



Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 10.01.2018
Revisions-Nr. 7

Wegleitung L-07-01

Baulicher Strahlenschutz für PET-Einrichtungen

1. Grundlage

Nuklearmedizinischen Anwendungen mit PET-Nukliden stellen zum Schutze des Personals, der Patientinnen und Patienten sowie der Umwelt erhöhte Anforderungen an den Strahlenschutz, da die bei der Positronanihilation freigesetzte Photonenstrahlung (rund 511 keV) eine deutlich höhere Energie hat als die Zerfallsenergie von anderen in der Nuklearmedizin verwendeten Nuklide (z.B. 140.5 keV bei Tc-99m).

In der vorliegenden Wegleitung werden die wichtigsten Aspekte (erforderliche Räumlichkeiten, bauliche Anforderungen, Berechnungen der Abschirmungen, usw.) erwähnt, mit welchen die gesetzlichen Vorgaben erfüllt werden können.

2. Räumlichkeiten für PET Untersuchungen

Grundsätzlich müssen alle Räumlichkeiten, in welchen mit offenen radioaktiven Nukliden umgegangen wird oder die Gefahr erhöhter Kontaminationen oder Dosisleistungen besteht, in einem Kontrollbereich zusammengefasst werden. Der Zugang dazu ist beruflich strahlenexponiertem Personal und den Patientinnen und Patienten der Nuklearmedizin vorbehalten. Die Räumlichkeiten sind so auszustatten, dass die Patientinnen und Patienten den Kontrollbereich zwischen Applikation des Radiopharmakons und dem Abschluss der nuklearmedizinischen Untersuchung nicht verlassen müssen. In Anhang 1 werden die baulichen Anforderungen an die Arbeitsbereiche, d.h. Labor, Applikations- und Untersuchungsräume, sowie Lager, Patientenruheräume und Warteräume beschrieben (siehe dazu auch den Anhang 5 der UraM [1]).

3. Vorbereitung und Lagerung der PET-Nuklide

Die Vorbereitung der Radipharmazeutika für PET-Anwendungen, d.h. Aufziehen der Spritze, Bestimmung der Aktivität im Aktivimeter, etc., muss in einem Isotopenlabor ausserhalb des Applikations- oder Scannerraums erfolgen. Für den Transport der Spritzen innerhalb des Betriebsareals müssen abgeschirmte Transportbehälter vorhanden sein. Die maximal handhabbare Aktivität F-18 im C-Labor beträgt 7 GBq (100 LA nach Art. 81 StSV [2]), für einfache Portionierungsarbeiten mit geringem Kontaminationsrisiko bis 70 GBq (1'000 LA nach Art. 81 StSV [2]).

Bei der Lagerung (bis 10'000 LA nach Art. 81 StSV [2]) muss sichergestellt werden, dass die zulässigen Ortsdosisleistungen gemäss Anhang 2 der UraM [1] (siehe dazu auch die Wegleitung „ODL Richtwerte“ [3]) nicht überschritten werden. Zusätzlich müssen im Rahmen des Möglichen Optimierungsmassnahmen vorgenommen werden. Werden die Quellen für die PET-Anwendungen innerhalb eines Arbeitsbereichs gelagert, so ist die Lagerstelle lokal abzuschirmen.

Applikationsautomaten müssen so gelagert oder zwischengelagert werden, dass einerseits die zulässigen Ortsdosisleistungen gemäss Anhang 2 der UraM [1] eingehalten sind und dass andererseits das Optimierungsgebot berücksichtigt wird. Rückstände, welche sich nach einer Applikation noch im Applikationsautomaten befinden, können zu nicht vernachlässigbaren Ortsdosisleistungen führen. Dies ist entsprechend zu berücksichtigen.



Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

4. Berechnungen zur Bemessung der Abschirmungen

Bei der Bemessung der Abschirmungen müssen die gehandhabten Aktivitäten, die Abstände gegenüber zugänglichen Bereichen, die Dauer einer möglichen Exposition von Personen, die zulässigen Ortsdosisleistungen in den angrenzenden Räumen, sowie nuklidspezifische Parameter berücksichtigt werden. Bei kombinierten PET-CT Anlagen müssen zusätzlich die Abschirmungsparameter der Störstrahlung von Computertomographen nach Anhang 9 der Verordnung über den Strahlenschutz bei medizinischen Röntgenanlagen (RöV) [4] und gemäss der Wegleitung „MDCT-Abschirmung“ [5] berücksichtigt werden. Insbesondere ist dabei zu beachten, dass bei Computertomographen der Schaltraum vollständig vom Röntgenraum getrennt und bis zur Decke abgeschirmt sein muss (Art. 13. RöV [4]).

Im Folgenden dargestellte Berechnungsmethode für die Abschirmungen basiert auf der Norm DIN 6844-3:2006-12 [6] sowie deren Corrigendum 1:2007-05. Andere Methoden können im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde angewandt werden.

4.1 Berechnung des Schwächungsfaktors F

Der Schwächungsfaktor F einer Abschirmung ist der Quotient aus der Ortsdosisleistung ohne Abschirmung und der zulässigen Ortsdosisleistung H mit entsprechender Abschirmung. Er berechnet sich aus:

$$F = \frac{A \cdot h_{10} \cdot f_t}{10^{-3} \cdot H \cdot r^2}$$

mit

A	[GBq]	gehandhabte Aktivität nach Abschnitt 4.2
r	[m]	Abstand von der Quelle zum zu schützenden Ort nach Abschnitt 4.3
f_t	[dimensionslos]	Aufenthaltszeitfaktor nach Abschnitt 4.4
H	[μ Sv/h]	maximal zulässige Ortsdosisleistung nach Anhang 2 der UraM [1] und der Wegleitung „ODL Richtwerte“ [3]
h_{10}	[mSv/(h GBq)]	Umgebungs-Äquivalentdosisleistung in 1 m Abstand nach Anhang 3 Spalte 6 StSV [2]

4.2 Gehandhabte Aktivität A

Die den Abschirmungsberechnungen zugrunde gelegte Aktivität in GBq richtet sich nach der Aktivität, welche einem 70 kg schweren Patienten appliziert wird. Gemäss Wegleitung „DRW Nuklearmedizin“ [7] beträgt der diagnostische Referenzwert in dieser Situation für F-18 FDG $A = 0.35$ GBq.

4.3 Abstand r

Die Abstände zur Berechnung der Abschirmungen ergeben sich durch den Abstand der Strahlenquelle (Patient) zum benachbarten Raum. Der Referenzpunkt der Strahlenquelle zur Bemessung der Abstände richtet sich nach folgender Tabelle:

Raum	Position Strahlenquelle	Bemerkungen
PET-Scannerraum	Mitte PET-CT-Gantry auf Höhe der Patientenliege	Die Anordnung der Gantry und der Patientenliege muss aus dem Strahlenschutzplan ersichtlich sein



Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Applikationsraum Patientenruheraum	Mitte und Höhe der Applikationsliege/-stuhl	Der Aufstellungsbereich der Patienten- liege muss im Strahlenschutzplan festge- legt werden. Die Abstände beziehen sich auf den nächstmöglichen Punkt des be- zeichneten Aufstellungsbereichs
Patienten WC	Raummitte	
Patientenwarteraum	Aufenthaltort (Stuhl, Bank, etc.)	

4.4 Aufenthaltszeitfaktor f_t

Die mögliche Aufenthaltszeit von Patienten in den Räumen des Kontrollbereichs beeinflusst die notwendige Abschirmung gegenüber angrenzenden Bereichen. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich während der gesamten Arbeitszeit (40 h/Woche) Patienten in den Applikations-, Ruhe- und Scanneräumen aufhalten. Da sich die zulässigen Ortsdosisleistungen H auf eine Exposition während 40 Betriebsstunden beziehen, gilt für Patientenaufenthaltsräume, inkl. Patientenwarteräume, der Aufenthaltszeitfaktor $f_t = 1$ und für die Toiletten für PET-Patienten der Faktor $f_t = 0.1$.

4.5 Einwirkung mehrerer Strahlenquellen auf einen zu schützenden Bereich

Wird ein zu schützender Bereich durch mehrere Strahlenquellen beeinflusst, muss der Beitrag aller Quellen bei der Bemessung der Abschirmungen berücksichtigt werden. Zusätzliche Abschirmung bei der Einwirkung mehrerer Strahlenquellen kann erforderlich sein, wenn diese nicht durch Zwischenwände oder grosse Abstände ausreichend geschwächt werden.

4.6 Berechnung der Materialdicke d für die erforderliche Abschirmung

Im Anhang 3 ist für die entsprechenden Radionuklide und für übliches Abschirmmaterial der Schwächungsfaktor F als Funktion der Flächenbezogenen Masse $\rho \cdot d$ in g/cm^2 aufgetragen (DIN 6844.3 2006-12 [6]). Die Dicke d der erforderlichen Abschirmung in cm erhält man, indem der abgelesene Abszissenwert durch die Dichte ρ des entsprechenden Abschirmmaterials in g/cm^3 dividiert wird.

$$d = \frac{\text{Flächenbezogene Masse}}{\text{Dichte Abschirmmaterial}}$$

Die im Anhang 3 mit „Normalbeton“ gekennzeichneten Kurven gelten für Beton mit einer Dichte von $\rho = 2.2 - 2.4 \text{ g/cm}^3$ und unter Beachtung der jeweiligen Dichte auch für Ziegelmauerwerk und andere Leichtbetone.

4.7 Dichten von Baumaterialien

Grundsätzlich sind zur Berechnung der Abschirmdicken die Dichten der Materialien zu verwenden, welche durch den zuständigen Architekten oder in den vorhandenen Bauplänen deklariert werden. Sind diese nicht bekannt, gelten die Standarddichten nach folgender Tabelle (siehe dazu auch die Verordnung über den Strahlenschutz bei medizinischen Teilchenbeschleunigeranlagen BeV [8]):



Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Baustoff	Dichte [g/cm ³]
Blei	11.3
Eisen	7.8
Barytbeton	3.2
Beton	2.2

Baustoff	Dichte [g/cm ³]
Kalksandstein	1.9
Backstein	1.2
Gips	0.84
Erde	1.8

5. Referenzen

- [1] Verordnung des EDI über den Umgang mit radioaktivem Material (UraM, SR 814.554) vom 26. April 2017.
- [2] Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 26. April 2017.
- [3] Wegleitung L-07-04: Richtwerte für Ortsdosisleistungen beim Umgang mit radioaktivem Material, www.bag.admin.ch/str-wegleitungen.
- [4] Verordnung des EDI über den Strahlenschutz bei medizinischen Röntgensystemen (RöV, SR 814.542.1) vom 26. April 2017.
- [5] Wegleitung R-07-04: Bestimmung der notwendigen baulichen Abschirmung bei Mehrschicht-Computertomographen (MDCT), www.bag.admin.ch/str-wegleitungen.
- [6] Norm DIN 6844-3:2006-12, Nuklearmedizinische Betriebe - Teil 3: Strahlenschutzberechnungen.
- [7] Wegleitung L-08-01: Diagnostische Referenzwerte (DRW) in der Nuklearmedizin, www.bag.admin.ch/str-wegleitungen.
- [8] Verordnung des EDI über den Strahlenschutz bei medizinischen Teilchenbeschleunigeranlagen (SR 814.501.513) vom 26. April 2017.
- [9] Wegleitung L-07-02: Zugang und Kennzeichnung von Kontrollbereichen und Zonen, www.bag.admin.ch/str-wegleitungen.



Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Anhang 1: Anforderungen an Kontrollbereiche für PET Anwendungen

- Arbeits- und Aufenthaltsbereiche sowie Untersuchungs-, Applikations- Ruhe- und Warteräume, in welchen sich Patienten aufhalten, müssen abgeschirmt werden. Zur Überprüfung der Strahlenschutzmassnahmen müssen dem Bewilligungsgesuch die Grundriss- und Schnittpläne sowie Abschirmungsberechnungen nach Abschnitt 4 beigelegt werden.
- Arbeitsbereiche müssen grundsätzlich den baulichen Anforderungen gemäss UraM [1] entsprechen (siehe insbesondere den Anhang 5 dieser Verordnung).
- Die Signalisierung dieser Räume erfolgt nach Anhang 6 StSV bzw. der Wegleitung „Kennzeichnung“ [9].
- Ruheräume sind nur für PET-Patienten vorgesehen und müssen gegenüber anderen Räumlichkeiten gemäss Abschnitt 4 abgeschirmt werden. Ruheräume gelten nicht als Applikationsräume, müssen jedoch so ausgelegt sein, dass sie gegebenenfalls leicht dekontaminiert werden können.
- Separate WC-Räume für Patienten der Nuklearmedizin müssen im Kontrollbereich liegen (siehe Art. 27 UraM [1]). An die Abgaben von Ausscheidungen werden keine Anforderungen gestellt.
- Am Ausgang eines Arbeitsbereichs oder des Kontrollbereichs muss ein geeignetes Messgerät für Kontaminationskontrollen zur Verfügung stehen (siehe dazu Anhang 6 der UraM [1]).

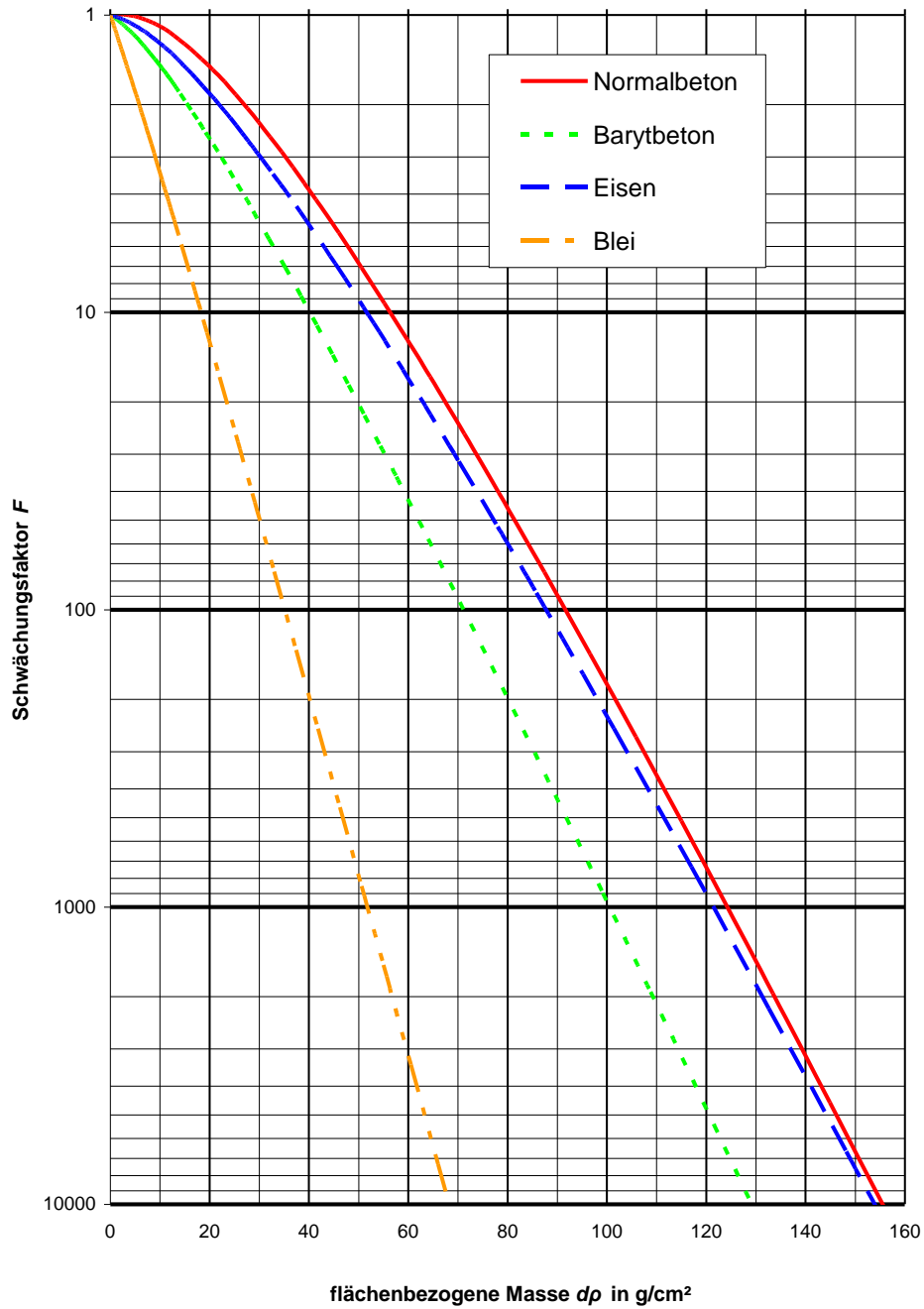


Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Anhang 2: Schwächungskurve aus DIN-6844-3: 2006-12 [6]

C-11 N-13 O-15 F-18

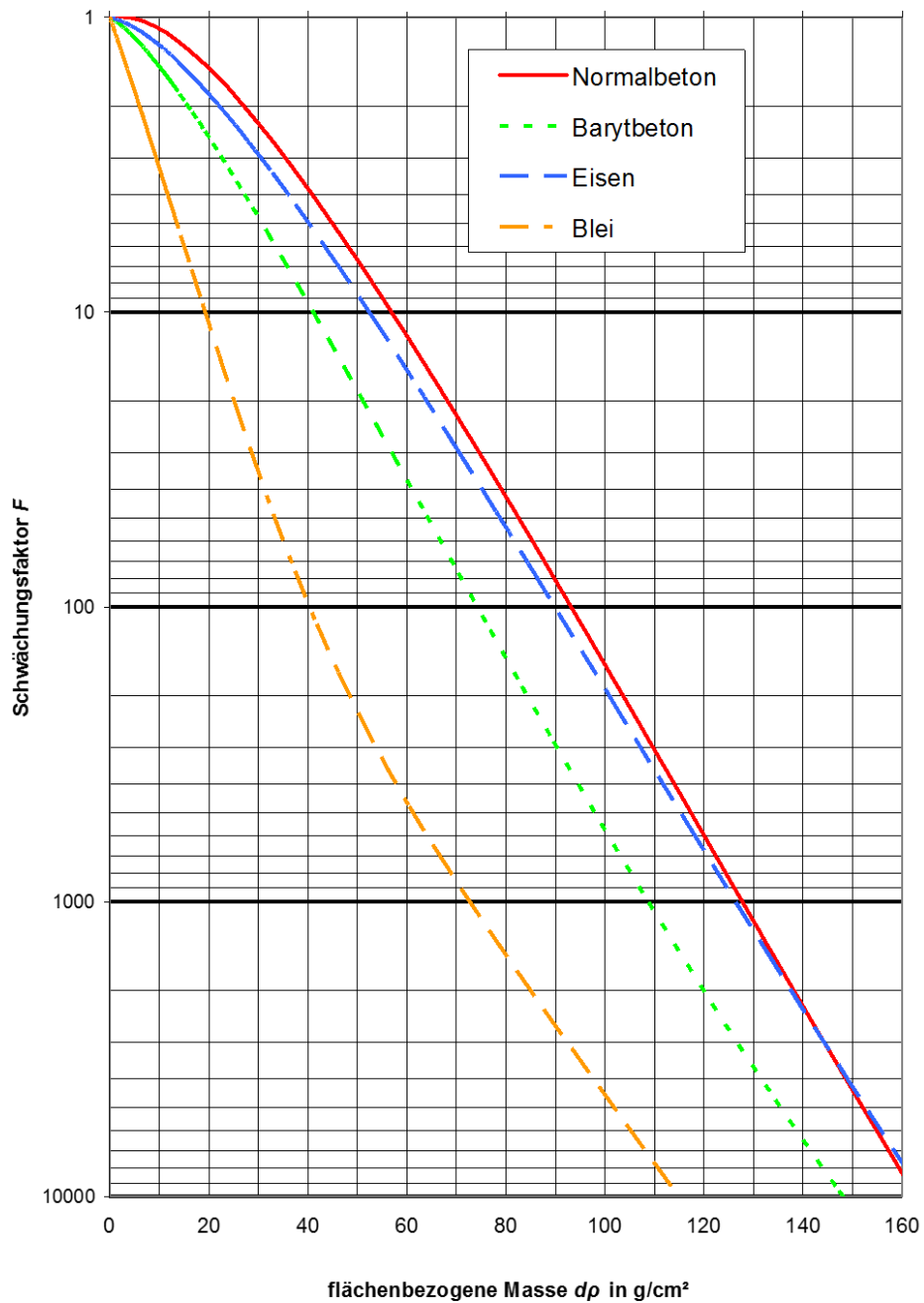




Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Ga-68





Abteilung Strahlenschutz
www.str-rad.ch

Referenz / Aktenzeichen: L-07-01.doc
Erstellt: 01.01.2018
Revisions-Nr. 7

Rb-82m

