längeres Verweilen stattfindet, wurde die Dosis in diesem Bereich gemittelt. Auch hier gilt wieder dieselbe Aufenthaltszeit wie in den anderen Fluren ($\tau = 0,023$).

3.1.7 Ergebnisse

In Tabelle 6 sind die Dosisbelastungen an allen für EDB relevanten Aufenthaltsorten zusammengefasst. Dabei wurden die Jahresdosis-Berechnungen für die einzelnen Orte mit den Patienten als Quelle nach dem gleichen Vorgehen durchgeführt, wie bereits am Beispiel der Teeküche in Tabelle 4 demonstriert. Für die Abwasserleitungen wurde der Ansatz aus Kapitel 3.1.3 angewandt. Der Abfallraum wurde in Kapitel 3.1.5 behandelt.

In der letzten Spalte von Tabelle 6 wurden die quellenspezifischen Beiträge zu einer Gesamt-Jahresdosis aufsummiert und mit dem zugehörigen Aufenthaltsfaktor τ gewichtet.

Tabelle 6: Lage und ermittelte Dosis der untersuchten Orte. Werte in Klammern geben minimale und maximale Dosisleistung in Fluren an.

Ort	Ebene	berechnete Dosisleistung [$\mu\text{Sv/a}$]			Aufent- halts- faktor	Jahres- dosis [μSv]
		I-131	Lu-177	Abwasser- leitung		
Patientenzimmer B.211	2. OG	760	0,3		0,048	36
Patientenzimmer B.212	2. OG	298	0,3		0,048	14
Patientenzimmer B.237	2. OG	418	68		0,048	23
Teeküche Raum B.226	2. OG	968	177		0,023	26
Arztzimmer B.228	2. OG	609	110		0,105	75
Flur B.2F01	2. OG	999 (194 – 2386)	128 (4 – 468)		0,023	26
Wartebereich im Flur B.F102	1. OG	535	29	1460	0,023	47
Behandlungszimmer B.129- B.132	1. OG	584	31	706	0,005	7
Wartezimmer B.151	1. OG	241	33		0,023	6
Arztzimmer B.152	1. OG	212	30		0,105	25
Lichthof	EG	184	9		0,023	4
Parkplatz östlich	EG	333	47		0,068	26
Toilette B.E30	EG	–	–	584	0,023	13
Flur B.UF01	UG	292 (26 – 1549)	1 (0 – 4)	1460	0,023	40

Mit dieser Bewertungsgrundlage ergibt sich das Arztzimmer B.228 als ungünstigste Einwirkstelle für eine EdB mit einer Jahresdosis von 75 μSv .

Laut Genehmigung ist für das Nuklid I-131 ein maximaler Durchsatz von 22,5 GBq pro Woche und für das Nuklid Lu-177 ein Durchsatz von 150 GBq pro Woche erlaubt. Berücksichtigt man den natürlichen Zerfall der Nuklide, so ergeben sich bei Mittelung über eine Woche und unter Berücksichtigung von 52 Wochen pro Jahr maximal eine jährliche Anwendung von 878 GBq für I-131 und 5536 GBq für Lu-177. Diese theoretischen Werte wurden in der Praxis der letzten 20 Jahre für I-131 bis zu 95% ausgeschöpft und für Lu-177 zu 57%. Bei dieser maximalen Auslastung würde daraus eine mögliche Jahresdosis von 125 μSv resultieren.

4 Fazit

In der untersuchten Einrichtung lag die ermittelte Dosis für das Jahr 2024 unter 0,1 mSv. Es ist aber nicht auszuschließen, dass zukünftig bei der maximal genehmigten Betriebsauslastung eine Einzelperson der Bevölkerung eine Dosis größer 0,1 mSv erhält. Daher greift § 101 Absatz 2 Nummer 4 der StrlSchV nicht und es muss jährlich erneut die radiologische Situation überprüft werden.

Übersicht Ergebnisse

Jahr	Einrichtung	Typ	Jahresdosis [mSv]	max. mögl. Jahresdosis [mSv]
2022	Klinikum Darmstadt GmbH, Grafenstraße 9, 64283 Darmstadt	Brachytherapie	0,0018	0,0187
2022	RNS Gemeinschaftspraxis GbR, Beethovenstraße 20, 65189 Wiesbaden	Brachytherapie	0,00023	0,0007
2023	Sana Klinikum Offenbach GmbH, UG, Starkenburgring 66, 63069 Offenbach am Main	Brachytherapie	0,0029	0,037
2023	Sana Klinikum Offenbach GmbH, EG, Starkenburgring 66, 63069 Offenbach am Main	Brachytherapie	0,00046	0,097
2023	Krankenhaus Nordwest GmbH, Steinbacher Hohl 2-26, 60488 Frankfurt am Main	Brachytherapie	0,000072	0,0064
2024	Curanosticum MVZ GmbH, Aukammallee 33, 65191 Wiesbaden	Nuklearmedizinische Praxis	0,075	0,125

5 Vergleichende Gegenüberstellung der erhaltenen Exposition und der Strahlenexposition durch natürliche Quellen

Die Strahlenbelastung der Bevölkerung Deutschlands setzt sich durchschnittlich zusammen aus 2,1 mSv natürlicher und 1,7 mSv menschengemachter Strahlung (Abbildung 2), wobei letztere fast ausschließlich von medizinischen Anwendungen verursacht wird. Der Grenzwert für menschengemachte Expositionen beträgt ein Viertel der durchschnittlichen Strahlenbelastung. Die ermittelten Expositionen liegen weit darunter. Auch weiterhin ist keine Belastung über 125 μ Sv zu erwarten, was vergleichbar ist mit der Strahlenexposition einer Transatlantikreise mit Hin- und Rückflug Frankfurt – New York (ca. 100 μ Sv).

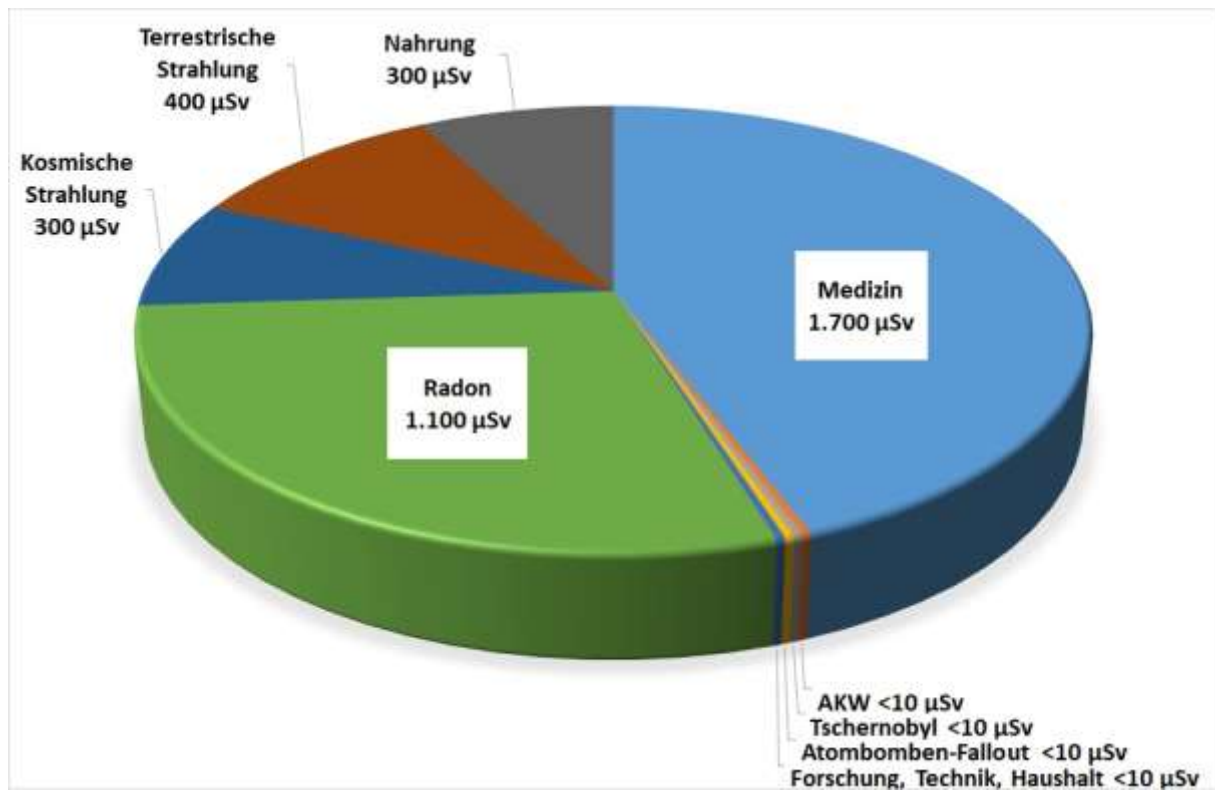


Abbildung 2: Durchschnittliche Strahlenbelastung des Menschen in Deutschland, Daten aus dem Parlamentsbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2018“