

### **Wegleitung**

Baulicher  
Strahlenschutz PET  
V1 26.1.2024

[www.bag.admin.ch/str-wegleitungen](http://www.bag.admin.ch/str-wegleitungen)

### **Kontakt**

Tel.: 058 462 96 14

E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch)

## **Baulicher Strahlenschutz für PET-Einrichtungen**

In der vorliegenden Wegleitung werden die wichtigsten Aspekte des baulichen Strahlenschutzes behandelt, welche bei der Anwendung von PET-Nukliden berücksichtigt werden müssen, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen.

Nuklearmedizinischen Anwendungen mit PET-Nukliden stellen zum Schutz 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).

Im Folgenden werden unter anderem die erforderlichen Räumlichkeiten, die baulichen Anforderungen, sowie die Berechnungen der Abschirmungen erläutert.

# 1 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 Radiopharmazeutikums und dem Abschluss der nuklearmedizinischen Untersuchung nicht verlassen müssen.

In Anhang 1 dieser Wegleitung werden die baulichen Anforderungen an die Arbeitsbereiche, d. h. Labor, Applikations- und Untersuchungsräume, sowie Lager, Patientenruheräume und Warteräume beschrieben (weitere Informationen dazu sind in Anhang 5 der Verordnung des EDI über den Umgang mit radioaktivem Material UraM [1] aufgeführt).

## 2 Vorbereitung und Lagerung der PET-Nuklide

Die Vorbereitung der Radiopharmazeutika 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 Strahlenschutzverordnung 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 BAG-Wegleitung «Richtwerte für Ortsdosisleistungen» [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.

In Anhang 1 dieser Wegleitung werden die baulichen Anforderungen an die Arbeitsbereiche, d. h. Labor, Applikations- und Untersuchungsräume, sowie Lager, Patientenruheräume und Warteräume beschrieben (weitere Informationen dazu sind in Anhang 5 der Verordnung des EDI über den Umgang mit radioaktivem Material UraM [1] aufgeführt).

# 3 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] 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 3:2020-7 [5]. Andere Methoden können im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde angewandt werden.

### 3.1 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 3.2 dieser Wegleitung
- r* [m] Abstand von der Quelle zum zu schützenden Ort nach Abschnitt 3.3 dieser Wegleitung
- f<sub>t</sub>* [dimensionslos] Aufenthaltszeitfaktor nach Abschnitt 3.4 dieser Wegleitung
- H* [µSv/h] maximal zulässige Ortsdosisleistung nach Anhang 2 der UraM [1] und der BAG-Wegleitung «Richtwerte für Ortsdosisleistungen» [3]
- h<sub>10</sub>* [mSv/(h GBq)] Umgebungs-Äquivalentdosisleistung in 1 m Abstand nach Anhang 3 Spalte 6 StSV [2]

### 3.2 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 BAG-Wegleitung «DRW Nuklearmedizin» [6] beträgt der diagnostische Referenzwert in dieser Situation für F-18 FDG *A* = 0.35 GBq.

### 3.3 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
Applikationsraum Patientenruheraum	Mitte und Höhe der Applikationsliege/-stuhl	Der Aufstellungsbereich der Patientenliege muss im Strahlenschutzplan festgelegt werden. Die Abstände beziehen sich auf den nächstmöglichen Punkt des bezeichneten Aufstellungsbereichs
Patienten WC	Raummitte	
Patientenwartezimmer	Aufenthaltort (Stuhl, Bank, etc.)	

### 3.4 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 Scannerräumen 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  $f_t = 0.1$ .

### 3.5 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.

### 3.6 Berechnung der Materialdicke $d$ für die erforderliche Abschirmung

In Anhang 2 dieser Wegleitung ist der Schwächungsfaktor  $F$  für die entsprechenden Radionuklide und für übliches Abschirmmaterial als Funktion der flächenbezogenen Masse  $\rho \cdot d$  in  $\text{g/cm}^2$  aufgetragen (DIN 6844-3:2006-12)<sup>1</sup>. Die Dicke  $d$  der erforderlichen Abschirmung in cm erhält man, indem der abgelesene Abszissenwert durch die Dichte  $\rho$  des entsprechenden Abschirmmaterials in  $\text{g/cm}^3$  dividiert wird.

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

Die in Anhang 2 mit «Normalbeton» gekennzeichneten Kurven gelten für Beton mit einer Dichte von  $\rho = 2.2\text{--}2.4 \text{ g/cm}^3$ . Unter Beachtung der jeweiligen Dichte können sie auch für Ziegelmauerwerk und andere Leichtbetone angewendet werden.

### 3.7 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 [7]):

Baustoff	Dichte [ $\text{g/cm}^3$ ]
Blei	11.3
Eisen	7.8
Barytbeton	3.2
Beton	2.2

Baustoff	Dichte [ $\text{g/cm}^3$ ]
Kalksandstein	1.9
Backstein	1.2
Gips	0.84
Erde	1.8

<sup>1</sup> In der aktuellen DIN 6844-3:2020-7 [5] werden diese Diagramme nicht mehr verwendet. In der vorliegenden Wegleitung können sie weiterhin zur Berechnung der Materialdicke hinzugezogen werden.

## 4 Referenzen

- |  |  |
|--|--|
| [1] Verordnung des EDI über den Umgang mit radioaktivem Material (UraM, SR 814.554) vom 26. April 2017.  | [5] Norm DIN 6844-3:2020-7, Nuklearmedizinische Betriebe - Teil 3: Strahlenschutzberechnungen.                                     |
| [2] Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 26. April 2017.  | [6] BAG-Wegleitung: Diagnostische Referenzwerte (DRW) für nuklearmedizinische Untersuchungen.                                      |
| [3] BAG-Wegleitung: Richtwerte für Ortsdosisleistungen beim Umgang mit radioaktivem Material.  | [7] Verordnung des EDI über den Strahlenschutz bei medizinischen Teilchenbeschleunigeranlagen (SR 814.501.513) vom 26. April 2017. |
| [4] Verordnung des EDI über den Strahlenschutz bei medizinischen Röntgensystemen (RöV, SR 814.542.1) vom 26. April 2017. BAG-Wegleitung: Richtwerte für Ortsdosisleistungen beim Umgang mit radioaktivem Material. | [8] BAG-Wegleitung: Zugang und Kennzeichnung von Kontrollbereichen und Zonen.  |

## 5 Rechtlicher Stellenwert

Diese Wegleitungen sind eine Vollzugshilfe des BAG als Aufsichtsbehörde für Strahlenschutz und richten sich primär an die Bewilligungsinhaber/innen und Strahlenschutz-Sachverständigen. Sie konkretisieren Anforderungen aus dem Strahlenschutzrecht und entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Berücksichtigen die Bewilligungsinhaber/innen bzw. Strahlenschutz-Sachverständigen diese Wegleitungen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Strahlenschutzrecht rechtskonform vollziehen.

### Anhang 1

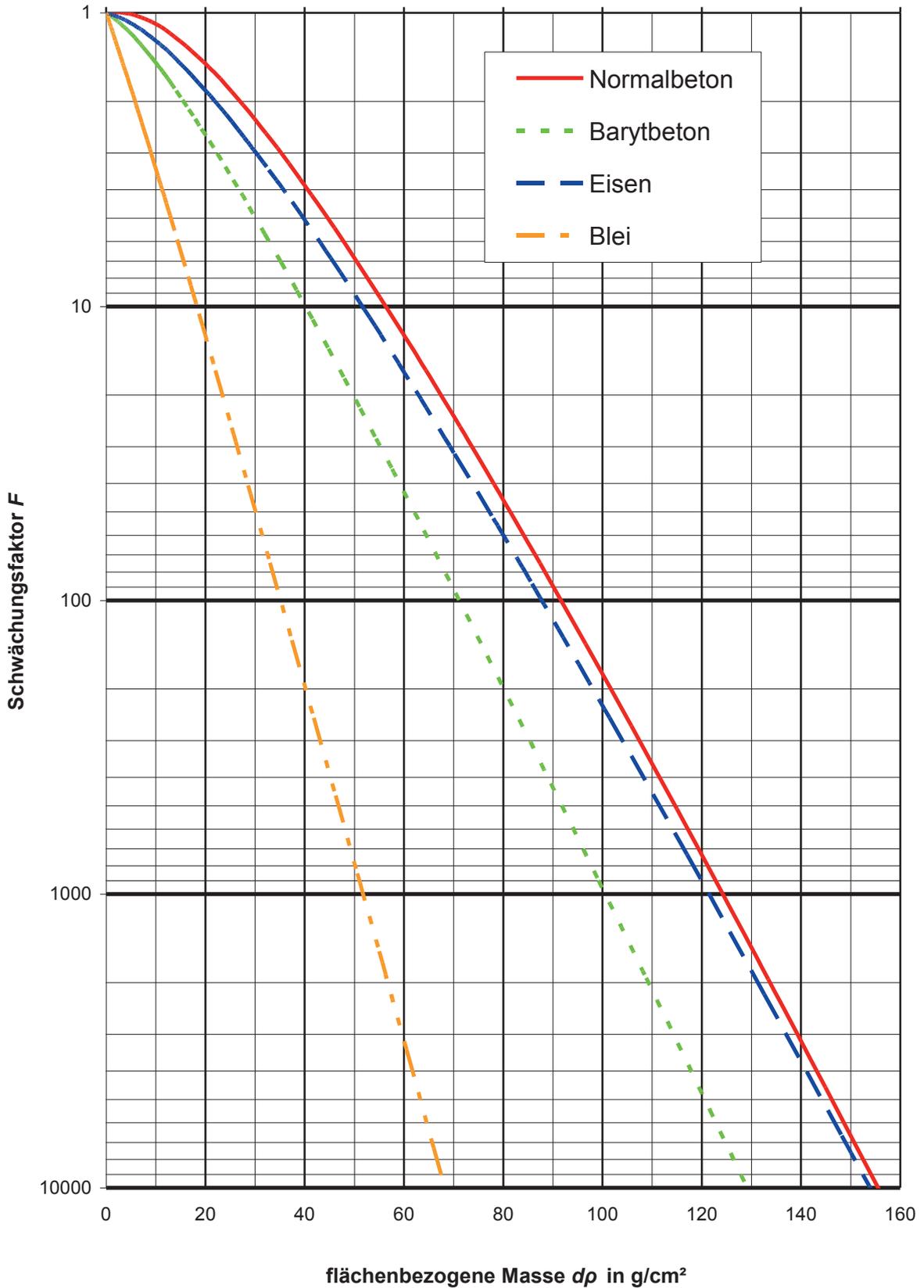
## Anforderungen an Kontrollbereiche für PET Anwendungen

- 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 3 dieser Wegleitung beigelegt werden.
- Arbeitsbereiche müssen grundsätzlich den baulichen Anforderungen gemäss UraM [1] entsprechen (siehe insbesondere Anhang 5 UraM [1]).
- Die Signalisierung dieser Räume erfolgt nach Anhang 6 StSV bzw. der BAG-Wegleitung «Zugang und Kennzeichnung von Kontrollbereichen» [8].
- Ruheräume sind nur für PET-Patienten vorgesehen und müssen gegenüber anderen Räumlichkeiten gemäss Abschnitt 3 dieser Wegleitung abgeschirmt werden. Ruheräume gelten nicht als Applikationsräume, müssen jedoch so ausgelegt sein, dass sie gegebenenfalls leicht dekontaminiert werden können.
- Separate WC-Räume für Patientinnen und Patienten der Nuklearmedizin müssen im Kontrollbereich liegen (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 (Anhang 6 UraM [1]).

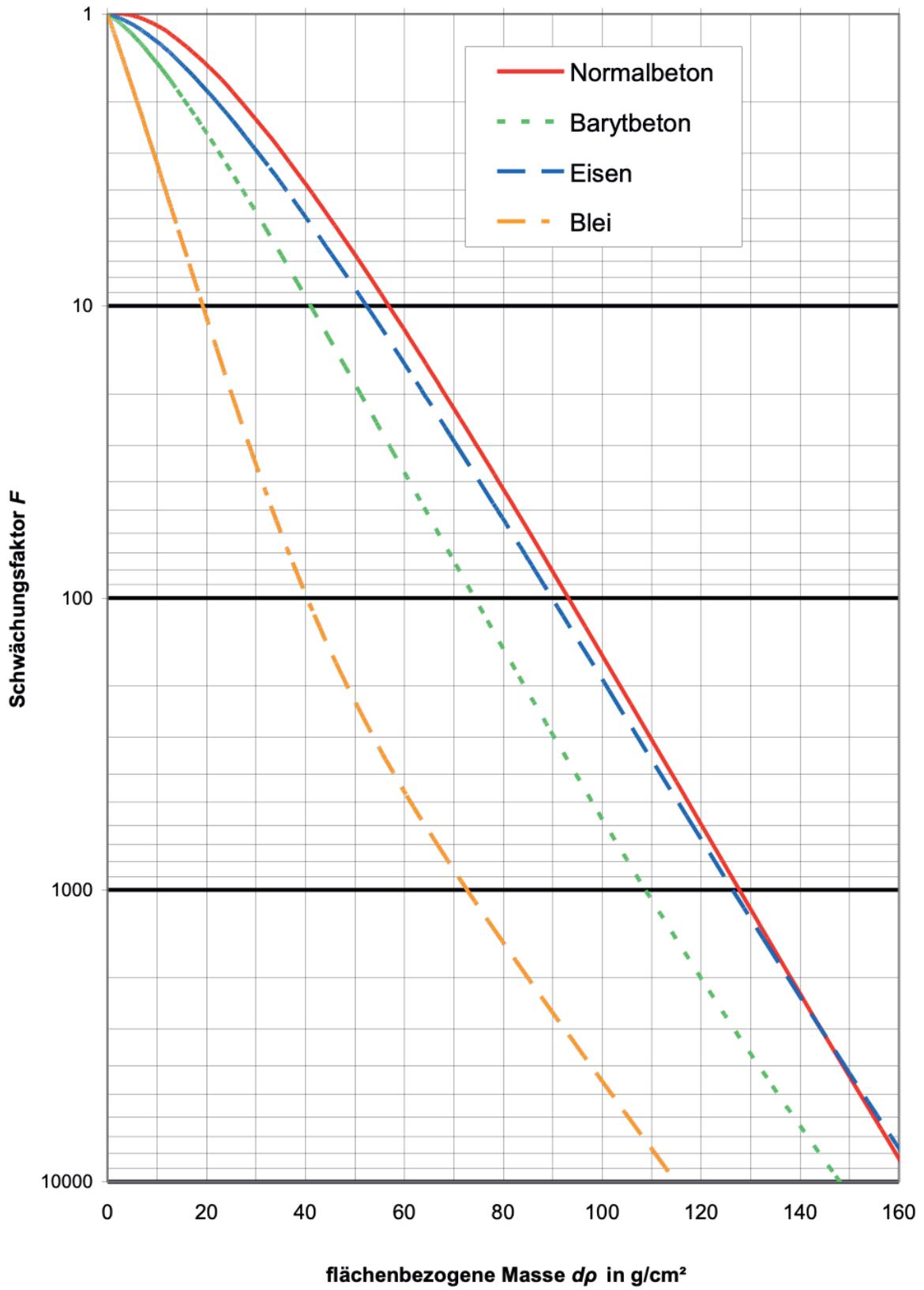
Anhang 2

Schwächungskurve aus DIN-6844-3:2006-12<sup>1</sup> für verschiedene PET-Nuklide

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



Ga-68



Rb-82m

