

DIN 54113-3



ICS 13.280; 19.100

Ersatz für
DIN 54113-3:2005-04 und
DIN 54113-3 Beiblatt 1:2005-04

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung von
Röntgeneinrichtungen bis 1 MV –
Teil 3: Formeln und Diagramme für Strahlenschutzberechnungen für
Röntgeneinrichtungen bis zu einer Röhrenspannung von 600 kV**

Non-destructive testing –

Radiation protection rules for the technical application of X-ray equipment up to 1 MV –
Part 3: Formulas and diagrams for the calculation of radiation protection for X-ray
equipment up to 600 kV

Essais non destructifs –

Règles de protection contre les rayonnements des installations radiographiques jusqu'à
1 MV –

Partie 3: Formules et diagrammes pour le calcul de la protection contre les rayonnements
pour des installations radiographiques jusqu'à 600 kV

Gesamtumfang 30 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole und Abkürzungen	7
4 Grundlagen zur Berechnung	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Physikalische Zusammenhänge	9
4.2.1 Messung der Ortsdosisleistung	9
4.2.2 Spezifische Dosisleistung	9
4.2.3 Halbwertschichtdicken	10
4.3 Betriebsbedingungen	10
4.3.1 Aufenthaltsplatz	10
4.3.2 Aufenthaltsdauer und Einschaltzeit der Röntgeneinrichtung im ortsfesten Betrieb	10
4.4 Kontrollbereich beim ortsveränderlichen Betrieb	11
4.4.1 Allgemeines	11
4.4.2 Materialprüfung an Verkehrswegen	11
5 Berechnung der erforderlichen Schutzschichten bei ortsfestem Betrieb	12
5.1 Berechnung der erforderlichen Schutzschichten aus Blei gegen Nutzstrahlung	12
5.2 Berechnung der erforderlichen Schutzschichten aus Blei gegen Streustrahlung	14
5.3 Berechnung der erforderlichen Schutzschichten aus Blei gegen Gehäusedurchlassstrahlung	16
5.4 Berechnung der erforderlichen Schutzschichten aus Blei gegen Störstrahlung	18
6 Ermittlung von Schutzschichten gegen Nutzstrahlung durch andere Schutzstoffe	18
7 Ortsveränderlicher Betrieb	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Abstände gegen Nutzstrahlung	19
7.3 Abstände gegen Streustrahlung	19
7.4 Abstände gegen Gehäusedurchlassstrahlung	20
7.5 Abstände gegen Störstrahlung	20
Anhang A (informativ) Musterrechnungen	21
A.1 Röntgenraum für 320 kV aus Blei und Barytbeton	21
A.1.1 Allgemeines	21
A.1.2 Wand A: Schutzschichtdicke d_N gegen Nutzstrahlung	23
A.1.3 Wand B und Wand C: Schutzschichtdicke d_S gegen Streustrahlung	23
A.1.4 Wand B und C: Schutzschichtdicke d_{tr} gegen Gehäusedurchlassstrahlung	24
A.1.5 Wand B und Wand C: Schutzschichtdicke d gegen Störstrahlung	24
A.1.6 Wand D: Schutzschichtdicke d_S gegen Streustrahlung	24
A.1.7 Wand D: Schutzschichtdicke d_{tr} gegen Gehäusedurchlassstrahlung	25
A.1.8 Wand D: Schutzschichtdicke d gegen Störstrahlung	25
A.2 Ortsveränderlicher Einsatz mit 225 kV	26
A.2.1 Allgemeines	26
A.2.2 Nutzstrahlung	26
A.2.3 Streustrahlung	26
A.2.4 Gehäusedurchlassstrahlung	27
A.3 Passagedosis	27
A.4 Abschätzen des Kontrollbereiches	28
A.4.1 Allgemeines	28
A.4.2 Beispiele zur Abschätzung	30

Bilder

Bild 1 — Erforderliche Schutzschicht zur Schwächung von Nutzstrahlung auf die spezifische Dosisleistung nach Gleichung (5)	13
Bild 2 — Erforderliche Schutzschicht zur Schwächung von Streustrahlung auf die spezifische Dosisleistung nach Gleichung (6)	15
Bild 3 — Erforderliche Schutzschicht zur Schwächung von Gehäusedurchlassstrahlung auf die spezifische Dosisleistung nach Gleichung (7)	17
Bild A.1 — Schematische Darstellung zur Verdeutlichung der Berechnungen	22
Bild A.2 — Schematische Darstellung zur Erläuterung des Öffnungswinkels des Nutzstrahlenbündels	23
Bild A.3 — Schematische Darstellung zur Verdeutlichung der Berechnungen	26
Bild A.4 — Schematische Darstellung zur Verdeutlichung der Berechnungen	27
Bild A.5 — Schematische Darstellung von Kontrollbereichsgrenzen (für Nutzstrahlung und Gehäusedurchlassstrahlung)	28
Bild A.6 — Kontrollbereich für Nutzstrahlung	29

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen	7
Tabelle 2 — Halbwertschichtdicken in mm Blei für stark geschwächte Strahlung	10
Tabelle 3 — Effektive Dosis von Personen an den zu schützenden Aufenthaltsplätzen	10
Tabelle 4 — Bleigleichwerte für andere Schutzstoffen	18
Tabelle 5 — Spezifische Dosisleistung $\dot{H}_{\text{spez,max}}$ für Nutz-, Streu- und Gehäusedurchlassstrahlung, bei der keine Schutzschichten mehr erforderlich sind . . .	19
Tabelle A.1 — Abstände nach Bild A.1	21

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-07-47 AA „Zerstörungsfreie Prüfung in der Kerntechnik“ des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP) ausgearbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

DIN 54113 besteht unter dem allgemeinen Titel *Zerstörungsfreie Prüfung — Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung von Röntgeneinrichtungen bis 1 MV* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen für Herstellung, Errichtung und Betrieb
- Teil 3: Formeln und Diagramme für Strahlenschutzberechnungen für Röntgeneinrichtungen bis zu einer Röhrenspannung von 600 kV

Änderungen

Gegenüber DIN 54113-3:2005-04 und DIN 54113-3 Beiblatt 1:2005-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Festlegungen dieses Dokumentes wurden den Festlegungen des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung angepasst;
- b) der Anwendungsbereich wurde erweitert für den ortsfesten Betrieb für Röntgeneinrichtungen mit Röhrenspannungen bis 600 kV;
- c) der Abschnitt zu den Begriffen, Symbolen und Abkürzungen wurde ergänzt;
- d) die Diagramme in Bild 1 bis Bild 3 wurden erweitert;
- e) die Tabelle zu den Schutzschichten anderer Baustoffe ist entfallen;
- f) das Beiblatt 1 zur DIN 54113-3 wurde in dieses Dokument als Teil des Anhangs integriert;
- g) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN Rönt 6: 1934-04
DIN 6806: 1944-03
DIN 54113: 1956-07
DIN 54113-3: 1980-09, 1995-11, 2005-04
DIN 54113-3 Beiblatt 1: 2005-04

Einleitung

Dieses Dokument wurde anhand des aktuell vorliegenden Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) sowie der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) überarbeitet. Einige Regelungen und Verordnungen liegen derzeit noch nicht vor und konnten für diesen Stand nicht hinreichend berücksichtigt werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für die Herstellung, Errichtung und den Betrieb von Röntgeneinrichtungen bis 600 kV für technische Anwendungen.

Alle Angaben dieses Dokumentes wurden ausschließlich für Röntgeneinrichtungen mit Wolframanoden ermittelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 54113-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung von Röntgeneinrichtungen bis 1 MV — Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen für Herstellung, Errichtung und Betrieb*

StrlSchG, *Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist*¹

StrlSchV, *Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036)*¹

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1.1

Abschirmung

Methode zur Verringerung der Ortsdosisleistung durch die Anwendung von Materialien, die in den Strahlengang zwischen Quelle und Aufenthaltsplatz eingebracht werden

3.1.2

Bleigleichwert

Schichtdicke von Blei, die die gleiche Abschirmwirkung gegenüber ionisierender Strahlung zeigt, wie die gegebene Schichtdicke des tatsächlich eingesetzten Werkstoffes

3.1.3

Gehäusedurchlassstrahlung

Röntgenstrahlung, welche bei geschlossenem Strahlenaustrittsfenster aus dem Röhrenschutzgehäuse eines Strahlers austritt

¹ Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN-Software GmbH, zu beziehen bei Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin

3.1.4**Nutzstrahlung**

Röntgenstrahlung, die aus dem Strahlenaustrittfenster des Röntgenstrahlers austritt, nach Modifikation durch Blenden- und Kollimatorsysteme sowie durch andere Komponenten (z. B. Filter), die die Winkel- oder Energieverteilung beeinflussen

3.1.5**Schutzschicht**

Schicht eines Materials, die der Abschirmung ionisierender Strahlung dient

3.1.6**Störstrahlung**

gesamte Strahlung außerhalb des Nutzstrahlenbündels

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie besteht aus Anteilen an Streustrahlung und Gehäusedurchlassstrahlung.

3.1.7**Streustrahlung**

Röntgenstrahlung, die durch Wechselwirkungen mit Materie (z. B. Prüfkörper, Schutzwände, Decken) entsteht, und eine andere spektrale Verteilung und eine niedrigere mittlere Energie als die Nutzstrahlung hat sowie eine Richtungsänderung erfährt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dosisleistung der Streustrahlung ist abhängig von dem Spektrum der Nutzstrahlung und vom streuenden Material.

3.2 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 enthält verwendete Symbole und Abkürzungen.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol/ Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
a	Abstand vom Brennfleck der Strahlungsquelle bis zum zu schützenden Aufenthaltsplatz	m
a_N	Abstand vom Fokus der Röntgenröhre bis zum zu schützenden Aufenthaltsplatz, für die Nutzstrahlung	m
a_S	Abstand von der Mitte der Streufläche bis zum zu schützenden Aufenthaltsplatz, für die Streustrahlung	m
a_{tr}	Abstand vom Brennfleck der Strahlungsquelle bis zum zu schützenden Aufenthaltsplatz, für die Gehäusedurchlassstrahlung	m
a_0	kleinster Abstand von der Strahlenquelle bis zum Fahrzeug	m
d	Materialdicke	mm
E	effektive Dosis (siehe Tabelle 3)	μSv
$E_{\max}$	maximal zulässige effektive Dosis	mSv
F_N	Schwächungsgrad	—
H	aufgenommene Körperdosis	μSv
$\dot{H}$	Ortsdosisleistung	$\mu\text{Sv/h}$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol/ Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
$\dot{H}^*(10)$	Umgebungs-Äquivalentdosisleistung	$\mu\text{Sv/h}$
$\dot{H}_{\text{max}}$	maximal zulässige Dosisleistung	$\mu\text{Sv/h}$
$\dot{H}_{\text{spez},x}$	spezifische Dosisleistung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},N}$	spezifische Dosisleistung für Nutzstrahlung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},S}$	spezifische Dosisleistung für Streustrahlung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},tr}$	spezifische Dosisleistung für Gehäusedurchlassstrahlung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},\text{max}}$	spezifische Dosisleistung der Kontrollbereichsabgrenzung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},\text{max},N}$	spezifische Dosisleistung der Nutzstrahlung ohne Abschirmung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},\text{max},S}$	spezifische Dosisleistung der Streustrahlung ohne Abschirmung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
$\dot{H}_{\text{spez},\text{max},tr}$	spezifische Dosisleistung der Gehäusedurchlassstrahlung ohne Abschirmung	$(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2)/(\text{mA} \cdot \text{h})$
HWS	Halbwertschichtdicke	mm
I	Röhrenstromstärke	mA
I_x	Nennstromstärke bei maximalen Betriebsbedingungen	mA
I_N	Nennstromstärke bei Nutzstrahlung	mA
I_S	Nennstromstärke bei Streustrahlung	mA
I_{tr}	Nennstromstärke bei Gehäusedurchlassstrahlung	mA
n	Anzahl der Passagen	—
T	Aufenthaltsfaktor	—
t_E	maximale jährliche Einschaltzeit der Röntgenröhre	h
U	Röhrenspannung	kV
U_{max}	Nennspannung bei maximalen Betriebsbedingungen	kV
v	Geschwindigkeit beim Durchqueren des Nutzstrahlenbündels	m/h
x	Index für die Nutz-, Streu- oder Gehäusedurchlassstrahlung	—
α	Öffnungswinkel des Nutzstrahlenbündels parallel zur Röhrenachse	Winkelgrad
β	Öffnungswinkel des Nutzstrahlenbündels senkrecht zur Röhrenachse	Winkelgrad
θ	Öffnungswinkel des passierten Nutzstrahlenbündels	Winkelgrad

4 Grundlagen zur Berechnung

4.1 Allgemeines

Alle Angaben dieses Dokumentes basieren auf Messungen, die bei konstanter Gleichspannung durchgeführt wurden. Bei Verwendung von Gleichrichterschaltungen, die keine konstante Gleichspannung liefern, ist für alle Berechnungen nach diesem Dokument der Scheitel- oder Spitzenwert der Hochspannung zu verwenden. Die unter diesen Voraussetzungen durchgeführten Berechnungen können geringfügig zu hohe Schutzschichten oder Sicherheitsabstände ergeben. Diese Erhöhungen sind aber in Relation zu der Größenordnung der erforderlichen Materialdicken bzw. Abstände erfahrungsgemäß vernachlässigbar.

Ziel dieses Abschnittes ist die Darstellung der Grundlagen, um

- bei **stationärem Betrieb** für vorgegebene Betriebsparameter eines Röntgenstrahlers (Röhrenspannung, Röhrenstromstärke, Öffnungswinkel des Nutzstrahlenbündels, Ortsdosisleistung der Gehäusedurchlassstrahlung) und vorgegebenen Abstand von der Strahlenquelle, die notwendige Dicke des Abschirmmaterials zu ermitteln, damit die Grenzwerte der Körperdosen gemäß StrlSchG und StrlSchV in den angrenzenden Aufenthaltsbereichen nicht überschritten werden;
- bei **ortsveränderlichem Betrieb** für vorgegebene Betriebsparameter eines Röntgenstrahlers (Röhrenspannung, Röhrenstromstärke, Öffnungswinkel des Nutzstrahlenbündels, Ortsdosisleistung der Gehäusedurchlassstrahlung), den notwendigen Abstand von der Strahlenquelle zur Einhaltung der Kontrollbereichsgrenze von maximal 40 µSv/h nach DIN 54113-1 zu ermitteln.

Die Berechnungsergebnisse in Abschnitt 5 bis Abschnitt 6 beziehen sich auf Röntgeneinrichtungen im Röhrenspannungsbereich von 100 kV bis 600 kV und im Abschnitt 7 auf 100 kV bis 450 kV.

ANMERKUNG Zur Ermittlung der erforderlichen Schutzschichten oder Abstände für Nennspannungen außerhalb dieses Wertebereiches können die Hersteller bzw. Vertreiber der Röntgenröhren/Röntgenstrahler konsultiert werden.

Für die Berechnung der notwendigen Schutzschichten und Abstände beim ortsfesten Betrieb sind die Nennspannung und die Nennstromstärke (maximalen Betriebsparameter) der Röntgeneinrichtung zu verwenden. Im ortsveränderlichen Betrieb sind für die Berechnung der notwendigen Schutzschichten und Abstände die Röhrenspannung und Röhrenstrom für die jeweilige Aufnahme zu verwenden, alternativ kann auch hier mit den maximalen Betriebsparametern gearbeitet werden. Musterrechnungen sind im Anhang A enthalten.

Der zusätzliche Einsatz weiterer Quellen ionisierender Strahlung ist bei der Berechnung von Schutzschichten und erforderlichen Abständen entsprechend zu berücksichtigen.

4.2 Physikalische Zusammenhänge

4.2.1 Messung der Ortsdosisleistung

Die Ortsdosisleistung $\dot{H}$ eines Röntgenstrahlers oder einer Röntgenröhre ist als Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ zu messen.

4.2.2 Spezifische Dosisleistung

Die spezifische Dosisleistung $\dot{H}_{spez}$ ist nach Gleichung (1) eine zur Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis reduzierte Dosisleistung. $\dot{H}_{spez}$ ist zusätzlich abhängig vom Abstand zwischen Strahlenquelle und zu schützendem Aufenthaltsbereich, der Röhrenstromstärke, der Einschaltzeit der Röntgenröhre je Jahr und dem Aufenthaltsfaktor.

$$\dot{H}_{spez} = \frac{E \cdot a^2}{t_E \cdot I \cdot T} \quad (1)$$

Sie kann für Nutz-, Streu- und Gehäusedurchlassstrahlung nach Gleichung (2) dargestellt werden.