

Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren

Teil 7: Durchstrahlungsprüfung

DIN
25435-7

ICS 27.120.10

In-service inspections for primary coolant circuit components of light water
reactors — Part 7: Radiographic testing

Contrôles périodiques des composants du circuit primaire des réacteurs
à eau légère — Partie 7: Contrôle par radiographie

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe und Formelzeichen	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Formelzeichen	6
4 Prüftechniken	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Aufnahmeanordnungen	7
4.3 Kontrollverfahren	11
4.4 Auswerteverfahren	13
5 Anforderungen, Kennwerte, Überwachung	14
5.1 Prüfpersonal	14
5.2 Prüfgegenstand	15
5.3 Strahlenquellen	16
5.4 Filmsystem	17
5.5 Auswertetechnik	17
6 Prüfung	18
6.1 Prüfanweisung	18
6.2 Vorbereitung	19
6.3 Durchführung	21
6.4 Abschließende Maßnahmen	22
6.5 Auswertung	23
7 Protokollierung	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Protokoll der Filmverarbeitung	25
7.3 Prüfprotokoll	26
7.4 Befundprotokoll	26
7.5 Protokoll über die Auswertung mit dem Bildverarbeitungssystem	26
8 Dokumentation	27

Fortsetzung Seite 2 bis 34

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) – FB Kerntechnik – im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Anhang A (normativ) Positionsprüfkörper	28
A.1 Aufbau der Positionsprüfkörper	28
A.2 Auswertung der Positionierung der Strahlenquelle für ebene Prüfgegenstände	29
A.3 Auswertung der Positionierung der Strahlenquelle mit Schablonen für Rundschweißnähte (zylindrische Prüfgegenstände)	29
Anhang B (informativ) Protokoll über Filmverarbeitungskontrolle.....	32
Anhang C (informativ) Befundprotokoll	33
Anhang D (informativ) Koordinatensystem an Schweißnähten	34
Bilder	
Bild 1 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) zur Prüfung der filmnahen Wand (Senkrechtdurchstrahlung)	8
Bild 2 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) zur Prüfung der filmnahen Wand (Senkrechtdurchstrahlung, Strahlenquelle aufgesetzt)	8
Bild 3 — Mindestanzahl der Teilaufnahmen N bei Durchstrahlung von innen nach außen sowie Doppelwanddurchstrahlung in Abhängigkeit vom Verhältnis Rohraußendurchmesser D_a zum Film-Strahlenquelle-Abstand FFA und dem maximalen Verzerrungswinkel β	10
Bild 4 — Mindestanzahl der Teilaufnahmen N bei einwandiger Durchstrahlung von außen nach innen in Abhängigkeit vom Verhältnis Rohraußendurchmesser D_a zum Abstand f und dem maximalen Verzerrungswinkel β	11
Bild 5 — Maßband mit integrierten Bleizahlen zur Markierung des Prüfbereiches und mit Positionsprüfkörpern zur Überprüfung der Position der Strahlenquelle	12
Bild 6 — Zulässigkeitsgrenze für die Position der Strahlenquelle nach Bild 1 und Bild 2	13
Bild 7 — Maximale Röhrenspannung von Röntgenstrahlern für Stahl in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke	22
Bild A.1 — Prinzipieller Aufbau des Positionsprüfkörpers (BAM-Schnecke).....	28
Bild A.2 — Bestimmung des Punktes des senkrecht einfallenden Zentralstrahls auf den Durchstrahlungsaufnahmen ebener Prüfgegenstände	29
Bild A.3 — Beispiel für eine Auswerteschablone zur Bestimmung des Abstandes A' nach Bild 6	30
Bild A.4 — Beispiel für die Auswertung der Abbildung von Maßbändern mit Positionsprüfkörpern.	31
Bild B.1 — Beispiel eines Protokolls über Filmverarbeitungskontrolle	32
Bild C.1 — Beispiel eines Befundprotokolls.....	33
Bild D.1 — Koordinatensystem an Schweißnähten.....	34
Tabellen	
Tabelle 1 — Formelzeichen	6
Tabelle 2 — Mindestanforderungen an das Prüfpersonal	15
Tabelle A.1 — Maße und Einsatzbereiche der Positionsprüfkörper.....	28

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich Kerntechnik, Arbeitsausschuss NMP 749 „Durchstrahlungsprüfung – Kerntechnik“, erstellt.

DIN 25435 „Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren“ besteht aus:

- Teil 1: *Mechanisierete Ultraschallprüfung*
- Teil 2: *Magnetpulver- und Eindringprüfung*
- Teil 3: *Druckprüfung*
- Teil 4: *Sichtprüfung*
- Teil 6: *Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren*
- Teil 7: *Durchstrahlungsprüfung*

Anhang A ist normativ, die Anhänge B bis D sind informativ.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für wiederkehrende Durchstrahlungsprüfungen, die an den Rohrleitungen des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren durchgeführt werden. Diese Norm ist auch auf andere Komponenten kerntechnischer Anlagen anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 4512-7, *Photographische Sensitometrie — Bestimmung der optischen Dichte — Teil 7: Begriffe, Symbole und Kennzeichnungen.*

DIN 25435-2:2003-05, *Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 2: Magnetpulver- und Eindringprüfung.*

DIN 58220-3, *Sehschärfebestimmung — Teil 3: Prüfung für Gutachten.*

DIN 58220-5, *Sehschärfebestimmung — Teil 5: Allgemeiner Sehtest.*

DIN EN 462-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg) — Ermittlung der Bildgütezahl; Deutsche Fassung EN 462-1:1994.*

DIN EN 473:2001-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*; Deutsche Fassung EN 473:2000.

DIN EN 584-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung*; Deutsche Fassung EN 584-1:1994.

DIN EN 584-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung mit Hilfe von Referenzwerten*; Deutsche Fassung EN 584-2:1996.

DIN EN 1435:1997-10, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*; Deutsche Fassung EN 1435:1997.

DIN EN 12543-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 1: Scan-Verfahren*; Deutsche Fassung EN 12543-1:1999.

DIN EN 12543-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 2: Radiographisches Lochkamera-Verfahren*; Deutsche Fassung EN 12543-2:1999.

DIN EN 12543-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 3: Radiographisches Schlitzkamera-Verfahren*; Deutsche Fassung EN 12543-3:1999.

DIN EN 12544-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Messung und Auswertung der Röntgenröhrenspannung — Teil 1: Spannungsteiler-Verfahren*; Deutsche Fassung EN 12544-1:1999.

DIN EN 12544-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Messung und Auswertung der Röntgenröhrenspannung — Teil 3: Spektrometer-Verfahren*; Deutsche Fassung EN 12544-3:1999.

DIN EN 12679, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bestimmung der Strahlergrößen von industriell genutzten Radionukliden — Durchstrahlungsverfahren*; Deutsche Fassung EN 12679:1999.

DIN EN 13068-1:2000-02, *Zerstörungsfreie Prüfung — Radioskopische Prüfung — Teil 1: Quantitative Messung der bildgebenden Eigenschaften*; Deutsche Fassung EN 13068-1:1999.

E DIN EN 14096-1:2001-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung von Röntgenfilm-Digitalisierungssystemen — Teil 1: Definitionen, quantitative Messung von Bildqualitätsparametern, Standard-Referenzfilm und Qualitätssicherung*; Deutsche Fassung prEN 14096-1:2000.

E DIN EN 14096-2:2001-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung von Röntgenfilm-Digitalisierungssystemen — Teil 2: Mindestanforderungen*; Deutsche Fassung prEN 14096-2:2000.

DIN EN 25580, *Zerstörungsfreie Prüfung — Betrachtungsgeräte für die industrielle Radiographie — Minimale Anforderungen (ISO 5580:1985)*; Deutsche Fassung EN 25580:1992.

DIN EN ISO 6520-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an Metallen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:1998)*; Dreisprachige Fassung EN ISO 6520-1:1998.

DGZfP-D2: 1982-03, *Empfehlung zur Dunkelkammerverarbeitung von Industrie-Röntgenfilmen*.¹⁾

KTA 1202: 1984-06, *Anforderungen an das Prüfhandbuch*.²⁾

KTA 1404, *Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken*.

1) Herausgeber und Bezugsquelle: Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V.

2) Herausgeber: Kerntechnischer Ausschuss (KTA) beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

KTa 3201.4, *Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung.*

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung) vom 8.1.1987 (BGBl. I, 1987, Nr 3), u.a. geändert durch VO vom 19. Dezember 1990 (BGBl. I, 1990, Nr 72).
- [2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung — StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I, S. 1714).

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die wiederholten Begriffe aus DIN 25435-2 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

optische Dichte, D
siehe DIN 4512-7

die optische Dichte D des Films entspricht dem Begriff Schwärzung

3.1.2

Komponente

ein nach baulichen oder funktionellen Gesichtspunkten abgegrenzter Teil eines Systems, der noch selbstständige Teilfunktionen ausführen kann [DIN 25435-2:2003-05]

3.1.3

Prüfgegenstand

die zu prüfende Komponente [DIN 25435-2:2003-05]

3.1.4

Prüfbereich

der zu prüfende Bereich des Prüfgegenstandes [DIN 25435-2:2003-05]

3.1.5

Prüfabschnitt

Teilfläche des Prüfbereiches [DIN 25435-2:2003-05]

3.1.6

Prüfumfang

die Gesamtheit aller Prüfbereiche und anzuwendenden Prüftechniken [DIN 25435-2:2003-05]

3.1.7

Kontrast ΔD

Differenz der optischen Dichte zweier benachbarter Bereiche auf dem Röntgenfilm

3.1.8

maximaler Verzerrungswinkel β

Winkel zwischen der Durchstrahlungsrichtung und der Normalen zum Film

3.1.9

Senkrechteinstrahlungspunkt

Punkt des senkrechten Einfalls des Zentralstrahls auf die Fläche, in der die Positionsprüfkörper angeordnet sind

3.2 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen

Formelzeichen	Benennung	Einheit
a	Abstand des Positionsprüfkörpers zur Schweißnahtmitte	mm
A	Abweichung der Position der Strahlenquelle nach Bild 6	mm
A'	Abstand des Senkrechteinstrahlungspunktes zum Positionsprüfkörper	mm
b	Abstand des Films von der der Strahlenquelle zugewandten Oberfläche des Prüfgegenstandes (siehe Bild 1 und Bild 2) im Prüfbereich	mm
C_r	Referenzwert für den Kontrast-Index, der vom Hersteller vorgegeben wird	—
D	optische Dichte des Films (siehe 3.1.1)	—
ΔD	Kontrast (siehe 3.1.7)	—
D_a	Außendurchmesser des rohrförmigen Prüfgegenstandes	mm
D_s	Strahlendosis	Gy
d	Brennfleckgröße oder Größe des Gammastrahlers	mm
d_f	Bleifoliendicke	mm
d_s	Durchmesser des Positionsprüfkörpers	mm
FFA	Abstand des Films zur Strahlenquelle	mm
f	Abstand der Strahlenquelle von der der Strahlenquelle zugewandten Oberfläche des Prüfgegenstandes (siehe Bild 1 und Bild 2) im Prüfbereich	mm
h	Höhe des Positionsprüfkörpers	mm
N	Mindestanzahl der Teilaufnahmen	—
s	Abstand zwischen den Windungen der Bleifolie	mm
S_r	Referenzwert für den Empfindlichkeits-Index, der vom Hersteller vorgegeben wird	—
t	Wanddicke des Prüfgegenstandes	mm
Δt	Änderung der durchstrahlten Wanddicke des Prüfgegenstandes	mm
α	Winkelabweichung bei Senkrechteinstrahlung nach Bild 1 oder Bild 2 (siehe Bild 6)	°
β	maximaler Verzerrungswinkel (siehe 3.1.8)	°

4 Prüftechniken

4.1 Allgemeines

Durchstrahlungsprüfungen sind nach DIN EN 1435:1997-10, Prüftechnik Klasse B, mit zusätzlichen Anforderungen durchzuführen. Diese sind insbesondere:

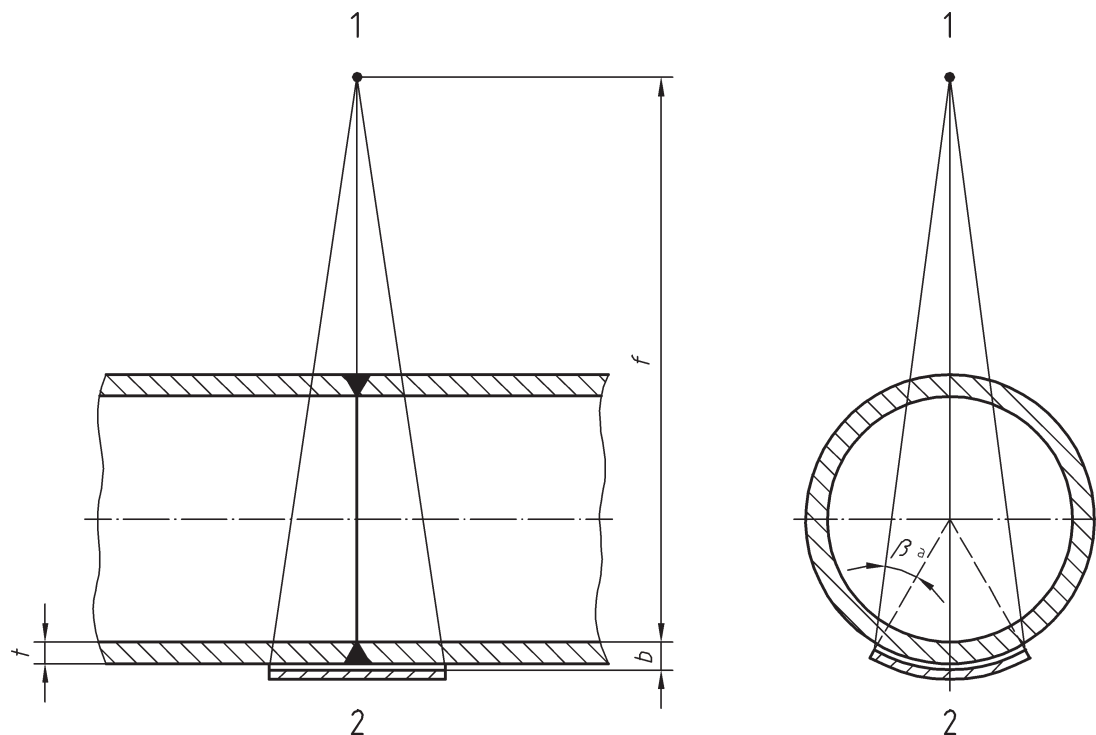
- Aufnahmeanordnung nach 4.2;
- Mindestanzahl der Teilaufnahmen nach 4.2;

- Positionsprüfkörper nach 4.3.2;
- Prüfpersonal nach 5.1;
- Prüfgegenstand nach 5.2;
- Strahlenquellen nach 5.3;
- Verwendung von Gleichspannungsröntgenanlagen nach 5.3;
- Filmsystemklasse nach 5.4;
- maximale Röhrenspannung von Röntgenstrahlern für Stahl in Abhängigkeit der durchstrahlten Dicke nach 6.3;
- Position der Strahlenquelle (z. B. Lage, Abstand) nach 7.3;
- Dokumentation nach Abschnitt 8.

Wenn in besonderen Fällen digitale Radiographie eingesetzt werden soll, so ist deren Eignung entsprechend den Anforderungen nach 5.5.3 nachzuweisen.

4.2 Aufnahmeanordnungen

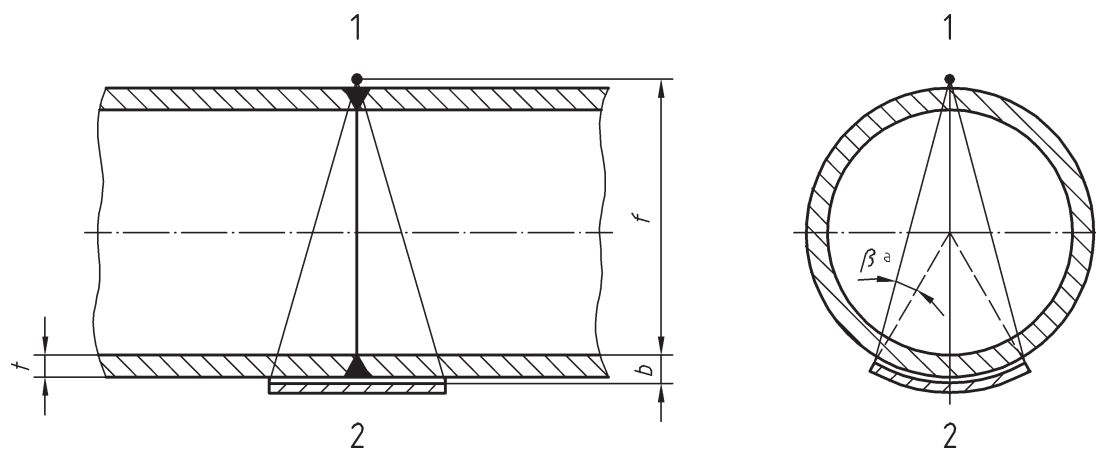
Für den Nachweis von senkrecht zur Oberfläche orientierten Fehlern ist bei größer oder gleich DN 100 abweichend von DIN EN 1435:1997-10, Bild 13 und Bild 14, die Strahlenquelle möglichst in der Nahtebene anzuordnen (siehe Bild 1, Bild 2 und Bild 6). Wenn die Geometrie, die Zugänglichkeit oder die Prüfaufgabe diese Aufnahmeanordnungen nicht zulassen, dürfen Ausnahmen (siehe 4.3.2) gemacht werden.



Legende

- a maximaler Verzerrungswinkel
- 1 Strahlenquelle
- 2 Film

Bild 1 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) zur Prüfung der filmnahen Wand (Senkrechtdurchstrahlung)



Legende

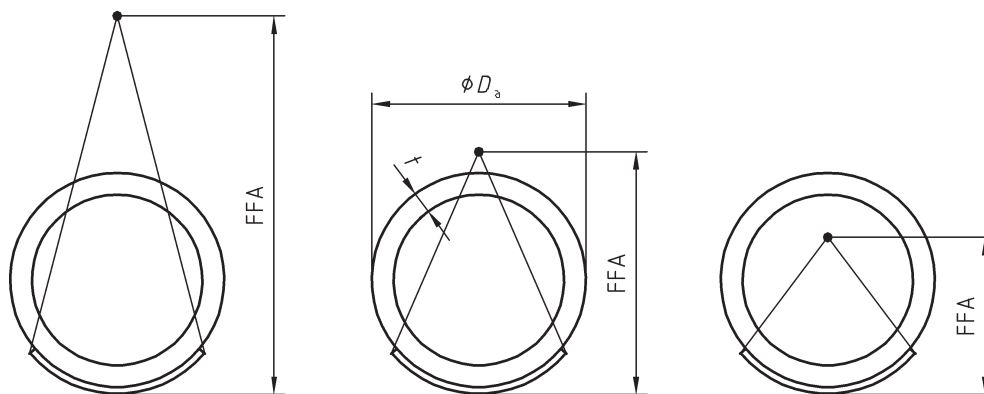
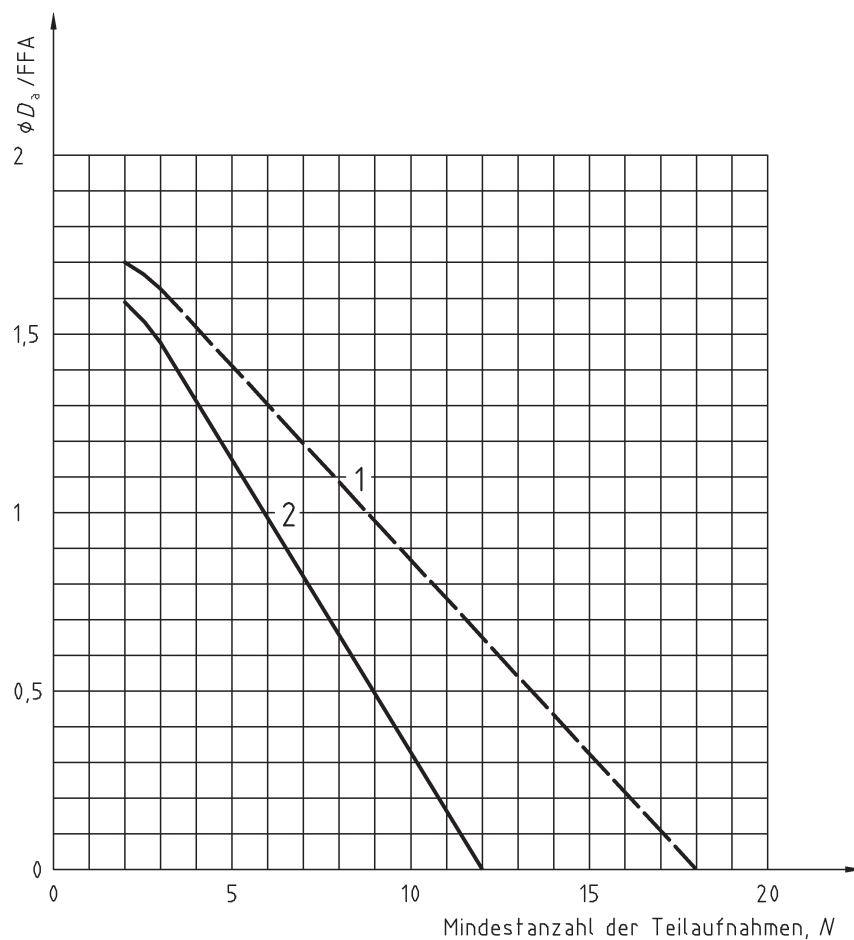
- a maximaler Verzerrungswinkel
- 1 Strahlenquelle
- 2 Film

Bild 2 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) zur Prüfung der filmnahen Wand (Senkrechtdurchstrahlung, Strahlenquelle aufgesetzt)

Bei der Durchstrahlung von Rundschweißnähten größer oder gleich DN 100 ist die Mindestanzahl der Teilaufnahmen N nach Bild 3 oder Bild 4 festzulegen, wobei der Nullpunkt der Schweißnaht in der Mitte eines Films liegen sollte. Für die Festlegung der Mindestanzahl der Teilaufnahmen N ist die Kurve für den maximalen Verzerrungswinkel $\beta = \pm 15^\circ$ (siehe Bild 1 und Bild 2) auszuwählen. Im Bereich kleiner DN 150 wird die Mindestanzahl der Teilaufnahmen auf $N = 8$ begrenzt. Damit wird in jedem Fall $\Delta t/t < 10\%$ nach DIN EN 1435:1997-10 eingehalten.

Ist gezielt auf Querrisse zu prüfen, dann ist zur Festlegung der Mindestanzahl der Teilaufnahmen N die Kurve für den maximalen Verzerrungswinkel $\beta = \pm 10^\circ$ in Bild 3 oder Bild 4 auszuwählen.

Bei der Festlegung der Mindestanzahl der Teilaufnahmen N nach Bild 3 oder Bild 4 ist jeweils auf ganze Zahlen aufzurunden. Sind zusätzliche Teilaufnahmen zur optimierten Prüfung von Anzeigenbereichen erforderlich, so sind diese Bereiche filmmittig abzubilden.



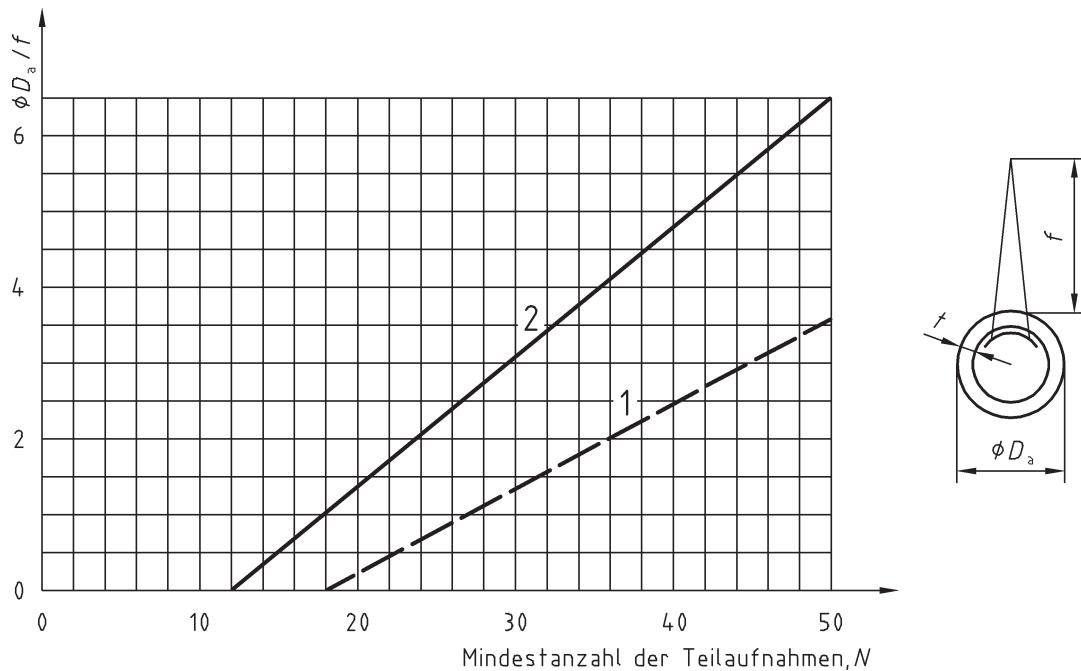
Strahlenquelle außen

Strahlenquelle innen

Legende

- 1 maximaler Verzerrungswinkel $\beta = \pm 10^\circ$
- 2 maximaler Verzerrungswinkel $\beta = \pm 15^\circ$

Bild 3 — Mindestanzahl der Teilaufnahmen N bei Durchstrahlung von innen nach außen sowie Doppelwanddurchstrahlung in Abhängigkeit vom Verhältnis Rohraußendurchmesser D_a zum Film-Strahlenquelle-Abstand FFA und dem maximalen Verzerrungswinkel β



Legende

- 1 maximaler Verzerrungswinkel $\beta = \pm 10^\circ$
- 2 maximaler Verzerrungswinkel $\beta = \pm 15^\circ$

Bild 4 — Mindestanzahl der Teilaufnahmen N bei einwandiger Durchstrahlung von außen nach innen in Abhängigkeit vom Verhältnis Rohraußendurchmesser D_a zum Abstand f und dem maximalen Verzerrungswinkel β

4.3 Kontrollverfahren

4.3.1 Bildgüte

Es sind Bildgüteprüfkörper nach DIN EN 462-1 zu verwenden. Die Auswertung der Bildgüte und die Vorgabe der Mindestbildgütezahlen erfolgt nach DIN EN 1435:1997-10, Prüftechnik Klasse B. Das gilt auch für die Art und die Lage des Bildgüteprüfkörpers.

4.3.2 Position der Strahlenquelle und Markierung des Prüfbereiches

Zur Kontrolle der Position der Strahlenquelle sind bei Rundschweißnähten an Rohrleitungen größer oder gleich DN 150 Maßbänder mit Positionsprüfkörpern zu verwenden. Der detaillierte Aufbau dieser Positionsprüfkörper ist A.1 zu entnehmen.

Bei Verwendung der Positionsprüfkörper ist die Position der Strahlenquelle dokumentiert und somit die Reproduzierbarkeit sichergestellt. Die Maßbänder mit Bleizahlen und Positionsprüfkörpern sind außerhalb des auszuwertenden Bereiches anzulegen. Bei Rundschweißnähten ist die gerade, nicht in Rohrlängsrichtung gekrümmte (z. B. bogenabgewandte) Seite auszuwählen. Falls kein ausreichend langer gerader Bereich neben der Schweißnaht vorhanden ist, entfällt die Bestimmung der Position der Strahlenquelle mittels Positionsprüfkörper. Werden die Positionsprüfkörper nicht verwendet, muss die Position der Strahlenquelle vom Prüfungsbeauftragten protokolliert und dokumentiert werden, um die Reproduzierbarkeit sicherzustellen.