

DIN EN 12681-1



ICS 77.040.20

Einsprüche bis 2016-05-11
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12681:2003-06

Entwurf

**Gießereiwesen –
Durchstrahlungsprüfung –
Teil 1: Filmtechniken;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12681-1:2016**

Founding –
Radiographic testing –
Part 1: Film techniques;
German and English version prEN 12681-1:2016

Fonderie –
Contrôle par radiographie –
Partie 1: Film techniques;
Version allemande et anglaise prEN 12681-1:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-03-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an gina@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 96 Seiten

DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12681-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 „Gießereiwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 036-00-03 AA „Prüfverfahren für Gusswerkstoffe“ des DIN-Normenausschusses Gießereiwesen (GINA) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 12681-1 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12681:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3 „Begriffe“ überarbeitet, Begriffe wurden aus EN ISO 5579 übernommen;
- b) Abschnitt 4 „Allgemeines“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 6 „Anforderungen“;
- c) Abschnitt 5 „Aufnahmeanordnungen“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 7 „Aufnahmeanordnungen“;
- d) Abschnitt 6 „Wahl der Strahlenquelle“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 8 „Wahl der Röhrenspannung und Strahlenquelle“;
- e) Abschnitt 7 „Spezifische Filmsystemklassen“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 9 „Filmsysteme und Metallfolien“, Tabellen 3 und 4 wurden ergänzt;
- f) Abschnitt 8 „Techniken zur Erhöhung des Objekumfangs“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 14 „Techniken zur Erhöhung des abgedeckten Dickenbereichs“;
- g) Abschnitt 9 „Durchstrahlungsbilder“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 15 „Durchstrahlungsbilder“;
- h) Abschnitt 10 „Bildgütenachweis“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 16 „Bildgütenachweis“;
- i) Abschnitt 11 „Schwärzungsvorschriften“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 12 „Optische Dichte D des Durchstrahlungsbildes“;
- j) Abschnitt 12 „Einfluss der Kristallstruktur“ überarbeitet, jetzt Abschnitt 17 „Einfluss der Kristallstruktur“;
- k) Anhang A „Mögliche Fehler in Gussstücken — Vergleichsbildreihen und Bezeichnungen“ überarbeitet, und neuer Titel „Mindestbildgütezahlen“;
- l) Abschnitte 5, 10, 11, 13, 18 und 19 – neu aufgenommen;
- m) Anhänge B, C, D, E, F und G – neu aufgenommen.

Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Filmtechniken

Fonderie — Contrôle par radiographie — Partie 1 : Film techniques

Founding — Radiographic testing — Part 1: Film techniques

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.7g

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Einteilung der radiographischen Techniken	10
6 Anforderungen	10
6.1 Allgemeine Vorbereitungen	10
6.1.1 Schutz vor ionisierender Strahlung	10
6.1.2 Oberflächenvorbehandlung und Herstellungsstufe	10
6.2 Vereinbarungen	10
6.3 Qualifizierung des Personals	11
7 Aufnahmeanordnungen	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Einwandige Durchstrahlung ebener Prüfbereiche	11
7.3 Einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfbereiche	11
7.4 Doppelwanddurchstrahlung ebener und gekrümmter Prüfbereiche	12
7.5 Wahl der Aufnahmeanordnungen bei komplexen Geometrien	12
7.6 Zulässige Maße von Prüfbereichen	12
8 Wahl der Röhrenspannung und Strahlenquelle	18
8.1 Röntgenstrahler für bis zu 1 000 kV	18
8.2 Andere Strahlenquellen	18
9 Filmsysteme und Metallfolien	19
10 Verminderung der Streustrahlung	21
10.1 Metallfilter und Kollimatoren	21
10.2 Abschirmung von rückgestreuter Strahlung	21
11 Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand	22
12 Optische Dichte D des Durchstrahlungsbildes	24
13 Filmentwicklung und -betrachtung	24
13.1 Filmentwicklung	24
13.2 Betrachtungsbedingungen	24
14 Techniken zur Erhöhung des abgedeckten Dickenbereichs	25
14.1 Allgemeines	25
14.2 Mehrfilmtchnik	25
14.3 Kontrastminderung durch höhere Strahlungsenergie	26
14.4 Kontrastminderung durch Aufhärtung	27
14.5 Kontrastminderung durch Dickenausgleich	27
15 Durchstrahlungsbilder	27
15.1 Zuordnung von Durchstrahlungsbild und Prüfbereich, Filmlageplan	27
15.2 Kennzeichnung der Prüfbereiche	27
15.3 Überlappung der Filme	27

16	Bildgütenachweis.....	27
17	Einfluss der Kristallstruktur.....	28
18	Annahmekriterien.....	28
18.1	Allgemeines.....	28
18.2	Gütestufen.....	29
18.3	Wandquerschnittszonen.....	29
19	Prüfbericht.....	30
	Anhang A (normativ) Mindestbildgütezahlen.....	31
	Anhang B (normativ) Gütestufen für Stahlgussstücke.....	33
	Anhang C (normativ) Gütestufen für Eisengussstücke.....	35
	Anhang D (normativ) Gütestufen für Gussstücke aus Aluminium- und Magnesiumlegierungen.....	38
	Anhang E (normativ) Gütestufen für Gussstücke aus Kupferlegierungen.....	41
	Anhang F (normativ) Gütestufen für Gussstücke aus Titan und Titanlegierungen.....	43
	Anhang G (informativ) Wesentliche technische Änderungen dieser Europäischen Norm gegenüber der vorherigen Ausgabe.....	44
	Literaturhinweise.....	45

Bilder

Bild 1	— Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung ebener Bereiche.....	12
Bild 2	— Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit der Strahlenquelle auf der konvexen Seite und dem Film auf der konkaven Seite des Prüfbereiches.....	13
Bild 3	— Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit exzentrischer Position der Strahlenquelle auf der konkaven Seite und dem Film auf der konvexen Seite des Prüfbereiches.....	13
Bild 4	— Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit zentrischer Position der Strahlenquelle auf der konkaven Seite und dem Film auf der konvexen Seite des Prüfbereiches.....	14
Bild 5	— Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; nur die filmseitige Wand zur Beurteilung abgebildet.....	14
Bild 6	— Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; mehrere Aufnahmen; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; beide Wände zur Beurteilung abgebildet.....	14
Bild 7	— Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; Übersichtsaufnahme; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; beide Wände zur Beurteilung abgebildet.....	15
Bild 8	— Beispiele für Kanten und Flansche.....	15
Bild 9	— Beispiele für Rippen.....	16
Bild 10	— Beispiel für kreuzförmige Geometrien.....	16
Bild 11	— Beispiel für keilförmige Geometrien.....	17
Bild 12	— Beispiel für Rippen und Abstützungen.....	17
Bild 13	— Maximale Röhrenspannung U von Röntgenstrahlern bis 1 000 kV in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke w und vom Werkstoff.....	18
Bild 14	— Leiterdiagramm für $f_{\min}$ in Abhängigkeit von b und d.....	23

Bild 15 — Abschätzung des abgedeckten Dickenbereichs für unterschiedliche Strahlungsenergien für Stahl und Gusseisen.....	25
Bild 16 — Anordnung für die Mehrfilmtechnik.....	26
Bild 17 — Einteilung der Wand in Zonen.....	29

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen.....	9
Tabelle 2 — Bereich der durchstrahlten Dicke für Gamma- und Röntgenstrahler mit Energien über 1 MeV für Stahl, Gusseisen, Cobalt, Kupfer und Nickelbasislegierungen.....	19
Tabelle 3 — Filmsystemklassen und Metallfolien für die Durchstrahlung von Stahl, Gusseisen, Cobalt, Kupfer und Nickelbasislegierungen.....	20
Tabelle 4 — Filmsystemklassen und Metallfolien für Aluminium, Magnesium, Titan und Zink	21
Tabelle 5 — Optische Dichte der Durchstrahlungsbilder.....	24
Tabelle A.1 — Bildgüteanforderungen für die Prüfkategorie A.....	31
Tabelle A.2 — Bildgüteanforderungen für die Prüfkategorie B.....	32
Tabelle A.3 — Bildgüteausnahmen für die Durchstrahlungsprüfung mit Gammastrahlung	32
Tabelle B.1 — Gütestufen für Gussstücke aus Stahl und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild	33
Tabelle B.2 — Gütestufen für Stahlfeingussstücke und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 192	34
Tabelle C.1 — Gütestufen für Gusseisen mit Kugelgraphit und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM-Normen	35
Tabelle C.2 — Gütestufen für Gusseisen mit Kugelgraphit und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach VDG-Merkblatt P 541	36
Tabelle C.3 — Gütestufen für Gusseisen mit Lamellengraphit und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM-Normen	37
Tabelle D.1 — Gütestufen für Gussstücke aus Aluminiumlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 155.....	38
Tabelle D.2 — Gütestufen für Gussstücke aus Magnesiumlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 155.....	39
Tabelle D.3 — Gütestufen für Gussstücke aus Magnesiumlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 155.....	39
Tabelle D.4 — Gütestufen für Druckgussstücke aus Aluminiumlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 505.....	40
Tabelle D.5 — Gütestufen für Druckgussstücke aus Magnesiumlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 505.....	40
Tabelle E.1 — Gütestufen für Gussstücke aus hochfesten Kupferbasis- und Nickel-Kupferlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 272.....	41
Tabelle E.2 — Gütestufen für Gussstücke aus Kupfer-Zinnlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 310.....	42
Tabelle F.1 — Gütestufen für Gussstücke aus Titan und Titanlegierungen und entsprechende maximal zulässige Ungenauigkeiten und Vergleichsbild nach ASTM E 1320.....	43
Tabelle G.1 — Wesentliche technische Änderungen dieser Europäischen Norm gegenüber der vorherigen Ausgabe.....	44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12681-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 „Gießereiwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12681:2003 ersetzen.

Im Rahmen seines Arbeitsprogramms beauftragte das Technische Komitee CEN/TC 190 die CEN/TC 190/WG 10 „Innere Fehler“, die folgende Norm:

EN 12681:2003, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung*

zu überarbeiten und zu unterteilen in:

prEN 12681-1, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Filmtechniken*
(Ersatz für EN 12681:2003)

prEN 12681-2, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Technik mit Digitaldetektoren*
(neuer Inhalt und Teil von EN 12681:2003)

Einleitung

Die Durchstrahlung (Radiographie) kann für das Erkennen innerer Ungängen in einem Gussstück angewendet werden. Die Ungängen können Gasblasen, nichtmetallische Einschlüsse, Lunker, Risse, Einsätze oder Kühlelemente oder Einschlüsse mit geringerer oder höherer Dichte als der des Grundmetalls sein. In dieser Europäischen Norm sind die Annahmekriterien durch Gütestufen angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die besonderen Vorgehensweisen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen zur zerstörungsfreien Erkennung von Ungängen mit Filmtechniken fest. Dieser Teil von EN 12681 legt die Anforderungen an die Durchstrahlungsprüfung mit Filmen von Gussstücken fest.

Nach der Aufnahme und Entwickeln sind die Filme Durchstrahlungsbilder, die Bereiche unterschiedlicher optischer Dichte aufweisen. Die Durchstrahlungsbilder werden mit Betrachtungsgeräten für die industrielle Radiographie betrachtet und ausgewertet.

Dieser Teil von EN 12681 legt die empfohlene Vorgehensweise für die Wahl der Betriebsbedingungen und der Durchstrahlungstechnik fest.

Diese Vorgehensweisen gelten für nach einem beliebigen Gießverfahren hergestellte Gussstücke, insbesondere aus Stahl, Gusseisen, Aluminium, Cobalt, Kupfer, Magnesium, Nickel, Titan, Zink und deren Legierungen.

ANMERKUNG Diese Europäische Norm entspricht EN ISO 5579.

Diese Europäische Norm gilt nicht für:

- die Durchstrahlungsprüfung von Gussstücken für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt (siehe prEN 2002-21);
- die Durchstrahlungsprüfung von Schweißverbindungen (siehe EN ISO 17636-1);
- die Durchstrahlungsprüfung mit Digitaldetektoren (siehe prEN 12681-2);
- die radioskopische Prüfung (siehe EN 13068, alle Teile).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

EN 12543 (alle Teile), *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung*

EN 12679, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bestimmung der Strahlergrößen von industriell genutzten Radionukliden — Durchstrahlungsverfahren*

EN 25580, *Zerstörungsfreie Prüfung — Betrachtungsgeräte für die industrielle Radiographie — Minimale Anforderungen (ISO 5580:1985)*

EN ISO 5579:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen — Grundlagen (ISO 5579:2013)*

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712)*

EN ISO 11699-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung (ISO 11699-1)*

EN ISO 11699-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung mit Hilfe von Referenzwerten (ISO 11699-2)*

EN ISO 19232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1)*

EN ISO 19232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Ermittlung der Bildgütezahl mit Stufe/Loch-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-2)*

EN ISO 19232-4, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 4: Experimentelle Ermittlung von Bildgütezahlen und Bildgütetabellen (ISO 19232-4)*

ISO 5576, *Non-destructive testing — Industrial X-ray and gamma-ray radiology — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5576, EN ISO 5579 und die folgenden Begriffe.

3.1

Wanddicke

t

am Gussstück gemessene Dicke

3.2

Nennwanddicke

t_n

in der technischen Zeichnung festgelegte Dicke

3.3

durchstrahlte Dicke

w

Dicke des Werkstoffes in Strahlungsrichtung, berechnet aus den tatsächlichen Dicken aller durchstrahlten Wände

3.4

Größe der Strahlenquelle

d

Größe der Strahlenquelle oder Brennfleckgröße

[QUELLE: EN ISO 5579:2013, Begriff 3.4]

3.5

Abstand Prüfgegenstand - Film

b

größter (maximaler) Abstand zwischen der der Strahlenquelle zugewandten Seite des durchstrahlten Bereiches des Prüfgegenstandes und der Filmoberfläche, in Richtung der Zentralachse des Strahles gemessen

3.6

Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand

f

Abstand zwischen der Strahlenquelle und der der Strahlenquelle zugewandten und am weitesten vom Film entfernten Seite des Prüfgegenstandes, in Richtung der Zentralachse des Strahles gemessen

3.7

Abstand Strahlenquelle - Film

SFD

(en: source-to-film distance)

Abstand zwischen der Strahlenquelle und dem Film, in Strahlrichtung gemessen

Anmerkung 1 zum Begriff: $SFD = f + b$

Dabei ist

f der Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand;

b der Abstand Prüfgegenstand – Film.

[QUELLE: EN ISO 5579:2013, Begriff 3.5, modifiziert – Beschreibung in Worten als Formel dargestellt]

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Symbole und Abkürzungen nach Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbol oder Abkürzung	Benennung	Abschnitt, Bild, Anhang
b	Abstand Prüfgegenstand – Film	3.5
d	Größe der Strahlenquelle	3.4
D	optische Dichte des Films	Abschnitt 12, 14.2, Abschnitt 16, Bild 15
f	Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand	3.6
F	Film	Bild 1
BPK (en: IQI)	Bildgüteprüfkörper (en: image quality indicator)	Abschnitt 16, Anhang A
S	Strahlenquelle	Bild 1
SFD	Abstand Strahlenquelle – Film	3.7
t	Wanddicke	3.1, Bild 1
t_n	Nennwanddicke	3.2, Anhänge B bis F
w	durchstrahlte Dicke	3.3

5 Einteilung der radiographischen Techniken

Die radiographischen Techniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Klasse A: Grundtechniken;
- Klasse B: verbesserte Techniken.

Falls im Auftrag nicht anders festgelegt, wird empfohlen, die Prüfung nach Klasse A durchzuführen. Die Techniken der Klasse B werden angewendet, wenn Klasse A zu unempfindlich sein könnte.

Wenn es technisch oder industriell nicht möglich ist, eine der für die Klasse B festgelegten Prüfbedingungen, wie den Typ der Strahlenquelle oder den Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand f , einzuhalten, darf zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, dass die jeweilige Prüfbedingung nach Klasse A gewählt wird. Bei der Filmradiographie muss der Verlust an Empfindlichkeit durch eine Erhöhung der minimalen optischen Dichte des Films auf 3,0 oder Wahl einer um zwei Klassen besseren Filmsystemklasse ausgeglichen werden. Die anderen Prüfbedingungen nach Klasse B bleiben unverändert, insbesondere die geforderte Bildgüte. Aufgrund der gegenüber Klasse A verbesserten Empfindlichkeit dürfen die Prüfab-schnitte als nach Klasse B geprüft angesehen werden. Das gilt nicht, wenn die besonderen SFD-Verring-erungen nach Abschnitt 11 für die Aufnahmeanordnungen entsprechend Bild 3 und Bild 4 verwendet werden.

6 Anforderungen

6.1 Allgemeine Vorbereitungen

6.1.1 Schutz vor ionisierender Strahlung

Bei der Anwendung ionisierender Strahlung müssen lokale, nationale oder internationale Sicherheitsvorschriften strikt eingehalten werden.

WARNUNG — Die Exposition von Teilen des menschlichen Körpers gegenüber Röntgen- oder Gammastrahlen kann stark gesundheitsgefährdend sein. Bei der Anwendung von Röntgenstrahlung oder radioaktiven Strahlenquellen müssen die zutreffenden gesetzlichen Anforderungen beachtet werden.

6.1.2 Oberflächenvorbehandlung und Herstellungsstufe

Im Allgemeinen ist eine Oberflächenvorbehandlung nicht notwendig; wenn jedoch Unvollkommenheiten der Oberfläche Schwierigkeiten beim Nachweis von Fehlern verursachen können, muss die Oberfläche glattgeschliffen werden.

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Durchstrahlungsprüfung nach der letzten Herstellungsstufe, z. B. Schleifen oder Wärmebehandlung, durchgeführt werden.

6.2 Vereinbarungen

Gussstücke von komplizierter geometrischer Gestalt können Bereiche enthalten, die nicht oder nur teilweise mittels Durchstrahlung geprüft werden können. Solche Bereiche müssen vor Beginn der Durchstrahlungsprüfung festgestellt werden. Mittels Durchstrahlung nicht prüfbare Bereiche müssen von allen Vertragspartnern vermerkt und im Filmlageplan gekennzeichnet werden.

Die folgenden Punkte müssen vereinbart werden:

- a) Herstellungsstufe, in dem die Gussstücke zu prüfen sind;
- b) Prüfumfang;
- c) Prüfbereiche;
- d) Oberflächenbeschaffenheit;
- e) Prüfklasse;
- f) Angaben zum Filmlageplan;
- g) Kennzeichnung der Prüfbereiche auf dem Gussstück;
- h) Bildgüte;
- i) Kennzeichnung der Durchstrahlungsbilder;
- j) Annahmekriterien;
- k) zusätzliche Punkte müssen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden;
- l) besondere Anforderungen.

Bei der Auftragsannahme müssen alle Anforderungen zwischen den Vertragspartnern vereinbart sein.

6.3 Qualifizierung des Personals

Sofern nicht anders vereinbart, muss die Prüfung von Personal, das nach EN ISO 9712 oder gleichwertig mit einer im relevanten Industriesektor geeigneten Stufe qualifiziert ist, durchgeführt werden.

7 Aufnahmeanordnungen

7.1 Allgemeines

Die Aufnahmeanordnungen müssen übereinstimmen mit:

- den Bildern 1 bis 4: für einwandige Durchstrahlung;
- den Bildern 5 bis 7: für Doppelwanddurchstrahlung;
- den Bildern 8 bis 12: für Prüfbereiche mit kompliziertem Querschnitt.

Wenn diese Anordnungen nicht anwendbar sind, dürfen andere Anordnungen verwendet werden.

7.2 Einwandige Durchstrahlung ebener Prüfbereiche

Die Aufnahmeanordnung für die einwandige Durchstrahlung ebener Prüfbereiche muss mit Bild 1 übereinstimmen.

7.3 Einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfbereiche

Die Aufnahmeanordnung für die einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfbereiche muss mit einem der Bilder 2, 3 oder 4 übereinstimmen.

ANMERKUNG Starre Kassetten können verwendet werden, wenn die entsprechende Zunahme von b bei der Berechnung des Abstandes f zwischen der Strahlenquelle und der Bestrahlungsseite des Prüfgegenstandes berücksichtigt wird (siehe Abschnitt 10).

7.4 Doppelwanddurchstrahlung ebener und gekrümmter Prüfbereiche

Die Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener und gekrümmter Prüfbereiche muss mit einem der Bilder 5, 6 oder 7 übereinstimmen.

Die Doppelwanddurchstrahlung im Sinne von Übersichtsaufnahmen entsprechend Bild 7 muss angewendet werden, wenn die geometrischen Verhältnisse andere Aufnahmeanordnungen erschweren oder wenn mit dieser Technik eine bessere Erkennung von Ungängen erreicht wird. Es muss sichergestellt werden, dass nicht annehmbare Ungängen mit ausreichender Sicherheit erkannt werden. Die geforderte Bildgüte muss eingehalten werden.

Bei den Aufnahmeanordnungen nach den Bildern 6 und 7 ist der Einteilung von Ungängen die einfache Wanddicke zu Grunde zu legen. Bei unterschiedlichen Wanddicken ist die geringere Wanddicke zu Grunde zu legen.

Bei der Aufnahmeanordnung nach Bild 5 muss der Abstand der Strahlenquelle von der Prüfoberfläche minimiert werden, vorausgesetzt, dass die BPK-Anforderungen eingehalten werden.

7.5 Wahl der Aufnahmeanordnungen bei komplexen Geometrien

Sofern nicht anders vereinbart, müssen die Aufnahmeanordnungen für Bereiche mit komplexen Geometrien mit denen in den Bildern 8 bis 12 (wo zutreffend) übereinstimmen.

7.6 Zulässige Maße von Prüfbereichen

Der mit einem Film zu erfassende Prüfbereich sollte so begrenzt werden, dass die im interessierenden Bereich erforderliche optische Dichte nach Abschnitt 12, Tabelle 5, erreicht wird.

In Ergänzung zu den zuvor aufgeführten Anforderungen darf der Einfallswinkel der Strahlung höchstens 30° betragen.

ANMERKUNG Dieser Wert kann höher sein, wenn auf diese Weise besondere Lagen von Ungängen erkannt werden können oder wenn das der einzige Weg ist, sonst nicht prüfbare Bereiche zu erfassen.

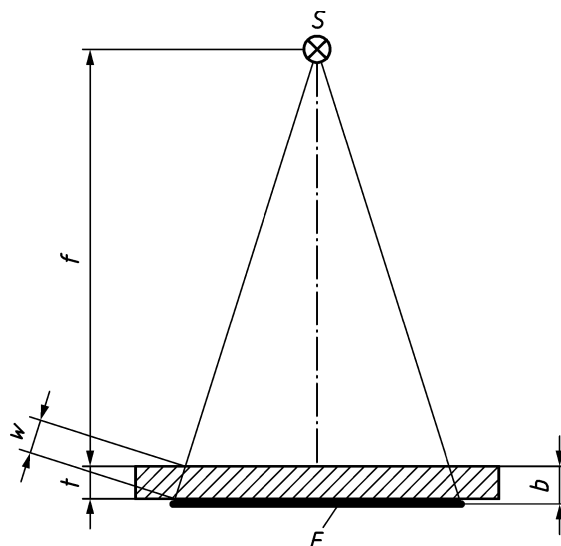
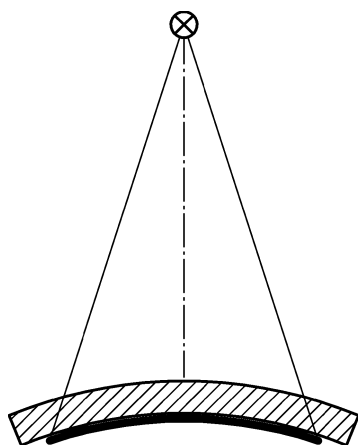
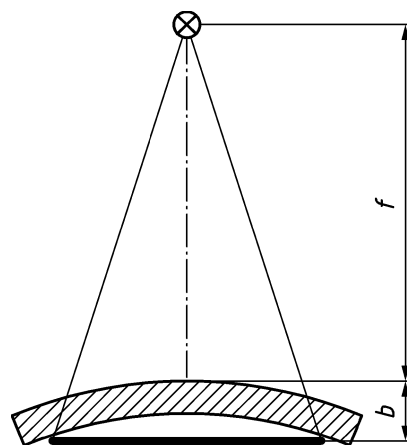


Bild 1 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung ebener Bereiche

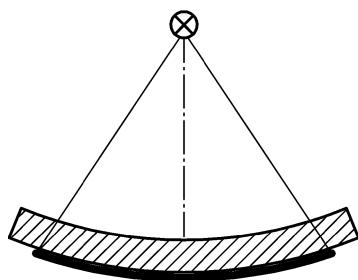


a) mit flexibler Kassette

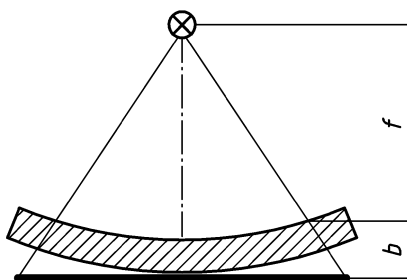


b) mit starrer Kassette

Bild 2 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit der Strahlenquelle auf der konvexen Seite und dem Film auf der konkaven Seite des Prüfbereiches



a) mit flexibler Kassette



b) mit starrer Kassette

Bild 3 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit exzentrischer Position der Strahlenquelle auf der konkaven Seite und dem Film auf der konvexen Seite des Prüfbereiches

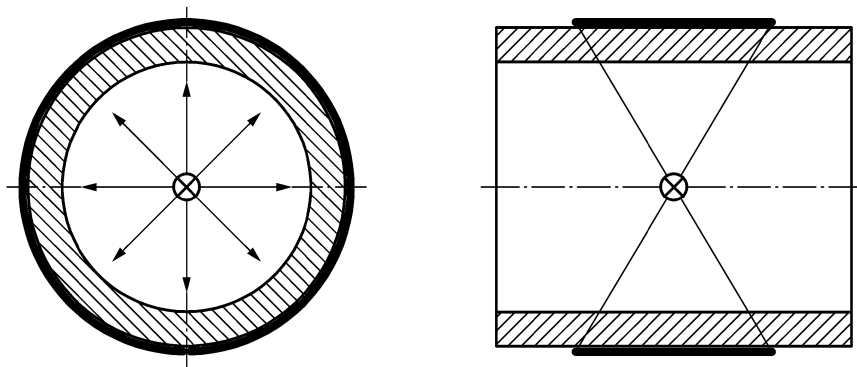


Bild 4 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Bereiche mit zentrischer Position der Strahlenquelle auf der konkaven Seite und dem Film auf der konvexen Seite des Prüfbereiches

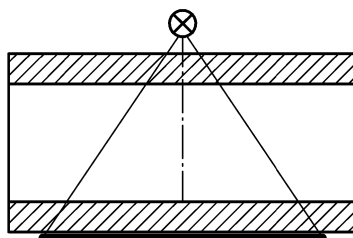


Bild 5 — Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; nur die filmseitige Wand zur Beurteilung abgebildet

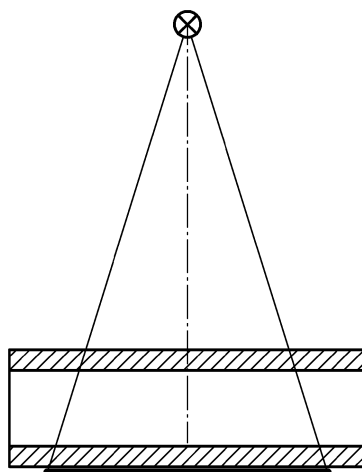


Bild 6 — Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; mehrere Aufnahmen; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; beide Wände zur Beurteilung abgebildet

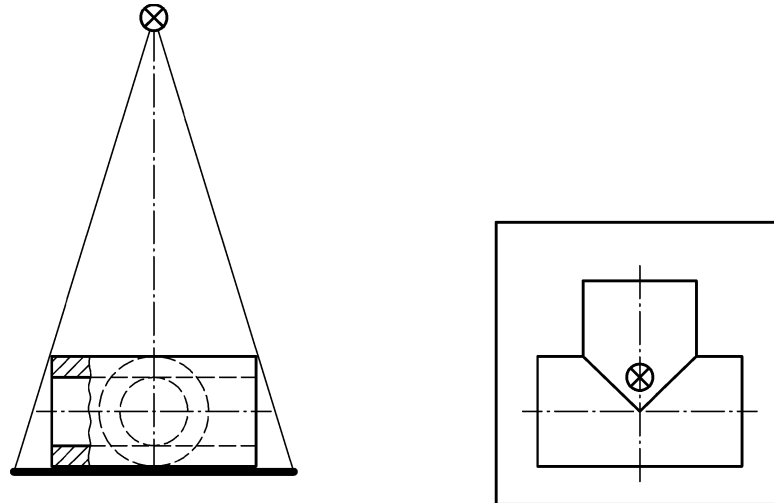


Bild 7 — Aufnahmeanordnung für Doppelwanddurchstrahlung ebener oder gekrümmter Prüfbereiche; Übersichtsaufnahme; Strahlenquelle und Film befinden sich außerhalb des Prüfbereiches; beide Wände zur Beurteilung abgebildet

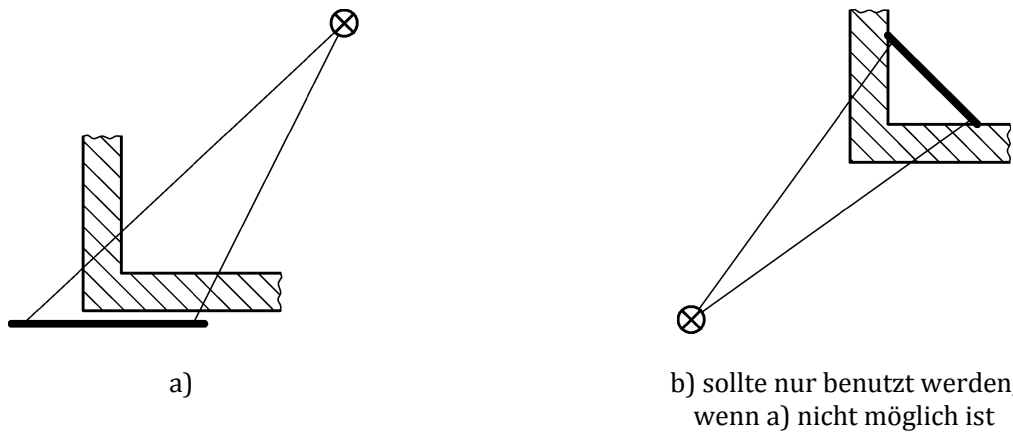
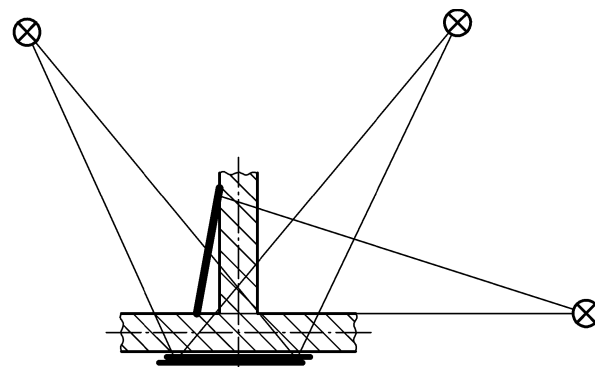
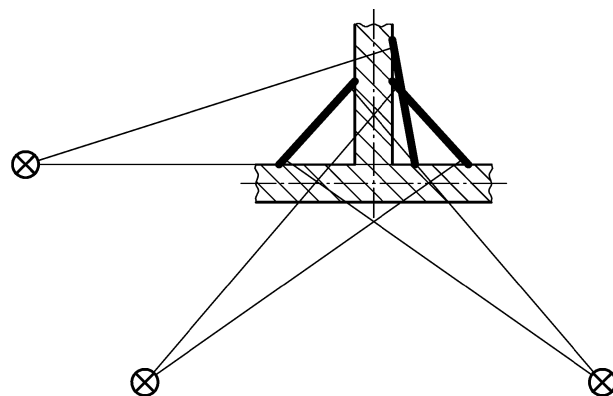


Bild 8 — Beispiele für Kanten und Flansche



a)



b) sollte nur benutzt werden, wenn a) nicht möglich ist

Bild 9 — Beispiele für Rippen

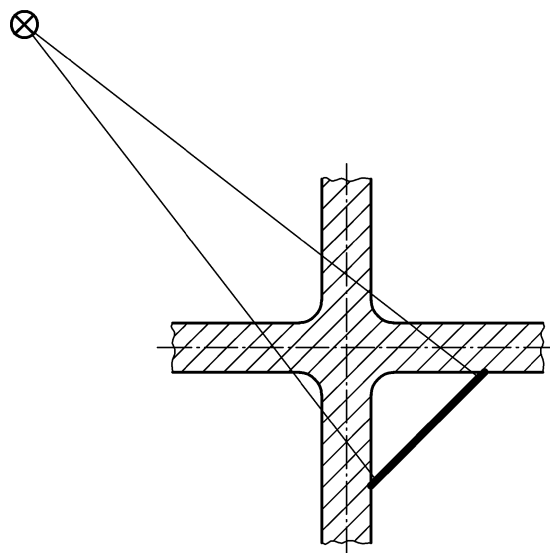


Bild 10 — Beispiel für kreuzförmige Geometrien

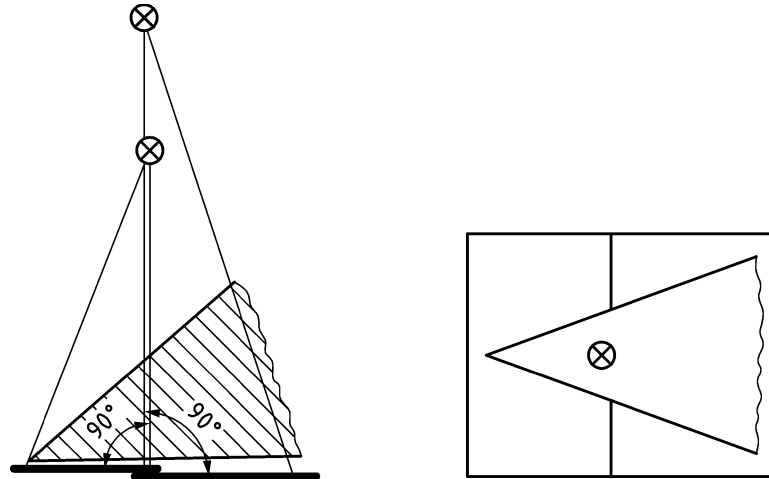
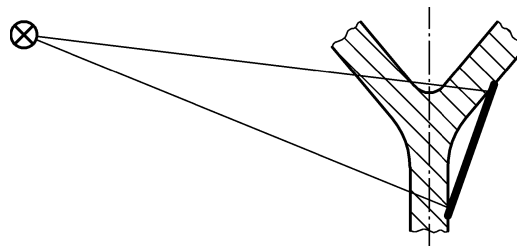
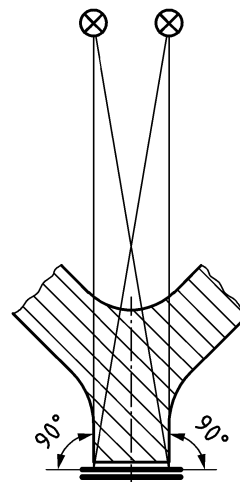
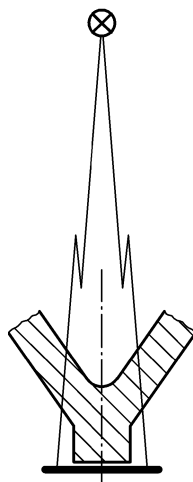


Bild 11 — Beispiel für keilförmige Geometrien



a)



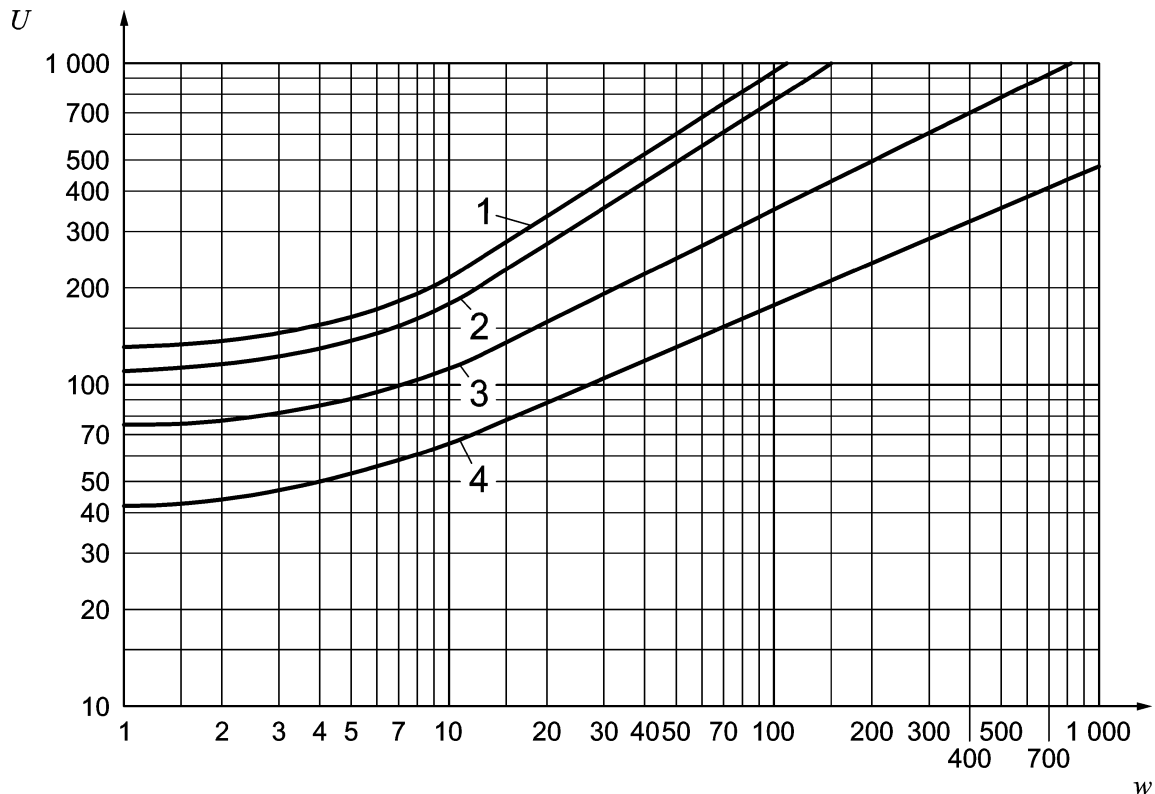
b)

Bild 12 — Beispiel für Rippen und Abstützungen

8 Wahl der Röhrenspannung und Strahlenquelle

8.1 Röntgenstrahler für bis zu 1 000 kV

Um eine gute Fehlernachweisempfindlichkeit zu erhalten, sollte die Röntgenröhrenspannung möglichst niedrig sein. Die Höchstwerte der Röntgenröhrenspannung in Abhängigkeit von der Dicke sind in Bild 13 angegeben.



Legende

- 1 Kupfer/Nickel und deren Legierungen
- 2 Stahl und Gusseisen
- 3 Titan und dessen Legierungen
- 4 Aluminium und dessen Legierungen
- w durchstrahlte Dicke, in mm
- U Röntgenröhrenspannung, in kV

Bild 13 — Maximale Röhrenspannung U von Röntgenstrahlern bis 1 000 kV in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke w und vom Werkstoff

Für einige Anwendungen von Gusstücken, bei denen sich die Dicke über den durchstrahlten Bereich des Prüfgegenstandes ändert, darf die Vorgehensweise verändert werden, indem eine etwas höhere Spannung verwendet wird; es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass eine übermäßig hohe Röhrenspannung zu einem Verlust der Fehlernachweisempfindlichkeit führt. Wenn mit einer Aufnahme unterschiedliche Dicken erfasst werden, kann ein Mittelwert dieser Dicken verwendet werden.

8.2 Andere Strahlenquellen

Die empfohlenen Bereiche der durchstrahlten Dicke für Gammastrahler und Röntgenstrahler über 1 MeV sind für Stahl, Cobalt, Kupfer und Nickelbasislegierungen in Tabelle 2 angegeben.

Bei der Prüfung von Aluminium, Magnesium, Titan und Zink mit Se 75 beträgt die durchstrahlte Werkstoffdicke $35 \text{ mm} \leq w \leq 120 \text{ mm}$ für Klasse A.

Gammastrahlenquellen von Se 75, Ir 192 und Co 60 erzeugen Durchstrahlungsbilder, die eine schlechtere Fehlernachweisempfindlichkeit haben als solche, die unter Anwendung von Röntgenstrahlung mit geeigneter Technik erzeugt wurden. Wegen der Vorteile von Gammastrahlenquellen bezüglich Handhabbarkeit und Zugänglichkeit ist in Tabelle 2 trotzdem ein zulässiger Dickenbereich für jede dieser Gammastrahlenquellen angegeben, die verwendet werden dürfen, wenn der Einsatz von Röntgenröhren schwierig ist.

Nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf die durchstrahlte Werkstoffdicke für Ir 192 weiter auf 10 mm und für Se 75 auf 5 mm verringert werden.

Für bestimmte Anwendungen dürfen größere Werkstoffdickenbereiche gestattet werden, wenn eine ausreichende Bildgüte erreicht werden kann.

In den Fällen, in denen Durchstrahlungsbilder mit Gammastrahlen erzeugt werden, darf die Zeit zur Positionierung der Strahlenquelle höchstens 10 % der gesamten Aufnahmezeit betragen.

Tabelle 2 — Bereich der durchstrahlten Dicke für Gamma- und Röntgenstrahler mit Energien über 1 MeV für Stahl, Gusseisen, Cobalt, Kupfer und Nickelbasislegierungen

Strahlenquelle	Durchstrahlte Dicke	
	w^a mm	
	Klasse A	Klasse B
Se 75	$10 \leq w \leq 40$	$14 \leq w \leq 40$
Ir 192	$10 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
Co 60	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
Röntgenstrahler mit Energien von 1 MeV bis 4 MeV	$30 \leq w \leq 300$	$50 \leq w \leq 180$
Röntgenstrahler mit Energien von 4 MeV bis 12 MeV	$w \geq 50^b$	$w \geq 70^b$
Röntgenstrahler mit Energien über 12 MeV	$w \geq 80^b$	$w \geq 100^b$
^a Wenn mit einer Aufnahme verschiedene Dicken erfasst werden, kann ein Mittelwert dieser Dicken verwendet werden.		
^b Die durchstrahlte Mindestwanddicke darf bei Klasse A um 10 mm und bei Klasse B um 20 mm verringert werden, wenn die Filmsystemklasse C1 nach EN ISO 11699-1 verwendet wird, vorausgesetzt, die BPK-Anforderungen werden eingehalten.		

9 Filmsysteme und Metallfolien

Für die Durchstrahlungsprüfung sind Filmsystemklassen nach EN ISO 11699-1 zu verwenden.

Für verschiedene Strahlenquellen sind die mindestens erforderlichen Filmsystemklassen in den Tabellen 3 und 4 angegeben.

Bei der Verwendung von Metallfolien ist ein guter Kontakt zwischen Film und Folie erforderlich. Das kann entweder durch Verwendung von vakuumverpackten Filmen oder durch Anpressdruck erreicht werden.

Andere Foliendicken dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, vorausgesetzt, die erforderliche Bildgüte wird erreicht.

Tabelle 3 — Filmsystemklassen und Metallfolien für die Durchstrahlung von Stahl, Gusseisen, Cobalt, Kupfer und Nickelbasislegierungen

Strahlenquelle	Durchstrahlte Dicke w	Filmsystemklasse ^a		Art und Dicke der Metallfolien	
		Klasse A	Klasse B	Klasse A	Klasse B
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 100 kV	alle w	C 5	C 3	Keine oder bis 0,03 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei	
Spannung des Röntgenstrahlers > 100 kV bis 150 kV				Bis 0,15 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei	
Spannung des Röntgenstrahlers > 150 kV bis 250 kV			C 4	0,02 mm bis 0,15 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei	
Spannung des Röntgenstrahlers > 250 kV bis 500 kV	$w \leq 50$ mm	C 5	C 4	0,02 mm bis 0,2 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei	
	$w > 50$ mm		C 5	0,1 mm bis 0,2 mm Vorderfolie aus Blei ^b 0,02 mm bis 0,2 mm Hinterfolie aus Blei	
Spannung des Röntgenstrahlers > 500 kV bis 1 000 kV	$w \leq 75$ mm	C 5	C 4	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolie aus Stahl oder Kupfer ^c	
	$w > 75$ mm	C 5	C 5		
Se 75	alle w	C 5	C 4	0,02 mm bis 0,2 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei	
Ir 192	alle w	C 5	C 4	0,02 mm bis 0,2 mm Vorderfolie aus Blei	0,1 mm bis 0,2 mm Vorderfolie aus Blei ^b
				0,02 mm bis 0,2 mm Hinterfolie aus Blei	
Co 60	$w \leq 100$ mm	C 5	C 4	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolie aus Stahl oder Kupfer ^c	
	$w > 100$ mm		C 5		
Röntgenstrahler mit einer Energie von 1 MeV bis 4 MeV	$w \leq 100$ mm	C 5	C 3	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolie aus Stahl oder Kupfer ^c	
	$w > 100$ mm		C 5		
Röntgenstrahler mit einer Energie von 4 MeV bis 12 MeV	$w \leq 100$ mm	C 4	C 4	Bis 1 mm Vorderfolie aus Kupfer, Stahl oder Tantal ^d Hinterfolie aus Kupfer oder Stahl bis 1 mm und Tantal bis 0,5 mm ^d	
	$100 \text{ mm} < w \leq 300 \text{ mm}$	C 5	C 4		
	$w > 300$ mm		C 5		
Röntgenstrahler mit einer Energie über 12 MeV	$w \leq 100$ mm	C 4	C 1	Bis 1 mm Vorderfolie aus Tantal ^e Keine Hinterfolie	
	$100 \text{ mm} < w \leq 300 \text{ mm}$	C 5	C 4		
	$w > 300$ mm		C 5	Bis 1 mm Vorderfolie aus Tantal ^e Bis 0,5 mm Hinterfolie aus Tantal	

^a Bessere Filmsystemklassen dürfen ebenfalls verwendet werden, siehe EN ISO 11699-1.

^b Herstellerverpackte Filme mit Vorderfolien bis 0,03 mm dürfen verwendet werden, wenn zwischen dem Prüfgegenstand und dem Film zusätzlich eine 0,1-mm-Bleifolie angeordnet wird.

^c In Klasse A dürfen auch 0,5-mm- bis 2,0-mm-Bleifolien verwendet werden.

^d In Klasse A dürfen nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern 0,5-mm- bis 1-mm-Bleifolien verwendet werden.

^e Nach Vereinbarung dürfen Wolframfolien verwendet werden.

Tabelle 4 — Filmsystemklassen und Metallfolien für Aluminium, Magnesium, Titan und Zink

Strahlenquelle	Filmsystemklasse ^a		Art und Dicke der Verstärkerfolien
	Klasse A	Klasse B	
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 150 kV	C 5	C 3	Keine oder bis 0,03 mm Vorder- und bis 0,15 mm Hinterfolie aus Blei
Spannung des Röntgenstrahlers > 150 kV bis 250 kV			0,02 mm bis 0,15 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei
Spannung des Röntgenstrahlers > 250 kV bis 500 kV			0,1 mm bis 0,2 mm Vorder- und Hinterfolie aus Blei
Se 75		Nicht anwendbar	0,2 mm Vorder- ^b und 0,1 mm bis 0,2 mm Hinterfolie aus Blei

^a Bessere Filmsystemklassen dürfen ebenfalls verwendet werden, siehe EN ISO 11699-1.

^b Anstelle einer 0,2-mm-Bleifolie dürfen zwei 0,1-mm-Bleifolien verwendet werden.

10 Verminderung der Streustrahlung

10.1 Metallfilter und Kollimatoren

Um die Wirkung von Streustrahlung zu verringern, muss die direkte Strahlung durch Kollimatoren weitestgehend auf den Prüfbereich begrenzt werden.

Bei Se 75-, Ir 192- und Co 60-Strahlenquellen oder bei Randüberstrahlung kann eine Bleifolie als Filter für energiearme Streustrahlung zwischen dem Prüfgegenstand und dem Film verwendet werden. Die Dicke dieser Folie beträgt in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke 0,5 mm bis 2 mm.

10.2 Abschirmung von rückgestreuter Strahlung

Es muss sichergestellt werden, dass die Wirkung von Streustrahlung minimiert ist.

Falls erforderlich, muss der Film mit ausreichend dickem Blei von mindestens 1 mm oder Zinn von mindestens 1,5 mm gegen rückgestreute Strahlung abgeschirmt werden, das an der Rückseite der Film-Folien-Kombination (oder der Kassette) angeordnet wird. Das Vorliegen von rückgestreuter Strahlung sollte bei jeder neuen Aufnahmeanordnung mit einem direkt hinter der Kassette angeordneten Bleibuchstaben B (mit einer Mindesthöhe von 10 mm und einer Minstdicke von 1,5 mm) überprüft werden. Wenn die Abbildung dieses Zeichens als helleres Bild auf dem Durchstrahlungsbild erscheint, muss es verworfen werden. Ist das Zeichen dunkler oder unsichtbar, ist das Durchstrahlungsbild annehmbar und weist einen guten Schutz gegen rückgestreute Strahlung auf.

11 Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand

Der Mindestabstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand $f_{\min}$ hängt von der Strahler- oder Brennfleckgröße d und vom Abstand Prüfgegenstand – Film b ab. Die Strahler- oder Brennfleckgröße d muss nach EN 12543 oder EN 12679 bestimmt werden.

Wenn die Strahler- oder Brennfleckgröße durch zwei Maße festgelegt ist, ist das größere der beiden anzusetzen.

Bei Aufnahmegeometrien mit Ausnahme der in Bild 2 b) und Bild 3 b) muss der Abstand f , wenn möglich, so gewählt werden, dass das Verhältnis dieses Abstands zur Strahlergröße d , d. h. f/d , die Werte nach den Gleichungen (1) und (2) nicht unterschreitet:

für Klasse A:

$$f/d \geq 7,5(b)^{2/3} \quad (1)$$

für Klasse B:

$$f/d \geq 15(b)^{2/3} \quad (2)$$

Dabei ist

b in Millimeter (mm) angegeben.

Wenn der Abstand $b < 1,2 t$ ist, muss das Maß b in den Gleichungen (1) und (2) und im Bild 14 durch die Wanddicke t ersetzt werden.

Zur Bestimmung des Abstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand $f_{\min}$ darf das Leiterdiagramm in Bild 14 verwendet werden. Das Nomogramm beruht auf den Gleichungen (1) und (2).

Bei Aufnahmegeometrien entsprechend Bild 2 b) und Bild 3 b) muss der Abstand f , wenn möglich, so gewählt werden, dass das Verhältnis dieses Abstands zur Strahlergröße d , d. h. f/d , die Werte nach den Gleichungen (3) und (4) nicht unterschreitet:

für Klasse A:

$$\frac{f}{d} \geq 7,5 \frac{b}{\sqrt[3]{t}} \quad (3)$$

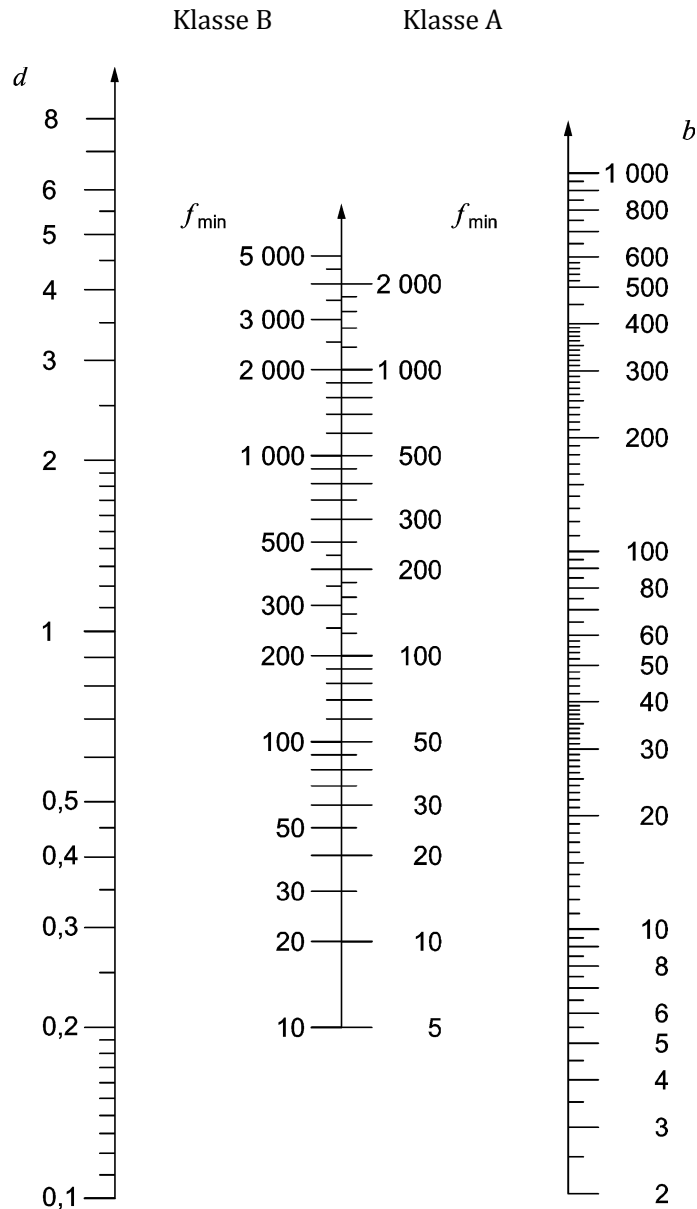
für Klasse B:

$$\frac{f}{d} \geq 15 \frac{b}{\sqrt[3]{t}} \quad (4)$$

Dabei ist

t die zu untersuchende Wanddicke, in Millimeter (mm);

b der Abstand Prüfgegenstand - Film, in Millimeter (mm).



Legende

- b Abstand Prüfgegenstand - Film, in mm
 d Strahlergröße, in mm
 $f_{\min}$ Mindestabstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand, in mm

Bild 14 — Leiterdiagramm für $f_{\min}$ in Abhängigkeit von b und d

Wenn die Strahlenquelle im Innern des Prüfgegenstandes (Technik nach Bildern 3 und 4) angeordnet werden könnte, um eine geeignetere Bestrahlungsrichtung zu erreichen und wenn eine Doppelwandtechnik (siehe Bilder 5 bis 7) vermieden wird, sollte dieses Verfahren bevorzugt werden. Der Mindestabstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand sollte jedoch höchstens um 40 % verringert werden.

Wenn die Strahlenquelle zentrisch im Innern des Prüfgegenstandes und der Film außerhalb liegt (Technik nach Bild 4) und vorausgesetzt, die BPK-Anforderungen werden eingehalten, darf dieser Prozentwert erhöht werden. Der Mindestabstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand darf jedoch höchstens um 50 % verringert werden.

12 Optische Dichte D des Durchstrahlungsbildes

Die Aufnahmebedingungen sollten so sein, dass die minimale optische Dichte des Durchstrahlungsbildes im Prüfbereich mindestens den in Tabelle 5 angegebenen Werten entspricht.

Tabelle 5 — Optische Dichte der Durchstrahlungsbilder

Klasse	Optische Dichte $D^{a,b}$
A	$\geq 2,0$
B	$\geq 2,3$
^a Messtoleranzen von $\pm 0,1$ sind zulässig. ^b Bei Prüfbereichen mit unterschiedlichen Wanddicken ist eine optischen Dichte $> 1,5$ für Klasse A und $> 2,0$ für Klasse B ausreichend, wenn die in den Tabellen A.1 bis A.3 angegebenen Bildgüteanforderungen eingehalten werden.	

Wenn das Betrachtungsgerät nach 13.2 ausreichend hell ist, können hohe optische Dichten vorteilhaft verwendet werden. Die maximale auswertbare optische Dichte des Films hängt vom Betrachtungsgerät und dessen maximaler Leuchtdichte ab (siehe EN 25580). Die maximale auswertbare optische Dichte des Films muss am Betrachtungsgerät angegeben sein.

Um eine unzulässig hohe Schleierschwärzung zu verhindern, die durch Filmalterung, Filmentwicklung oder Temperatur entstehen kann, muss die Schleierschwärzung an einem nicht bestrahlten Exemplar der verwendeten Filme regelmäßig überprüft und in gleicher Weise wie das eigentliche Durchstrahlungsbild behandelt und verarbeitet werden. Die Schleierschwärzung darf höchstens 0,3 betragen. Die Schleierschwärzung ist hier als die gesamte optische Dichte (Emulsion und Träger) eines entwickelten unbestrahlten Films festgelegt.

Wenn Doppelfilmbetrachtung gefordert wird, darf die optische Dichte eines einzelnen Films nicht weniger als 1,3 betragen.

13 Filmentwicklung und -betrachtung

13.1 Filmentwicklung

Filme werden nach den Empfehlungen der Hersteller von Filmen und Chemikalien entwickelt, um die gewählte Filmsystemklasse zu erreichen. Insbesondere sind Temperatur, Entwicklungszeit und Wässerungszeit zu beachten. Die Filmentwicklung ist nach EN ISO 11699-2 regelmäßig zu kontrollieren. Die Durchstrahlungsbilder sollten frei von Mängeln infolge der Entwicklung oder anderer Ursachen, die die Auswertung stören würden, sein.

13.2 Betrachtungsbedingungen

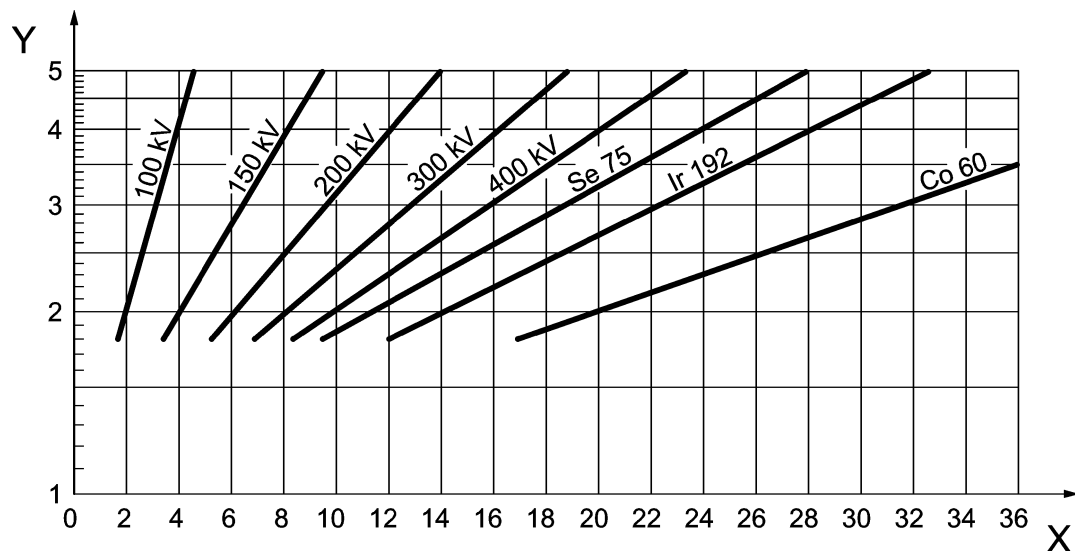
Die Durchstrahlungsbilder sollten in einem verdunkelten Raum auf einer Fläche des Betrachtungsgeräts mit einstellbarer Leuchtdichte nach EN 25580 ausgewertet werden. Die Leuchtfläche sollte auf den interessierenden Bereich maskiert werden.

14 Techniken zur Erhöhung des abgedeckten Dickenbereichs

14.1 Allgemeines

In vielen Anwendungsfällen ist es nützlich, einen größeren Dickenbereich innerhalb einer Filmaufnahme abzubilden. Bild 15 enthält Angaben zum voraussichtlichen Dickenbereich für Stahl und Gusseisen in Abhängigkeit von der optischen Dichte im Durchstrahlungsbild. Das kann mit einer der folgenden Techniken durchgeführt werden:

- Mehrfilmtechnik;
- Kontrastminderung durch höhere Strahlungsenergie;
- Kontrastminderung durch Aufhärtung;
- Kontrastminderung durch Dickenausgleich.



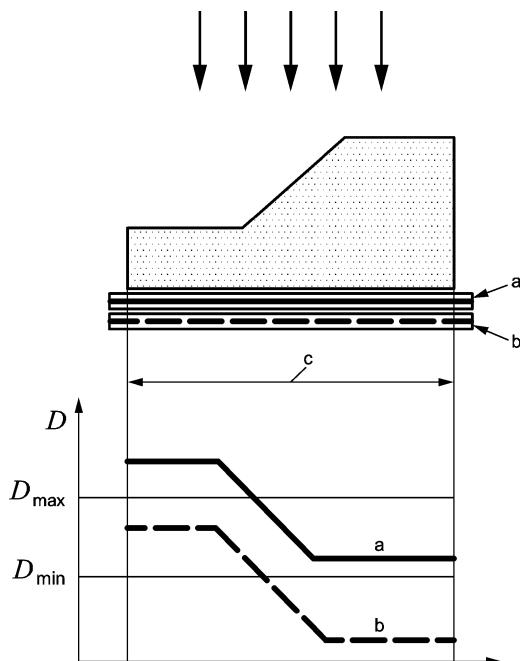
Legende

- X Dickenbereich, in Millimeter (mm)
Y optische Dichte $D_{\max}/D_{\min}$ für Filme

Bild 15 — Abschätzung des abgedeckten Dickenbereichs für unterschiedliche Strahlungsenergien für Stahl und Gusseisen

14.2 Mehrfilmtechnik

Bei der Mehrfilmtechnik werden mindestens zwei Filme mit unterschiedlicher Empfindlichkeit gleichzeitig aufgenommen (siehe Bild 16) und einzeln oder gemeinsam betrachtet.



Legende

- D optische Dichte des Films
- a Filmsystem mit höherer Empfindlichkeit (ISO-Empfindlichkeit)
- b Filmsystem mit niedrigerer Empfindlichkeit (ISO-Empfindlichkeit)
- c seitliches Maß

Bild 16 — Anordnung für die Mehrfilmtechnik

Zwischen den Filmen muss jeweils mindestens eine Bleifolie vorhanden sein. Bei papierkaschierten Bleifolien sind zwei Folien mit der Metallschicht zur Filmseite zwischenzulegen. Filme sowie Vorder- und Hinterfolien müssen entsprechend den Tabellen 3 und 4 gewählt werden.

Bildbereiche mit starker Lichtintensität müssen während der Betrachtung abgedeckt werden, um beim Betrachten Blendung zu vermeiden.

Um sicherzustellen, dass die Filme bei der Mehrfilmtechnik genau aufeinander positioniert werden können, müssen Kennzeichnungen (mindestens zwei) aufgenommen werden. Die geometrischen Merkmale des Gussstückes und deren Abbildungen müssen in den Durchstrahlungsbildern übereinstimmen. Die geometrischen Merkmale des Gussstückes müssen deren Abbildungen auf den Durchstrahlungsbildern entsprechen.

Bei Anwendung der Doppelfilmbetrachtung, darf die optische Dichte eines einzelnen Films nicht geringer als 1,3 sein (siehe Abschnitt 12).

14.3 Kontrastminderung durch höhere Strahlungsenergie

Bei Röntgenstrahlern bis 800 kV darf die maximal zulässige Röhrenspannung nach Bild 13 um höchstens 30 % überschritten werden. Zur Steigerung des abgedeckten Dickenbereichs dürfen auch Röntgenstrahler durch Gammastrahler oder Linearbeschleuniger ersetzt werden.

Die Bildgüteanforderung(en) nach den Tabellen A.1 bis A.3 muss/müssen eingehalten werden.

14.4 Kontrastminderung durch Aufhärtung

Eine Kontrastminderung durch Aufhärtung ist nur zulässig, wenn die Bildgüteanforderung(en) nach den Tabellen A.1 bis A.3 eingehalten wird/werden.

14.5 Kontrastminderung durch Dickenausgleich

Die Abbildung unterschiedlicher Wanddicken mit einer Aufnahme auf einem Film ist dadurch möglich, dass der Bereich geringerer Wanddicke — der im Durchstrahlungsbild mit höherer optischer Dichte des Films abgebildet wird — mit einem den Dickenunterschied ausgleichenden Werkstoff abgedeckt wird, sodass die Anforderungen an die optische Dichte des Films nach Abschnitt 12 für den gesamten Dickenbereich eingehalten werden.

Der Werkstoff muss frei von Ungänzen und Grobstrukturen sein und darf keine Störung des Bildes hervorrufen, die eine gute Auswertung des Prüfbereiches beeinträchtigen könnte.

15 Durchstrahlungsbilder

15.1 Zuordnung von Durchstrahlungsbild und Prüfbereich, Filmlageplan

Eine eindeutige Zuordnung des Prüfbereiches und des entsprechenden Durchstrahlungsbildes muss gegeben sein.

Bei Gussstücken, für die eine Vielzahl von Aufnahmen erforderlich ist, muss ein Filmlageplan oder eine Photodokumentation erstellt werden. Die Lage jedes Films und die entsprechenden Prüfbereiche müssen eindeutig zugeordnet sein.

In Fällen, in denen die Angabe der Nummer der Aufnahmeanordnung nach dieser Europäischen Norm keine eindeutige Aussage über die Position der Strahlenquelle macht, ist entweder ein gesonderter Strahlenquellenplan zu erstellen oder die Position der Strahlenquelle im Filmlageplan bzw. in einer Photodokumentation anzugeben.

15.2 Kennzeichnung der Prüfbereiche

Um die genaue Position jedes Durchstrahlungsbildes (z. B. Nullpunkt, Richtung, Kennung, Maß) anzugeben, muss der Prüfgegenstand dauerhaft gekennzeichnet werden.

Wenn der Werkstoff und/oder dessen Einsatzbedingungen keine dauerhaften Kennzeichnungen zulassen, darf die Lage in genauen Skizzen oder in Photos angegeben werden.

15.3 Überlappung der Filme

Bei Durchstrahlungsprüfung eines Bereiches mit mindestens zwei getrennten Filmen müssen sich die Filme ausreichend überlappen, um sicherzustellen, dass der gesamte Prüfbereich abgebildet wird. Das muss mit Kennzeichnungen hoher Dichte nachgewiesen werden, die auf der Oberfläche des Prüfgegenstandes angebracht werden und auf jedem Film erscheinen.

16 Bildgütenachweis

Wenn nicht anders vereinbart, ist die Bildgüte mit Bildgüteprüfkörpern (BPK) nach EN ISO 19232-1 oder EN ISO 19232-2 nachzuweisen. Die in den Tabelle A.1 bis A.3 angegebene(n) Bildgüteanforderung(en) muss/müssen eingehalten werden. Wenn die BPK nicht entsprechend diesen Normen auf dem Gussstück