



## **VERBÄNDEVEREINBARUNG**

Nummer: V-DK-003

Titel: **Richtlinie für die Beurteilung von  
Großwasserraum-Kesselkonstruktionen**

Unterzeichner: BDH  
VAIS  
TÜV-Verband  
vgbe

Zeitraum der Veröffentlichung: Januar 2025





# Vereinbarung Dampfkessel 003

2025-01

zwischen

BDH Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V., Köln  
VAIS Verband für Anlagentechnik und Industrie Service e. V., Düsseldorf  
TÜV-Verband TÜV-Verband e. V., Berlin  
vgbe vgbe energy e. V., Essen

über

## Richtlinie über die Beurteilung von Großwasserraum-Kesselkonstruktionen

### Präambel

Diese Vereinbarung stellt ergänzend zu den einschlägigen Regelwerken eine Sammlung von Erfahrungen, Empfehlungen und ggf. Konkretisierung der Regelwerke dar, die nach bestem Wissen den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wiedergeben soll. Ziel der Vereinbarung ist es, die Betriebssicherheit der Dampfkesselanlagen bzw. deren Anlagenteile zu gewährleisten.

Eine Haftung, auch für die sachliche Richtigkeit der Darstellungen in dieser Vereinbarung, ist ausgeschlossen. Ebenso sind Patent- und andere Schutzrechte vom Anwender eigenverantwortlich zu klären.

### Inhalt

<b>Präambel</b>	<b>1</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b>	<b>3</b>
<b>2 Allgemeine Hinweise</b>	<b>3</b>
<b>3 Symbole, Abkürzungen und Einheiten</b>	<b>3</b>
<b>4 Thermische Auslegung von Flammrohren</b>	<b>5</b>
4.1 Überhitzungen des Flammrohres	5
4.2 Auslegungsgrenzen Flammrohr/Flammraum	6
4.3 Zusatzbedingungen bei Überschreitung der Grenzen gemäß Kap. 4.2	6
4.4 Beschreibung eines Flammrohrtemperaturüberwachungssystems	7
4.5 Zusätzliche Überwachung der Betriebsbedingungen	9
4.6 Werkstoff P355GH als Werkstoff für Glattflamrohr	9
4.7 Beobachtungsmöglichkeit des Flammenbilds	10
<b>5 Flammrohre</b>	<b>10</b>
5.1 Berechnungstemperatur	10
5.2 Maximale Wanddicke	10
5.3 Versteifungsringe	10
5.4 Schweißverbindungen	11
<b>6 Innenliegende Wendekammern</b>	<b>11</b>
6.1 Voraussetzungen	11
6.2 Berechnung	11
<b>7 Ebene, nicht gekrempfte Kesselböden</b>	<b>15</b>
7.1 Allgemein	15
7.2 Kesselabmessungen und zulässige Betriebsdrücke	15

7.3	Zulässiges Wanddickenverhältnis von Kesselboden zu Kesselmantel .....	15
7.4	Werkstoffe .....	15
7.5	Zulässige Ausführungen .....	15
7.6	Voraussetzungen .....	16
7.7	Boden-/Mantel-Schweißnaht .....	16
<b>8</b>	<b>Kesselböden und deren Verankerung .....</b>	<b>17</b>
8.1	Grundsätze für die Verankerung .....	17
8.2	Anschlüsse von Verankerungen an Kesselboden und Kesselmantel .....	17
8.3	Anordnung von Eckankern .....	17
8.4	Berechnung .....	17
8.5	Gestaltung von Eckankern .....	22
<b>9</b>	<b>Stehbolzen und Ankerrohre .....</b>	<b>23</b>
9.1	Biegebeanspruchungen .....	23
9.2	Auslegung .....	24
9.3	Einsatz von Ankerrohren .....	24
<b>10</b>	<b>Außenliegende Wasserkammern, Ringräume und ähnliche Konstruktionen .....</b>	<b>24</b>
<b>11</b>	<b>Dehnabstände .....</b>	<b>24</b>
11.1	Allgemeine Empfehlungen .....	25
11.2	Abstand $a_{KF}$ bei Verwendung von Glattflämmrohren und ebenen, nicht gekrempten Böden .....	25
11.3	Mindestabstand von Flämmrohren .....	27
11.4	Abstand zwischen Eckanker und Flämmrohr .....	27
11.5	Erleichterungen für die Abstände $a_{KW}$ und $a_{KF}$ .....	28
11.6	Erleichterungen für den Abstand $b_{KR}$ (Kesselmantel – Rauchrohr) .....	30
11.7	Erleichterungen für die Abstände $c_{FR}$ (Flämmrohr – Rauchrohr) und $c_{WR}$ (Wendekammer – Rauchrohre) .....	30
<b>12</b>	<b>Anforderungen an das Prüfen, Besichtigen und Befahren .....</b>	<b>31</b>
12.1	Prüfung während der Herstellung .....	31
12.2	Anforderungen an das Besichtigen .....	31
12.3	Anforderungen an das Befahren .....	35
12.4	Größe, Zugänglichkeit und Anordnung der Befahr- und Besichtigungsöffnungen .....	36
<b>13</b>	<b>Betrieb von Großwasserraumkesseln .....</b>	<b>36</b>
13.1	Temperaturunterschied zwischen Heißwasservorlauf und -rücklauf .....	36
13.2	Anschluss von Vor- und Nachschaltssystemen .....	36
<b>14</b>	<b>Konstruktionshinweise für Abhitzeessel ohne Flämmrohr .....</b>	<b>37</b>
14.1	Rohrböden und Rauchrohreinschweißung .....	37
14.2	Besichtigungsanforderungen .....	37
14.3	Rohrböden als Kesselböden .....	38
14.4	Schweißnahtausführung .....	38
14.5	Betrieb von Abhitzeesseln .....	38
<b>15</b>	<b>Zitierte Literatur .....</b>	<b>39</b>
<b>16</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>40</b>
<b>17</b>	<b>Frühere Vereinbarungen und Inkrafttreten .....</b>	<b>40</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Approximationspolynome für Spannungsfaktoren <math>k_1</math> und <math>k_2</math> .....</b>	<b>41</b>
A.1	Spannungsfaktor $k_1$ .....	41
A.2	Spannungsfaktor $k_2$ .....	42

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Beurteilung von Großwasserraumkesseln als Dampferzeuger mit einem maximal zulässigen Druck  $PS > 1,0$  bar und als Heißwassererzeuger mit einer maximal zulässigen Temperatur  $TS > 120$  °C.

Sie kann in Verbindung mit anderen Regelwerken und Normen, insbesondere der DIN EN 12953-Normenreihe, für die Konstruktion und die Herstellung von Großwasserraumkesseln verwendet werden. Sie dient in Verbindung mit der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), den Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1201, TRBS 1201-2 und der Vereinbarung Dampfkessel V-DK 004 zur einheitlichen Beurteilung von Großwasserraum-Kesselkonstruktionen hinsichtlich der Festlegung von Fristen und Methoden für wiederkehrende Prüfungen.

Diese Richtlinie stellt keine Beschaffenheitsanforderung dar. Formulierungen in dieser Richtlinie wie z. B. „erforderlich“, „soll“, „zulässig“ usw. sind ausschließlich in obigem Sinne zu interpretieren. Insbesondere wird das Inverkehrbringen gemäß Richtlinie 2014/68/EU von den Festlegungen dieser Richtlinie nicht berührt.

Anmerkung: Alle referenzierten Normen und Regelwerke beziehen sich auf die in Kapitel 15 aufgeführten Versionen.

## 2 Allgemeine Hinweise

Die Beanspruchungen für Großwasserraum-Kesselkonstruktionen sind bedingt durch die statische Belastung durch Druck und Temperatur, aber auch durch dynamische Belastungen während des Betriebes. Hierzu zählen insbesondere die durch ungleichmäßige Dampfentnahme und durch die Regelung bedingten Druck- und Temperaturschwankungen während des Betriebes nach Anzahl und Höhe wie auch die Anzahl der Anfahrvorgänge.

Biegebeanspruchten Schweißverbindungen ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen können die Biegespannungen möglichst niedrig gehalten und die Spannungsspitzen durch kerbarme Konstruktionen und Vermeidung scharfer Übergänge weitgehend ausgeschlossen werden (vergleiche hierzu auch DIN EN 13445-3 bzw. AD 2000-Merkblätter S1 und S2).

Prüffristen und Methoden der wiederkehrenden inneren Prüfungen für Großwasserraumkessel,

- deren Konstruktion, Berechnung und Fertigung der Reihe DIN EN 12953 entsprechen – die Anwendung der TRD wird im Sinne dieser Vereinbarung als gleichwertig angesehen –,
- deren Kessel- und Speisewasserbeschaffenheit der DIN EN 12953-10 entsprechen,
- die die Empfehlungen dieser Vereinbarung einhalten,

sind in der BetrSichV, TRBS 1201 und TRBS 1201-2 sowie in der Vereinbarung Dampfkessel V-DK 004 geregelt.

Die Inspektionshinweise des Herstellers, z. B. aus der Betriebsanleitung, sind zu beachten.

Ist diese Vereinbarung als Bestellgrundlage zwischen Hersteller und Auftraggeber spezifiziert, ist dies in den Prüfberichten, ggf. in den Konformitätsbescheinigungen der benannten Stelle und in der Konformitätserklärung des Herstellers zu dokumentieren.

## 3 Symbole, Abkürzungen und Einheiten

$A_A$	= Erforderlicher Querschnitt des Eckankers	mm <sup>2</sup>
$A_p$	= Belastungsfläche je Eckanker (siehe Bild 10)	mm <sup>2</sup>
$A_{RK}$	= Querschnittsfläche	mm <sup>2</sup>
$a$	= Sollmaß der Kehlnahtdicke	mm
$a_{KF}$	= Lichter Abstand Kesselmantel - Flammrohrmantel	mm
$a_{KW}$	= Lichter Abstand Kesselmantel - Wendekammermantel	mm
$a_w$	= Rechnerisch wirksamer Abstand	mm
$b$	= Breite des Versteifungsrings an einem Flammrohr	mm
$b_{KB}$	= Auslauf der Kehlnaht am Kesselboden (siehe Bild 8)	mm
$b_{KM}$	= Auslauf der Kehlnaht am Kesselmantel (siehe Bild 8)	mm

$b_{KR}$	= Lichter Abstand Kesselmantel - Rauchrohre	mm
$b_s$	= Anschlussbreite der Schweißnaht (siehe Bild 8-6)	mm
$C_4$	= Berechnungsbeiwert	-
$C_1$	= Minustoleranz auf die bestellte Nennwanddicke	mm
$C_2$	= Korrosions- und Abnutzungszuschlag	mm
$c_{FR}$	= Lichter Abstand Flammrohr - Rauchrohre	mm
$c_{WR}$	= Lichter Abstand Wendekammer - Rauchrohre	mm
$d_{0M}$	= Außendurchmesser des Kesselmantels	mm
$d_{0FR}$	= Außendurchmesser des Flammrohres	mm
$d_i$	= Innendurchmesser von Glattrohren oder mittlerer Durchmesser bei Wellrohren	mm
$d_{KW}$	= Lichter Abstand Kesselboden - Wendekammerboden	mm
$d_{ST}$	= Stehbolzendurchmesser	mm
$E$	= Elastizitätsmodul	N/mm <sup>2</sup>
$e_{01}$	= Erforderliche Wanddicke des gekrümmten Wendekammermantels ohne Zuschläge	mm
$e_{02}$	= Erforderliche Wanddicke des ebenen Wendekammermantels ohne Zuschläge	mm
$e_{0B}$	= Erforderliche Wanddicke des Bodens ohne Zuschläge	mm
$e_{0M}$	= Erforderliche Wanddicke des Kesselmantels ohne Zuschläge	mm
$e_{0WB}$	= Erforderliche Wanddicke des mit dem Flammrohr verbundenen Wendekammerbodens	mm
$e_{rg}$	= Ausgeführte Wanddicke des Eckankers ohne Zuschläge	mm
$e_{cf}$	= Erforderliche Wanddicke des Flammrohrs ohne Zuschläge	mm
$e_{eB}$	= Ausgeführte Wanddicke des Kesselbodens mit Zuschlägen	mm
$e_{eM}$	= Ausgeführte Wanddicke des Kesselmantels mit Zuschlägen	mm
$e_{rf}$	= Ausgeführte Wanddicke des Flammrohrmantels mit Zuschlägen (siehe Bild 2)	mm
$e_{fa}$	= Erforderliche Wanddicke des Flammrohrmantels mit Zuschlägen	mm
$e_g$	= Erforderliche Wanddicke des Eckankers	mm
$e_{WB}$	= Ausgeführte Wanddicke des mit dem Flammrohr verbundenen Wendekammerbodens mit Zuschlägen	mm
$f_G$	= Berechnungsbeiwert	-
$H$	= Feuerungswärmeleistung	MW
$H$	= Höhe zwischen dem tiefsten beheizten Punkt der Steigrohre und NW (siehe Bilder 13-1 und 13-2)	mm
$h$	= Steghöhe des Eckankers (siehe Bild 13)	mm
$h$	= Überhub (siehe Bilder 13-1 und 13-2)	mm
$h$	= Höhe des Versteifungsrings an einem Flammrohr (siehe Bild 2)	mm
$h_{ST}$	= Steghöhe zwischen Flammrohr und Wendekammermantel (siehe Bilder 3a, 3b, Bild 4 und Bild 6)	mm
$I_{RK}$	= Flächenträgheitsmoment	mm <sup>4</sup>
$K$	= Festigkeitskennwert	N/mm <sup>2</sup>
$K_{eff}$	= Schweißnaht-Kerbformzahl	-
$k_{1,2}$	= Spannungsfaktoren	-
$L_b$	= Länge des Kessels zwischen den Böden (siehe Bild 11-2, Bild 11-3 und Bild 11-4)	mm
$L_{WK}$	= Lichte Weite von Wendekammern (siehe Bild 3a,b)	mm
$l_0$	= Länge des nicht gegengeschweißten Abschnitts	mm
$l_1$	= Abstand der beiden Krümmungsachsen des Wendekammermantels (siehe Bild 3a, 3b)	mm
$l_1'$	= Berechnungsabstand des Wendekammermantels	mm
$l_A$	= Maximale Bogenlänge zweier benachbarter Eckanker (siehe Bild 9)	mm
$l_B$	= Anschlusslänge am Kesselboden (siehe Bild 13)	mm
$l_M$	= Anschlusslänge am Kesselmantel (siehe Bild 13)	mm
$P_{cor}$	= Wellenteilung	mm
$p_c$	= Berechnungsdruck	N/mm <sup>2</sup>
$p_t$	= Prüf-(Über) Druck	N/mm <sup>2</sup>

$PS$	= Maximal zulässiger (Betriebs)Druck	N/mm <sup>2</sup>
$r_{1,2}$	= Äußere Krümmungsradien von Wendekammermänteln (siehe Bild 3 a, b und Bild 4)	mm
$r_K$	= Krempe radius des Wendekammerbodens (siehe Bild 3b)	mm
$S_{1,2}$	= Sicherheitsbeiwerte	–
$S_K$	= Sicherheitsbeiwert Ringknicken	–
$TS$	= Maximal zulässige Temperatur	°C
$t_c$	= Berechnungstemperatur	°C
$t_{RG}$	= Rauchgastemperatur	°C
$u$	= Unrundheit	%
$V$	= Kesselvolumen	l
$V$	= Eckanker-Schrägungswinkel zum Kesselboden (siehe Bild 13)	Grad
$v$	= Schweißnahtfaktor	–
$v_{RG}$	= Rauchgasgeschwindigkeit	m/s
$w_c$	= Wellentiefe	mm
$y$	= Verhältniswert für rechteckige Platten (siehe Bild 5)	–
$\alpha$	= Winkel zwischen benachbarten Eckankern (siehe Bild 9)	Grad
$\beta$	= Eckanker-Schrägungswinkel zur Kessellängsachse (siehe Bild 13)	Grad
$\sigma_{zul}$	= Zulässige Spannung	N/mm <sup>2</sup>

#### 4 Thermische Auslegung von Flammrohren

Die nachfolgenden Anforderungen gelten für öl- bzw. gasbefeuerte Großwasserraumkessel. Für anders befeuerte Kessel können andere Auslegungsgrundsätze maßgebend sein.

##### 4.1 Überhitzungen des Flammrohres

Durch folgende Ereignisse können Überhitzungen auftreten:

- Behinderungen des Wärmedurchgangs auf der Wasserseite,
- Wassermangel,
- Filmverdampfung durch
  - fettige wasserseitige Flammrohroberfläche,
  - starke Druckabsenkung,
  - zu hohe spezifische Heizflächenbelastung,
- unsymmetrische Flammenausbildung,
- Änderungen des Brennstoffes oder des Brenners,
- feuerseitige Ereignisse, die die spezifische Heizflächenbelastung erhöhen,
- Materialfehler, wie Doppelungen im Flammrohrwerkstoff,
- Umlaufstörungen während des Anfahrens,
- unzureichend abgestimmte Brenner-Flammrohrkombinationen.

Um solche Überhitzungen zu vermeiden und einen sicheren Betrieb von Großwasserraumkesseln zu gewährleisten, ist eine thermische Auslegung unter Beachtung der folgenden Abschnitte erforderlich.

## 4.2 Auslegungsgrenzen Flammrohr/Flammraum

Zulässige Grenzen der Flammrohr- und Flammraumkonstruktion ohne Zusatzbedingungen nach DIN EN 12953 sind mit den nachfolgenden Kriterien eingehalten:

- Geometrie
  - Max. Durchmesser des Flammrohres  $d_i$  bis 1433 mm  
 $d_i$  [in mm] ist bei glatten Flammrohren der innere Durchmesser, bei gewellten Flammrohren der mittlere Durchmesser.
  - Bei Glattflammrohren mit einer Länge bis zu 6500 mm sind keine Nachweise zum Längsschub zu führen. Die Einhaltung der Dehnabstände nach Kap. 11 ist ausreichend.
  - Bei der Auslegung von Eckankeraussteifungen wird der nachfolgende Faktor  $f_G$  genutzt:
    - Wellrohrtiefe im Bereich  $w = 50$  bis  $75$  mm  $f_G = 1.2$
    - Wellrohrtiefe im Bereich  $w > 75$  bis  $100$  mm  $f_G = 1.35$
  - Glattrohre werden ohne Versteifungsringe eingesetzt.
- Wärmetechnische Auslegung/Belastung
  - Die in den Bildern 1 und 2 der DIN EN 12953-3 angegebenen Grenzen der Funktionen Durchmesser/Feuerungswärmeleistung und Steuerungswärmeleistung/Flammrohrlänge sind einzuhalten  
 Anmerkung: in Bild 1 der DIN EN 12953-3:2016 ist auf der X-1 Achse ein Skalierungsfehler: statt „0“ müsste es „1“ heißen.
  - Der Werkstoff für Glattrohre wird begrenzt auf P265GH und P295GH.
  - Betriebsbedingungen:
    - Ausrüstung: keine zusätzlichen Anforderungen;
    - Brenner: Der Brenner muss für die Flammraumgeometrie geeignet sein.

## 4.3 Zusatzbedingungen bei Überschreitung der Grenzen gemäß Kap. 4.2

Die folgenden Anforderungen werden bei Überschreitung der Grenzen gemäß Kap. 4.2 an Flammrohr und Flammraumkonstruktionen, deren Betrieb und Ausrüstung gestellt:

- Geometrie Bild 1: Durchmesser/Feuerungswärmeleistung (Definition  $d_i$  siehe Kap. 4.2)
  - Bei Überschreiten des Durchmessers  $d_i = 1433$  mm ist eine zusätzliche Überwachung der Betriebsbedingungen erforderlich (siehe Kap. 4.5).
  - Bei Überschreiten des Durchmessers  $d_i = 1800$  mm ist zusätzlich zur Überwachung der Betriebsbedingungen ein gesonderter Festigkeits-/Stabilitätsnachweis erforderlich (siehe Kap. 4.3.2).
  - Werden die angegebenen Grenzen vom Durchmesser  $d_i$  nicht eingehalten, ist Kap. 4.3.1 anzuwenden.
- Geometrie Bild 2: Steuerungswärmeleistung/Flammrohrlänge: Werden die angegebenen Grenzen nicht eingehalten, ist Kap. 4.3.1 anzuwenden.
- Wärmetechnische Auslegung/Belastung
 

Bei jeglicher Überschreitung der Grenzen der maximalen Steuerungswärmeleistung der oben genannten Bilder 1 oder 2 (z.B. nach Bild 1 Kurve 3: Steuerungswärmeleistung  $> 18,0$  MW bei Öl bzw.  $> 23,4$  MW bei Gas), ist ein gesonderter Nachweis erforderlich, vgl. Kap. 4.3.1.

  - Für Glattflammrohre aus P355GH ist Kap. 4.6 zu beachten.
  - Bei Glattflammrohren mit einer Länge  $> 6500$  mm sind gesonderte Nachweise zum Längsschub (z.B. Lastwechselberechnungen, größere Dehnabstände) zu führen.
  - Glattrohre mit Versteifungsringen dürfen nicht aus dem Werkstoff P355GH gefertigt werden.

- Verwendung von Wellrohren mit einer Wellentiefe  $w > 100$  mm  
Hier ist in der Regel die axiale Stützwirkung der mit dem Flammrohr verbundenen angrenzenden Kesselbauteile (z.B. Kesselböden) durch das Flammrohr nicht mehr ausreichend gegeben. Die Zulässigkeit der Lastumlagerung auf angrenzende Verankerungen (z.B. Rauchrohr- und Ankerfelder, Längs- und Eckanker) ist geeignet nachzuweisen.
- Nachweis der Eignung der Umform- und Schweißverfahren, z. B. durch objektspezifische Arbeitsprüfungen bei Berechnungstemperatur,
- Vorgabe von Anfahrkurven gemäß Herstellerangaben beachten, z. B. Begrenzung der Feuerungswärmeleistung beim Kaltanfahren (automatisch oder in Betriebsanleitung).
- Bei Zweiflammrohrkessel sind die Hinweise zum möglichen Einflammrohrbetrieb nach Herstellerangebe zu berücksichtigen; (ggf. Begrenzung der Feuerungswärmeleistung bei Einflammrohrbetrieb).
- Zusätzliche Anforderungen bei Dampferzeugern:
  - Kontinuierliche Überwachung
    - der Leitfähigkeit des Kesselwassers
    - des Zusatz- und/oder Speisewassers und falls erforderlich der Kondensatströme auf Fremdstoffeinbruch
    - z.B. Verbesserung des Umlaufs durch druckloses Anfahren des Kessels aus dem kalten Zustand.
- Zusätzliche Anforderungen bei Heißwassererzeugern:
  - Überwachung des Zusatzwassers sowie die Überwachung der Rücklaufströme auf Fremdstoffeinbruch,
  - Zuverlässige Überwachung der Strömung/Umwälzung.

#### 4.3.1 Gesonderte Nachweise für die Flammrohrdimensionierung in Abhängigkeit der Wärmezufuhr und Wärmebelastung

Bei Nichteinhaltung der in Bild 1 oder 2 der DIN EN 12953-3 vorgegebenen Grenzkurven ist ein zusätzlicher Nachweis der Flammrohr-Konstruktion erforderlich. Das Flammrohr ist gemäß der höheren Flammrohrberechnungstemperatur von DIN EN 12953-3 Kap. 6.1 e) und ggf. Anhang B anzulegen.

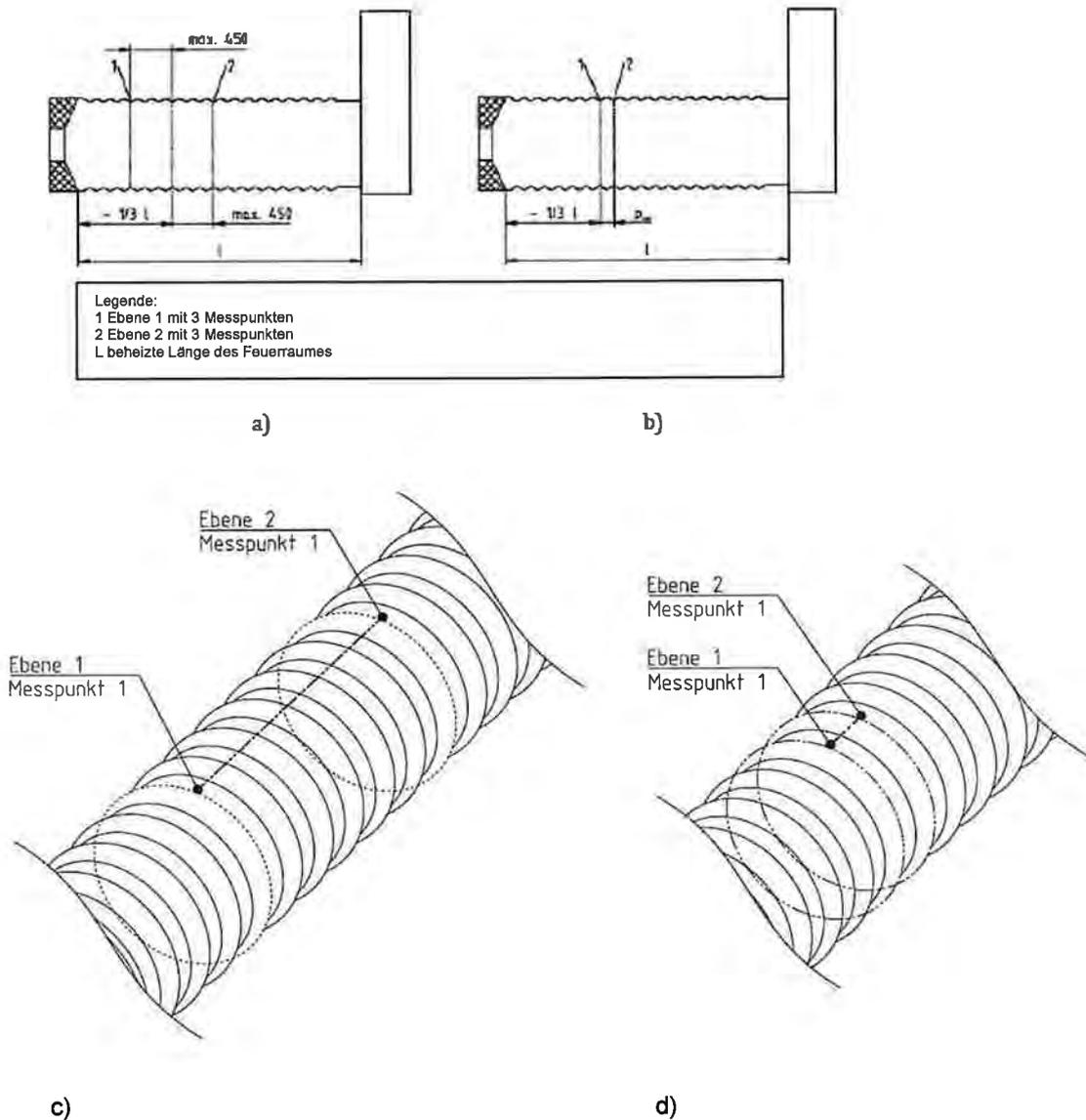
#### 4.3.2 Gesonderter Nachweis Bauteilanalyse Flammrohr

Die Aufreißsicherheit des Flammrohres ist durch eine gesonderte Spannungs-/Stabilitätsanalyse (z.B. mittels geeigneter FEM-Berechnung) zum Nachweis des Sicherheitsbeiwertes für Verformung und Bruch erforderlich. Die außergewöhnliche Lastsituation „Überhitzung des Flammrohres“ ist dabei als ein Lastfall mit in die Betrachtung einzubeziehen.

#### 4.4 Beschreibung eines Flammrohrtemperaturüberwachungssystems

Ein Temperaturmesssystem zur Überwachung der Flammrohrwandtemperatur ist zu installieren, falls nach der DIN EN 12953-3 Bild 1 oder nach Kap. 4.3 dieser Vereinbarung dies als erforderlich angesehen wird.

Die Temperaturmessung ist wie folgt durchzuführen; siehe auch Bild 1:



**Bild 1** Lage von Messelementen auf Ebenen und Linien

Anmerkung: Wenn detaillierte Informationen über den Bereich des höchsten Wärmestroms vorliegen, sollte der Messbereich angepasst werden.

Die Grenztemperatur und das Verfahren zur Einstellung sind in der Betriebsanleitung des Kessels anzugeben.

Vor der Inbetriebnahme ist das Temperaturüberwachungssystem zu überprüfen und jeder Sollwert der Thermoelemente ist entsprechend der Vorgabe der Betriebsanleitung des Kessels einzustellen.

Es sind zwei Systeme möglich:

a) Messsystem nach Bild 1a) und 1c):

Die Energiezufuhr ist zu unterbrechen und zu verriegeln, wenn ein Messelement die Grenztemperatur der Flammrohrwand überschreitet.

oder

b) Messsystem nach Bild 1b) und 1d):

Die Energiezufuhr ist zu unterbrechen und zu verriegeln, wenn beide Messelemente, die auf einer Linie (in Feuerraumlängsrichtung) der beiden Ebenen angeordnet sind oder zwei Messelemente in einer Ebene die Grenztemperatur der Flammrohrwand überschreiten.

Bei Ausfall einzelner Messelemente oder bei Überschreitung von Grenzwerten muss ein Alarm ausgelöst werden.

Für beide Systeme gilt: wenn Messelemente aufgrund eines Defekts ausfallen, darf der Betrieb mit reduzierter Leistung nach Bild 1 der DIN EN 12953-3 erfolgen.

Anmerkung: Weitere Anforderungen an Überwachungssysteme, siehe (ggf.) DIN EN 12953-6 Anhang I.1.

Zusätzlich zu den Festlegungen in der Vereinbarung Dampfkessel V-DK 004 ist einmalig eine innere Prüfung der Feuerseite des Flammrohrs nach 12 bis 18 Monaten vorzusehen, falls die Feuerungswärmeleistung  $H$  14,0 MW (Öl) bzw. 18,2 MW (Gas) überschreitet.

#### 4.5 Zusätzliche Überwachung der Betriebsbedingungen

Wenn eine zusätzliche Überwachung der Betriebsbedingungen erforderlich ist, gilt:

- Die Wasserqualität muss den Anforderungen des Kesselherstellers entsprechen. Betriebliche Änderungen, z. B. an der Speisewasserkonditionierung durch Einsatz von Aminen bei salzärmer oder salzfreier Fahrweise oder die Verwendung anderer als in der Betriebsanleitung vorgeschriebener Dosiermittel, müssen mit dem Hersteller und ggf. der zuständigen zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) abgestimmt werden. Die Leitfähigkeit des Kesselwassers ist bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung > 24 h kontinuierlich zu überwachen.
- Beide Wasserstandbegrenzer müssen unabhängig vom gewählten Regelwerk für den Kessel auch die Anforderungen gemäß TRD 604 Blatt 1 und/oder DIN EN 12953-9 erfüllen.
- Es ist eine Absicherung gegen Fremdstoffeinbruch erforderlich (sofern gemäß Gefährdungsbeurteilung notwendig). Diese Absicherung ist als zuverlässige Überwachungseinrichtung (z. B. Geräte mit EU-Baumusterprüfung, Bauteilprüfung nach TÜV-Verband) in die Steuerung der Dampfkesselanlage einzubeziehen. Die Funktion kann beispielsweise durch Abschaltung der Feuerung und anderweitiger Beheizungen oder durch eine Vorrichtung umgesetzt werden, durch die das kontaminierte Speise-/Rücklaufwasser/Kondensat vor Eintritt in die Entgasungsanlage/Speisewasser-/Kondensatbehälter abgeleitet wird. Es können auch zusätzliche Funktionen eingerichtet werden, die z.B. bei einer Überwachung auf Öl und Fette einen Alarm bei mehr als 3 mg/l auslösen und bei mehr als 5 mg/l die Feuerung abschalten und verriegeln.
- Der Kesselbetreiber hat außerdem sicherzustellen, dass keine plötzliche, sehr starke Dampfentnahme auftreten kann, die die Regeleinrichtungen überfordert. Andernfalls kann durch die Erfassung der Dampfentnahme eine selbsttätige, vom Wasserstandregler unabhängige Zuschaltung der Speisepumpe oder der Einbau einer wirksamen Begrenzungseinrichtung erforderlich werden.
- Bei der Inbetriebnahmeprüfung bzw. der Brenneinzelnprüfung und im späteren Betrieb ist regelmäßig auf symmetrische Flammenausbildung und ordnungsgemäße Flammenlänge zu achten sowie die durch die Kessel- und Brenner-Hersteller vorgeschriebenen Kontrollen durchzuführen.

#### 4.6 Werkstoff P355GH als Werkstoff für Glattflammrohre

Ist als Flammrohrwerkstoff für Glattrohre der Werkstoff P355GH vorgesehen, gilt:

- Es ist je Charge ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur bei 400° C des Grundwerkstoffes durchzuführen, wobei die geforderten Festigkeitskennwerte einzuhalten sind und die Bruchdehnung nicht kleiner sein darf als der entsprechende Soll-Wert bei Raumtemperatur.
- Nachweis der Eignung der Umform- und Schweißverfahren durch z.B. objektspezifische Arbeitsprüfungen.
- Zusätzlich zu den Festlegungen in der Vereinbarung Dampfkessel 004 2013-08 ist einmalig für die erste innere Prüfung der Feuerseite des Flammrohrs eine Prüffrist von 12 bis 18 Monaten vorzusehen.

- Im Flammrohrmantel dürfen keine Dopplungen vorhanden sein. Wenn nicht durch das Fertigungsverfahren, sichergestellt ist, dass diese bei der visuellen Prüfung entdeckt werden können, sind die Bleche mittels Ultraschall auf Dopplungen zu untersuchen oder nur Bleche einzusetzen, die im Walzwerk in einem engen Raster (z. B. Klasse S1/E1 nach DIN EN 10160) auf Dopplungen geprüft wurden.
- Ein Flammrohrtemperaturüberwachungssystem nach Kap. 4.4 ist zu installieren.

#### 4.7 Beobachtungsmöglichkeit des Flammenbilds

Je Flammrohr muss mindestens ein Schauglas vorhanden sein, um die Flamme während des Betriebes beobachten zu können.

### 5 Flammrohre

Es dürfen nur ausreichend aufeinander abgestimmte Brenner-Flammrohrkombinationen betrieben werden. Flammrohrlänge und -durchmesser müssen für die Flamme ausreichend bemessen sein. Der Brenner muss auf den abgasseitigen Widerstand des Kessels mit evtl. zu berücksichtigenden Komponenten wie Eco, Überhitzer, Abgasschalldämpfer, Abgasleitung etc. abgestimmt sein.

#### 5.1 Berechnungstemperatur

Für Feuerungswärmeleistungen  $H > 14$  MW bei Öl und 18,2 MW bei Gas muss die Berechnungstemperatur nach DIN EN 12953-3:2016 Anhang B ermittelt werden. Die Berechnungstemperatur  $t_c$  entspricht der nach Anhang B in Gleichung B.2 ermittelten mittleren Wandtemperatur  $\vartheta_{m\varrho}$  und darf nicht kleiner sein als die Berechnungstemperatur, die sich bei der vereinfachten Berechnung nach DIN EN 12953-3:2016 Gleichung 12 ergibt.

Bei Anlagen, die nach Inverkehrbringen in der Feuerungswärmeleistung erhöht werden sollen oder eine Änderung der Brennstoffe erfolgen soll, ist ggf. die thermische Auslegung zu überprüfen,

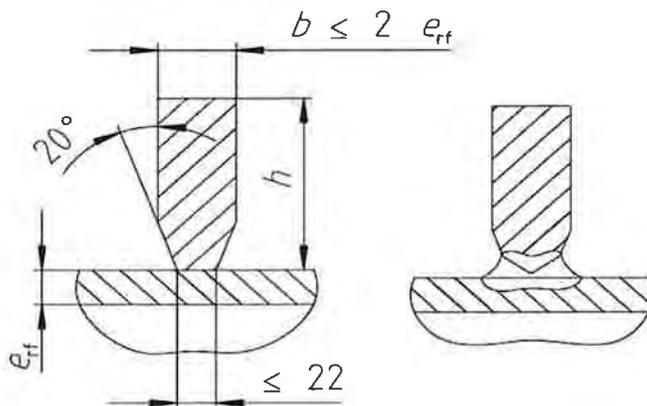
#### 5.2 Maximale Wanddicke

Die rechnerisch erforderliche Wanddicke mit Zuschlägen  $e_{fa}$  des Flammrohrmantels darf bei öl- und gasbefeuelten Dampfkesseln 22 mm nicht überschreiten.

Bei überwiegend konvektiv beheizten zylindrischen Mänteln und Rohren sind Wanddicken bis 30 mm zulässig.

#### 5.3 Versteifungsringe

Kommen Versteifungsringe gemäß Bilder 2a und 2b zur Anwendung, müssen diese nach DIN EN 12953-3:2016 Kap. 13.4 ausgeführt sein. Abweichend gilt, dass die Breite  $b$  gemäß Bild 41 der DIN EN 12953-3:2016 das Maß 44 mm nicht überschreitet und  $b \leq 2e_{rf}$  ist.



**Bild 2a** Gestaltung von Versteifungsringen

**Bild 2b** Gestaltung von Versteifungsringen

Darstellung in Bild 2a vor Schweißung, ohne Darstellung der Schweißnaht und in Bild 2b nach Schweißung, inklusive Darstellung der Schweißnahtvorbereitung und Schweißnaht selbst.

## 5.4 Schweißverbindungen

- 5.4.1 Schweißverbindungen zwischen dem Flammrohr und dem Kesselboden sowie der Wendekammer müssen durch- und gegengeschweißt sein. Eine Durchschweißung mit keramischer Schweißbad-sicherung und 100% zerstörungsfreier Nahtprüfung (Volumenprüfung mittels Ultraschall) wird als gleichwertig angesehen.
- 5.4.2 Überlappte Verbindungen sind wegen der behinderten Wärmeableitung und der Rissgefahr nicht erlaubt. Nennswerte beheizte Überstände an der Verbindungsnaht zwischen Flammrohr und hinterem Boden bzw. Flammrohr und der Wendekammer sind nicht zulässig. Schweißnahtüberhöhungen werden dabei nicht berücksichtigt.
- 5.4.3 Im Bereich unzugänglicher Engstellen darf auf das Gegenschweißen von Schweißnähten zwischen Kesselboden und Flammrohr bzw. Kesselboden und Kesselmantel unter den in DIN EN 12953-3:2016, Tabelle 6 festgelegten Bedingungen verzichtet werden. Dabei müssen die Schweißnähte über den ganzen Querschnitt einwandfrei durchgeschweißt werden und dürfen keine Risse oder Bindefehler aufweisen.

## 6 Innenliegende Wendekammern

### 6.1 Voraussetzungen

Die Wendekammermäntel bestehen aus ebenen oder aus in einer Richtung gekrümmten Wandungsteilen. Die Wendekammerböden sind eben oder gekrempt bzw. gehalst.

Um lokale Überhitzungen zu vermeiden, sind horizontale ebene Wandungsteile im unteren Bereich von Wendekammern unzulässig. Nach DIN EN 12953-3:2016 Abschnitt 13.1.5 soll die Nennwanddicke ebener Böden im beheizten Teil 35 mm nicht überschreiten. Diese Regelung gilt für die erste Umkehrkammer in Strömungsrichtung der Abgase.

Die Rauchrohr-Boden-Verbindung an stark beheizten Wandungen soll entsprechend den Empfehlungen in der DIN EN 12953-3:2016 oder in der FDBR/M KH 4 ausgeführt werden.

### 6.2 Berechnung

#### 6.2.1 Gekrümmter Wendekammermantel nach Bild 3a) bzw. Bild 3b)

Der Berechnungsdruck  $p_c$  der gekrümmten Teile des Wendekammermantels beträgt unter Beachtung der Bedingung  $r_1 > r_2$ :

$$p_c = \frac{K}{S_1} \cdot \frac{e_{01}}{r_m} \cdot \frac{1 + 0,2 \cdot \frac{r_m}{L_{WK}}}{1 + 0,06 \cdot \frac{r_m}{e_{01}} \cdot \frac{u}{1 + 10 \cdot \frac{r_m}{L_{WK}}}} \quad (6-1)$$

mit:

$$r_m = r_1 - 0,5 e_{01}$$

$$S_1 = 2,0$$

$$u = 1,5\%$$

Über den Nachweis der plastischen Stabilität hinaus kann auch der Nachweis der elastischen Stabilität des Wendekammermantels erforderlich sein.

#### 6.2.2 Ebene Teile eines Wendekammermantels nach Bild 3a) bzw. Bild 3b)

Der Berechnungsdruck  $p_c$  der ebenen Teile des Wendekammermantels beträgt:

$$p_c = \left( \frac{e_{02}}{C_4 \cdot L_{WK} \cdot y} \right)^2 \cdot \frac{K}{S_2} \quad (6-2)$$

mit:

$$C_4 = 0,40$$

$$y = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{2}{1 + \left(\frac{L_{WK}}{l_1'}\right)^2}} \quad (6-3)$$

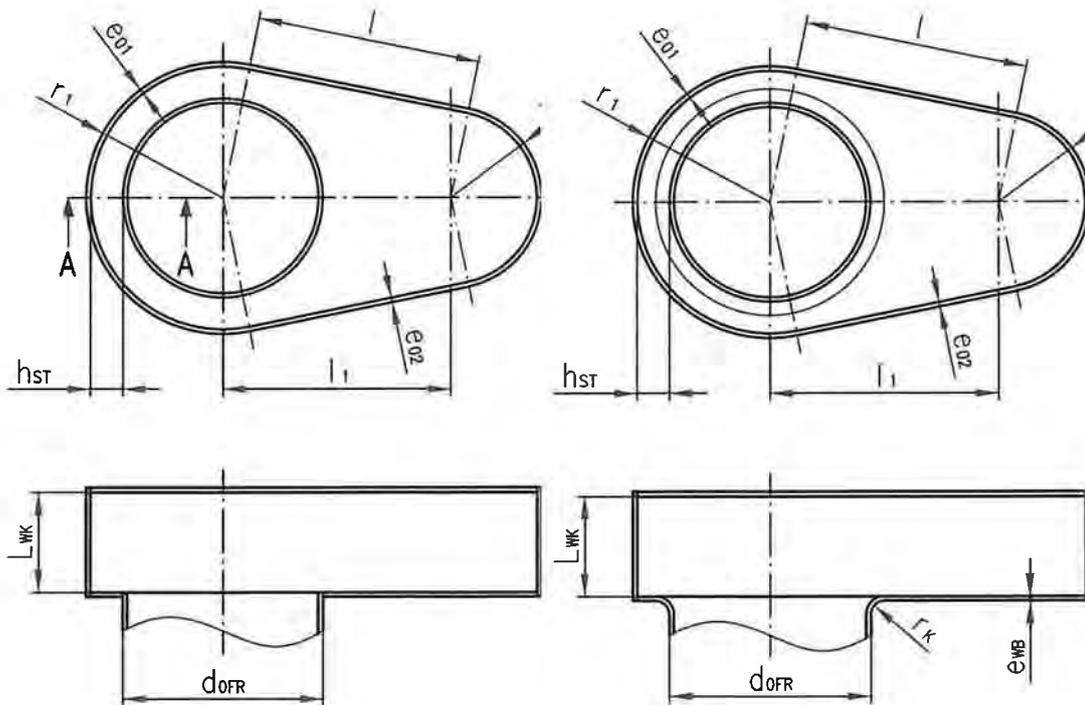
oder  $y$  nach Bild 5

Ist das Verhältnis  $\frac{L_{WK}}{l_1'} > 1$ , beträgt  $y = 1,1$ , wobei die Breite  $L_{WK}$  nach Bild 3a) bzw. 3b) unverändert bleibt.

$$l_1' = \sqrt{l_1^2 - (r_1 - r_2)^2} + \frac{r_1 + r_2}{2} \quad (6-4)$$

$$S_2 = 1,5$$

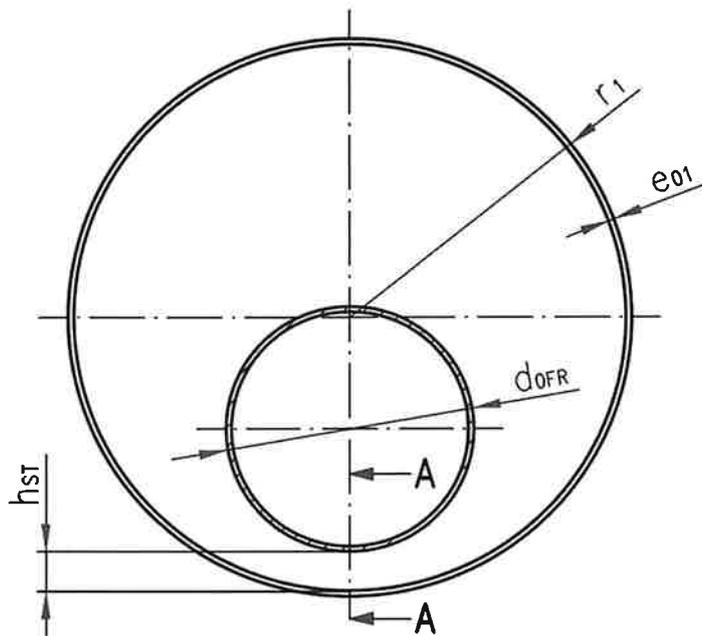
Sind die ebenen Teile durch aufgeschweißte Rippen verstärkt, so müssen sie den Bedingungen gemäß TRD 305 Nr. 5.4 genügen. Weitere Ausführungsvarianten enthält Bild 29 (DIN EN 12953-3:2016).



Schnitt A-A siehe Bild 6

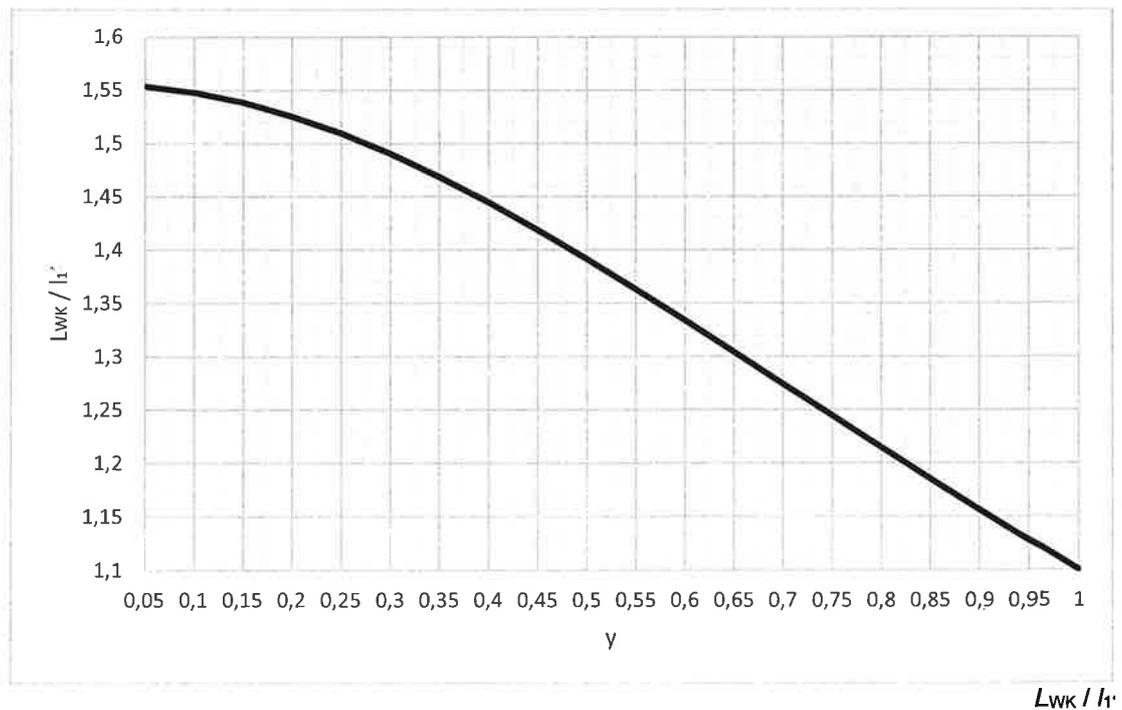
**Bild 3a)** Innenliegende Wendekammer mit ebenen Mantelflächen ohne Krempe

**Bild 3b)** Innenliegende Wendekammer mit ebenen Mantelflächen mit Krempe



Schnitt A-A siehe Bild 6

**Bild 4** Innen liegende, kreisrunde Wendekammer



**Bild 5** Bestimmung des Beiwertes  $y$

### 6.2.3 Wendekammerböden

Der vordere und hintere Boden der Wendekammer ist, sofern druckbeaufschlagt, nach DIN EN 12953-3 zu berechnen.

Die Steghöhe  $h_{ST}$  muss bei Ausführungen nach Bild 3a) bzw. Bild 3b) mindestens folgende Bedingung erfüllen:

$$h_{ST} = 4 \cdot e_{0WB} \quad \text{bei ebenem Wendekammerboden ohne Krempe (Bild 3a)} \quad (6-5)$$

$$h_{ST} = r_k + 2 \cdot e_{0WB} \quad \text{bei ebenem Wendekammerboden mit Krempe (Bild 3b)} \quad (6-6)$$

Um eine ausreichende Sicherheit gegen Ringknicken zu gewährleisten, sind die Bedingungen (6-9) und (6-10) zu erfüllen. Hierbei dürfen die mittragenden Anteile des Flammrohres und des Wendekammermantels gemäß Bild 6 berücksichtigt werden.

$$I_{RK} = \sum I_{RK_i} \quad (6-7)$$

mit

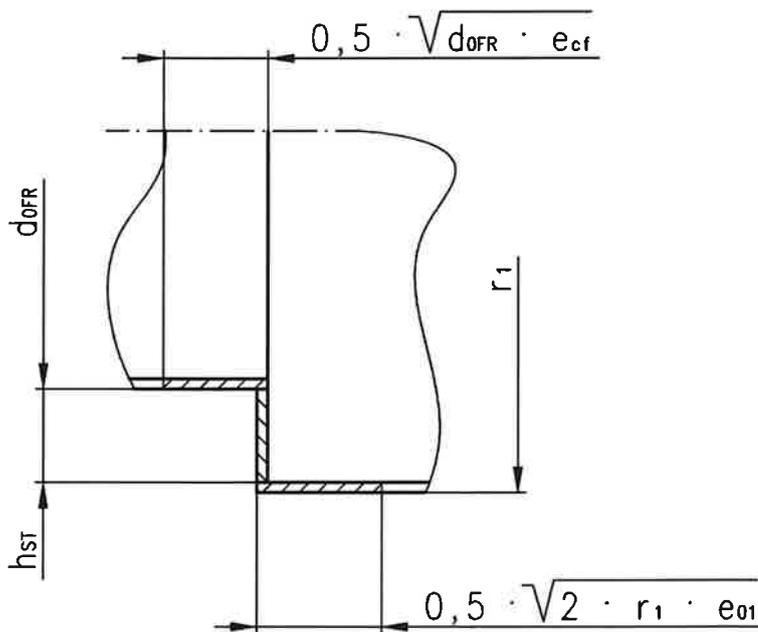
$$I_{RK_1} = \frac{e_{0WB} \cdot h_{ST}^3}{12} \quad (6-7a)$$

$$I_{RK_2} = \frac{0,5 \cdot \sqrt{d_{0FR} \cdot e_{cf}} \cdot e_{cf}^3}{12} + \left( \frac{h_{ST} + e_{cf}}{2} \right)^2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{d_{0FR} \cdot e_{cf}} \cdot e_{cf} \quad (6-7b)$$

$$I_{RK_3} = \frac{0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot r_1 \cdot e_{01}} \cdot e_{01}^3}{12} + \left( \frac{h_{ST} + e_{01}}{2} \right)^2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot r_1 \cdot e_{01}} \cdot e_{01} \quad (6-7c)$$

$$A_{RK} = h \cdot e_{WB} + 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot d_{0FR} \cdot e_{cf}} \cdot e_{cf} + 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot r_1 \cdot e_{01}} \cdot e_{01} \quad (6-8)$$

Hinweis: Für gewellte Flammrohre mit eingezogenem Kopf an der Verbindung zur Wendekammer ist in den Gleichungen (6-7) bis (6-8) der Wert  $d_{0FR}$  um  $2 \cdot (w_c + e_{cf})$  zu reduzieren.



Schnitt A - A zu Bild 3a und Bild 4

**Bild 6** Mittragende Anteile für die Berechnung gegen Ringknicken

Das Flächenträgheitsmoment  $I_{RK}$  muss die Bedingung (6-9) und der Querschnitt  $A_{RK}$  die Bedingung (6-10) erfüllen:

$$I_{RK} \geq \frac{0,33 \cdot S_K \cdot PS \cdot r_1^3 \cdot \sqrt{2 \cdot r_1 \cdot e_{01}}}{E} \quad (6-9)$$

$$A_{RK} \geq \frac{PS \cdot r_1 \cdot \sqrt{2 \cdot r_1 \cdot e_{01}}}{\frac{K}{S_1}} \quad (6-10)$$

mit:

$$S_K = 3$$

$$S_1 = 1,8$$

Bei Ausführungen nach Bild 4 richtet sich die Steghöhe  $h_{ST}$  nur nach schweißtechnischen Erfordernissen.

## 7 Ebene, nicht gekrempfte Kesselböden

### 7.1 Allgemein

Beim Einschweißen ebener, nicht gekrempfter Böden muss die Bemessung, Gestaltung und Herstellung auf die Biegebeanspruchungen im Bereich der Schweißverbindung abgestimmt sein.

Diese Böden dürfen nur dann verwendet werden, wenn sie gegenseitig verankert sind (z. B. durch Zuganker). Bei Flammrohr-Rauchrohr-Kesseln kann die Verankerung über das Flammrohr und die Rauchrohre erreicht werden.

### 7.2 Kesselabmessungen und zulässige Betriebsdrücke

Der Durchmesser  $d_{0M}$  und die Länge  $L_b$  der Kessel sollen in Abhängigkeit vom zulässigen Betriebsdruck  $PS$  die Werte in Tabelle 5 der DIN EN 12953-3 nicht überschreiten.

Abweichend zur Tabelle 5 der DIN EN 12953-3 gelten die darin enthaltenen Anmerkungen 1 und 2 nicht. Es gelten die Anforderungen von 7.4.

### 7.3 Zulässiges Wanddickenverhältnis von Kesselboden zu Kesselmantel

Der Kesselboden soll ausreichend verankert sein. Bei Einhaltung des Dehnabstandes  $a_{KF}$  zwischen Kesselmantel und Flammrohr ist eine niedrige, jedoch ausreichende, Nennwanddicke  $e_{eB}$  des Kesselbodens vorteilhaft. Die Nennwanddicke  $e_{eB}$  von ebenen, nicht gekrempften Kesselböden von Großwasserraumkesseln soll 25 mm nicht überschreiten.

Das Wanddickenverhältnis von Kesselboden zu Kesselmantel soll Tabelle 5 der DIN EN 12953-3 genügen.

Anmerkung: Kleinere Verhältniszahlen sind vorteilhaft.

### 7.4 Werkstoffe

Für die Berechnung von Kesselböden und Kesselmänteln dürfen keine höheren Festigkeitskennwerte als die für P265GH nach DIN EN 10028-2 verwendet werden.

### 7.5 Zulässige Ausführungen

Scheibenböden müssen eingesetzt sein und einen Überstand des Kesselmantels  $\geq 15$  mm haben (siehe Bild 7a).

Vorgesetzte Scheibenböden dürfen nicht verwendet werden (siehe Bild 7b).

## 7.6 Voraussetzungen

7.6.1 Die Ausführung der Schweißnähte muss DIN EN 12953-4 entsprechen. Zusätzliche Anforderungen an die Boden-/Mantel-Schweißnaht siehe Abschnitt 7.7.

7.6.2 Der Schweißnahtfaktor  $v$  zur Bestimmung der Wanddicke des Kesselmantels darf 0,85 nicht überschreiten.

## 7.7 Boden-/Mantel-Schweißnaht

7.7.1 Die Innennaht muss als Hohlkehlnaht mit glatter Oberfläche und deutlichem Auslauf zum Mantel hin ausgeführt sein. Spannungserhöhende Einbrandkerben dürfen nicht vorhanden sein (siehe Bild 8).

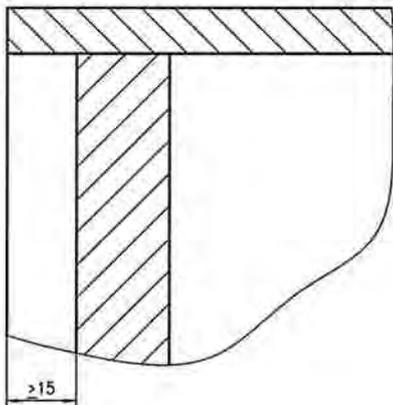
Örtliche Abweichungen dürfen bei Dampfkesseln der Länge  $L_b < 3$  m im Bereich von Engstellen vorhanden sein.

7.7.2 Für die Innenkehlnaht gilt in Abhängigkeit von der Nennwanddicke des Kesselmantels Tabelle 7-2.

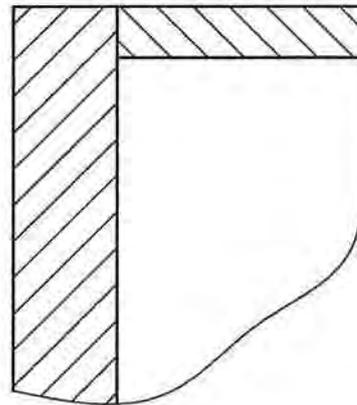
**Tabelle 7-2** Kehlnahtdicke für die Boden/Mantel-Schweißnaht

$e_{eM}$	$e_{eM} \leq 12$	$12 < e_{eM} \leq 16$	$e_{eM} > 16$
Kehlnahtdicke (a-Maß) [mm]	$\geq 4$	$\geq 5$	$\geq 6$

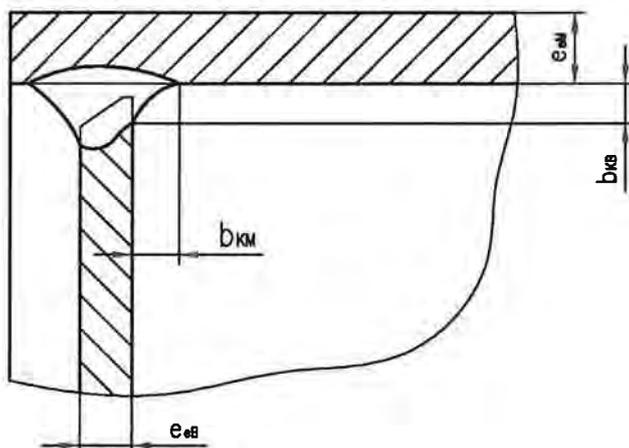
Das Verhältnis der Nahtschenkel  $b_{KM} : b_{KB}$  soll möglichst  $\approx 4:3$ , muss jedoch immer  $> 1$  sein.



**Bild 7a)** eingesetzter Boden



**Bild 7b)** vorgesetzter Boden



**Bild 8** Einschweißung Kesselboden in Kesselmantel

- 7.7.3 Alternativ kann die Schweißnaht zwischen Mantel und eingesetztem ebenen Boden einseitig mit keramischer Schweißbadsicherung ausgeführt werden.

## 8 Kesselböden und deren Verankerung

### 8.1 Grundsätze für die Verankerung

Eckanker werden in der Regel zur Aussteifung von Kesselböden eingesetzt. Im Sinne einer gesicherten Lastweiterleitung werden die Eckanker zwischen Kesselboden und Kesselmantel eingesetzt. Die Anbindung an andere Kesselbauteile bedarf eines besonderen Nachweises.

Die Verankerung von Kesselböden durch wenige Eckanker ist ungünstig, weil bei dem unvermeidlichen örtlichen Einziehen des Kesselmantels zusätzliche Kräfte auftreten. Es muss deshalb durch eine Verteilung der zu übertragenden Kräfte auf eine größere Anzahl von Eckankern eine Herabsetzung der in den einzelnen Eckankern auftretenden Kräfte gegeben sein. Rippenversteifungen von ebenen Kesselböden sind nicht zulässig.

### 8.2 Anschlüsse von Verankerungen an Kesselboden und Kesselmantel

Runde Zuganker zwischen den Kesselböden müssen an beiden Enden durchgesteckt sein. Die Schweißnähte sollen entsprechend DIN EN 12953-3 Bild 10.2-7 ausgeführt sein. Im unbeheizten Teil des Bodens darf auf diese Schweißausführung verzichtet werden, wenn die Zuganker mit Verstärkungsscheiben gemäß DIN EN 12953-3 Bild 10.2-8, versehen werden. Im beheizten Teil sind Verstärkungsscheiben unzulässig.

Die Schweißverbindungen der Eckanker an Kesselboden und Kesselmantel müssen als Doppel-HV-Nähte ausgeführt sein (siehe Bild 13).

Wird für die Berechnung von Eckankern eine höhere Festigkeit als die von P295GH nach DIN EN 10028-2 angesetzt, ist eine Volumenprüfung UT ergänzend zu MT/PT wie in DIN EN 12953-5 beschrieben über den gesamten betroffenen Anschluss erforderlich.

### 8.3 Anordnung von Eckankern

Eckanker sollen möglichst radial am Kesselboden angeordnet sein. Die Anzahl und gegenseitigen Abstände der Eckanker ergeben sich aus der Bodendimensionierung und aus den Beanspruchungen an den mantel- und bodenseitigen Eckankeranschlüssen.

Aufgrund von Betriebserfahrungen brauchen die nachstehenden Anforderungen dieses Abschnittes jedoch nur für Eckanker im Scheitelbereich (siehe Bild 9) angewendet werden.

### 8.4 Berechnung

Es gilt die Berechnung nach DIN EN 12953-3 Kapitel 10.2.9.

Ergänzend gilt für den Berechnungsbeiwert  $f_G$  bei Flammrohren mit Wellentiefen  $75 \text{ mm} < w_c \leq 100 \text{ mm}$  und Wellenteilung  $P_{\text{cor}} \geq 200 \text{ mm}$ , sofern kein gesonderter Nachweis geführt wird, ein Wert von  $f_G = 1,35$ .

Die Gleichung (57) der DIN EN 12953-3 ist nicht anzuwenden auf benachbarte Eckanker mit dazwischenliegendem Mannloch.

Zusätzlich nach der Berechnung nach DIN EN 12953-3 sind nach Festlegung der Eckankeranordnung die örtlichen Spannungen am mantelseitigen Anschluss benachbarter Anker nach Gleichung (8-2) auf Ihre Zulässigkeit zu überprüfen.

$$\sigma = \left( k_1 + k_2 \cdot \frac{A_p \cdot \tan \beta}{(l_M + 3,5 \cdot \sqrt{d_{0M}} \cdot e_{eM}) \cdot e_{eM}} \cdot f_G \right) \cdot PS \leq \sigma_{\text{zul}} \quad (8-2)$$

mit

$k_1, k_2$  = Spannungsbeiwerte nach den Bildern 11 und 12

$PS$  = maximal zulässiger (Betriebs-)Druck in N/mm<sup>2</sup>

$f_G$  = Berechnungsbeiwert

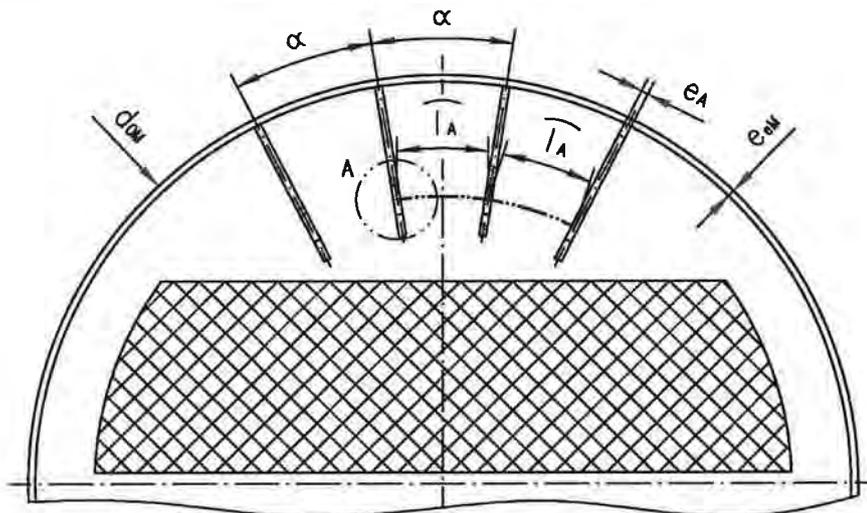
$e_{eM}$	=	Ausgeführte Wanddicke des Kesselmantels mit Zuschlägen in mm
$d_{0M}$	=	Außendurchmesser des Kesselmantels in mm
$l_M$	=	Anschlusslänge am Kesselmantel (siehe Bild 13) mm
$\beta$	=	Eckanker-Schrägungswinkel zur Kessellängsachse (siehe Bild 13) in Grad
$A_p$	=	Belastungsfläche je Eckanker (siehe Bild 10) in mm <sup>2</sup>
$\sigma_{zul}$	=	400 N/mm <sup>2</sup>

Anmerkung: Mit Rücksicht auf die Magnetitschutzschicht bei wasserberührten Teilen, wird die maximale Spannung auf 600 N/mm<sup>2</sup> begrenzt. Mit einer Schweißnaht-Kerbformzahl  $K_{eff} = 1,5$  ergibt sich im Niederlastspielbereich eine zulässige Spannung von  $\sigma_{zul} = 400$  N/mm<sup>2</sup>.

Hierbei ist  $k_1$  für den beidseitig eingespannten gekrümmten Balken unter Streckenlast berechnet,  $k_2$  für den Kreisring unter Einwirkung von gleichmäßig angeordneten, gleich großen Radiallasten (nach Young).

Die Belastungsfläche  $A_p$  wird sinngemäß nach Bild 10 bestimmt (siehe auch DIN EN 12953-3 Bild 10.2-5).

Gegebenenfalls sind die Abstände  $l_A$  zwischen Eckankern mit Rücksicht auf die Beanspruchungen am boden- und mantelseitigen Anschluss zu verkleinern.



Detail A

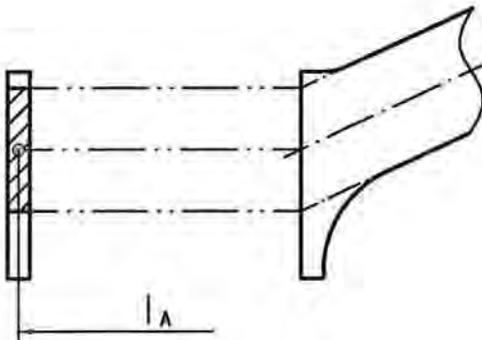
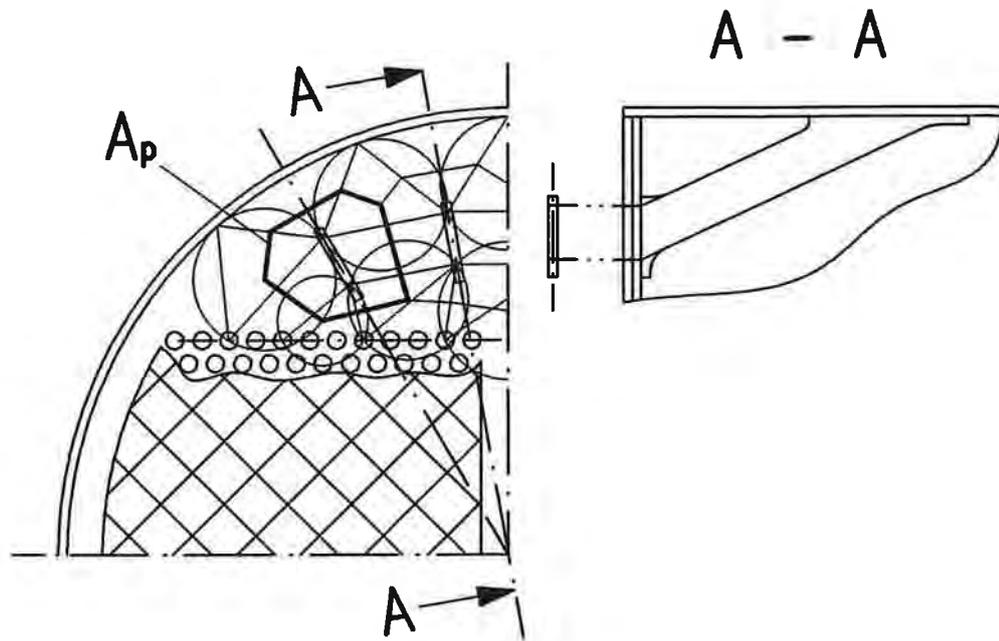
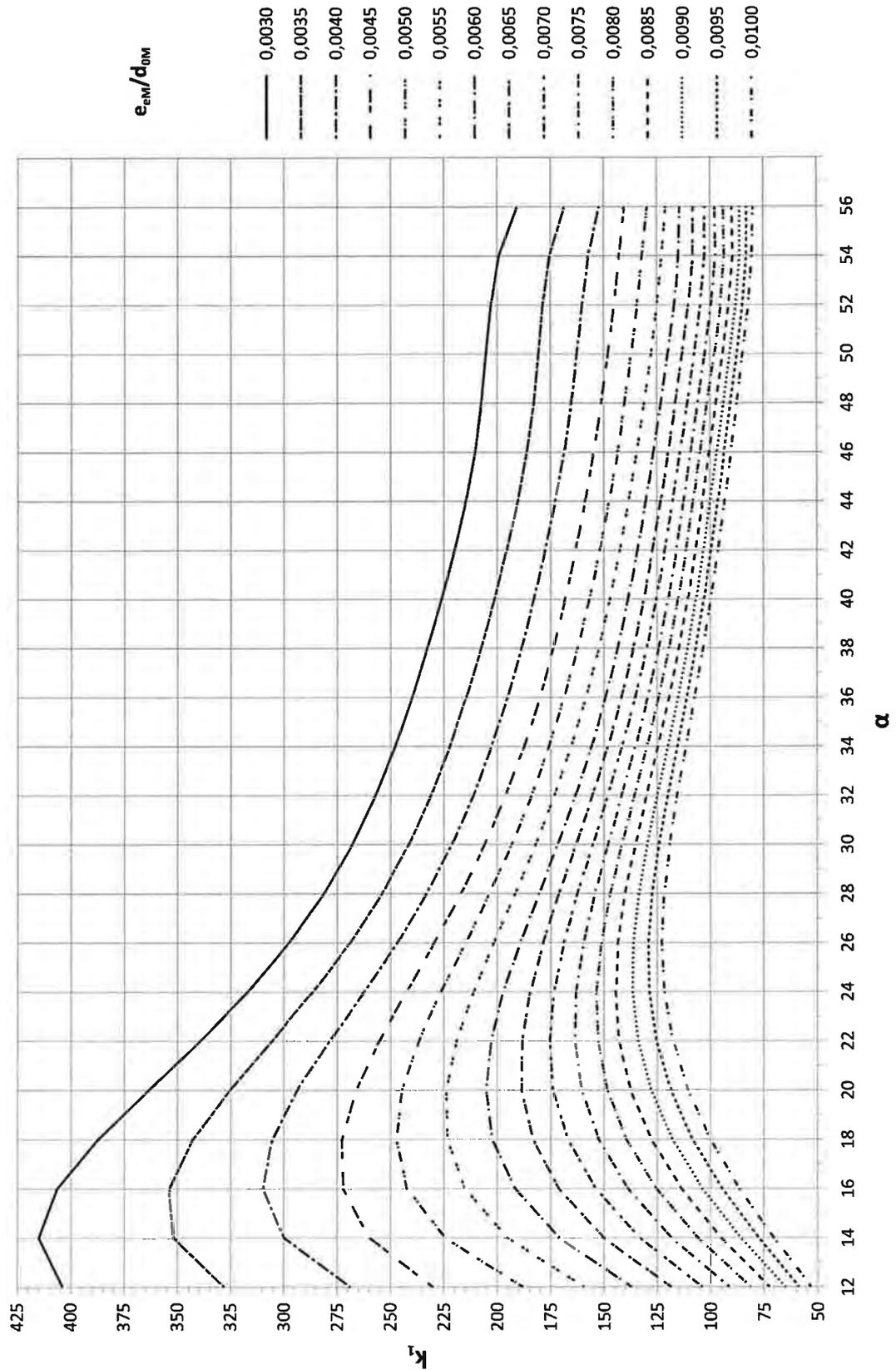


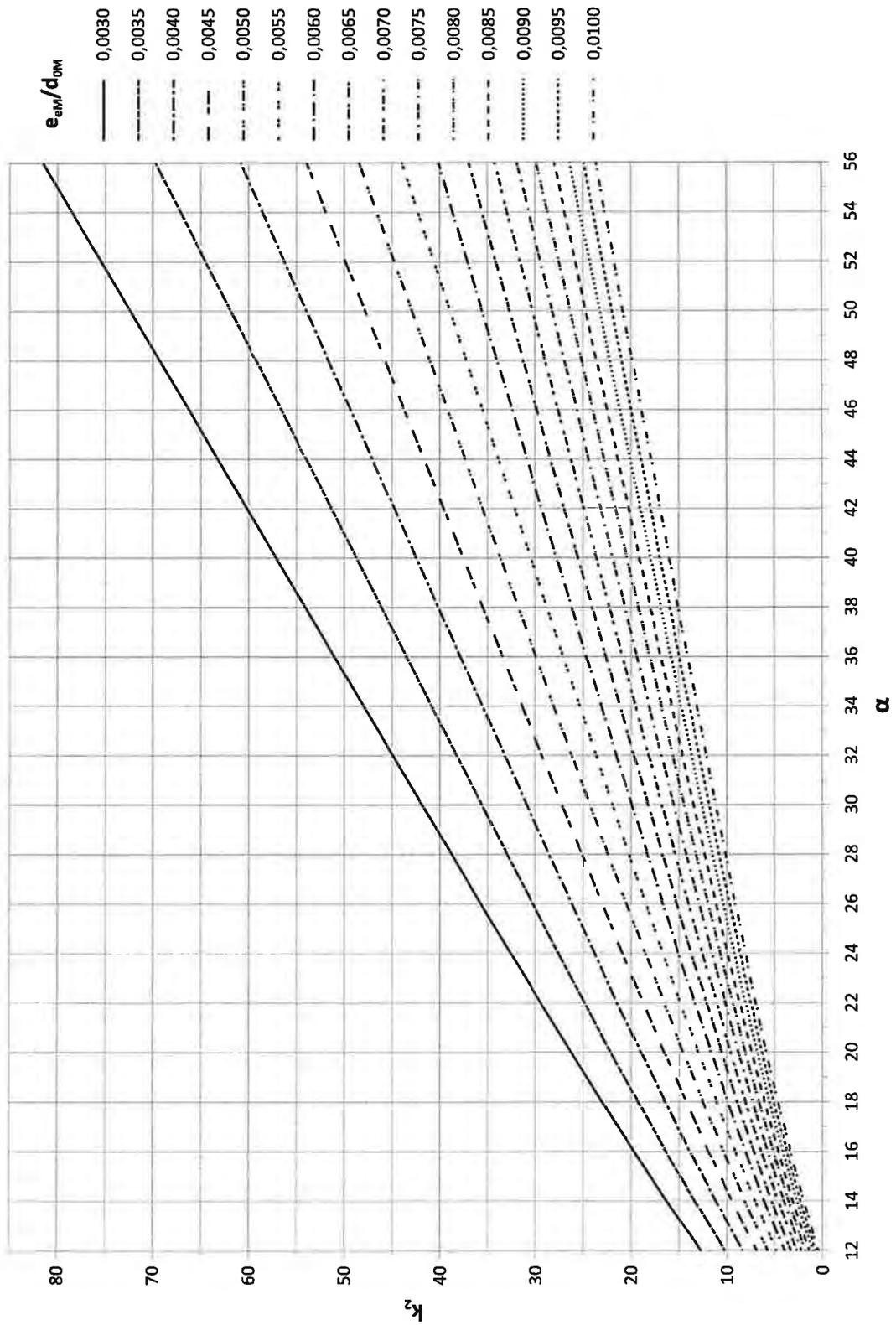
Bild 9 Eckanker im Scheitelbereich



**Bild 10** Ermittlung der Belastungsfläche  $A_p$



**Bild 11** Spannungsfaktor  $k_1$   
Koeffizienten für Approximationspolynomen siehe Anhang A.1



**Bild 12** Spannungsfaktor  $k_2$   
Koeffizienten für Approximationspolynomen siehe Anhang A.2

## 8.5 Gestaltung von Eckankern

- 8.5.1 Eckanker sollen nicht steiler als  $\beta = 30^\circ$  zur Längsachse des Kessels verlaufen. Auf eine spannungsarme und schweißtechnisch günstige Gestaltung der Eckankerspitzen und -fersen ist zu achten. Ein Beispiel für eine zulässige Eckankerform ist in Bild 13 dargestellt. Eine typische Schweißnahtgestaltung zeigt Bild 14. Der Anker ist vollständig durchzuschweißen, dabei ist die Naht vollständig durchzuschweißen und der Ankeranschluss stirnseitig kerbfrei zu gestalten, z. B. durch Beschleifen.

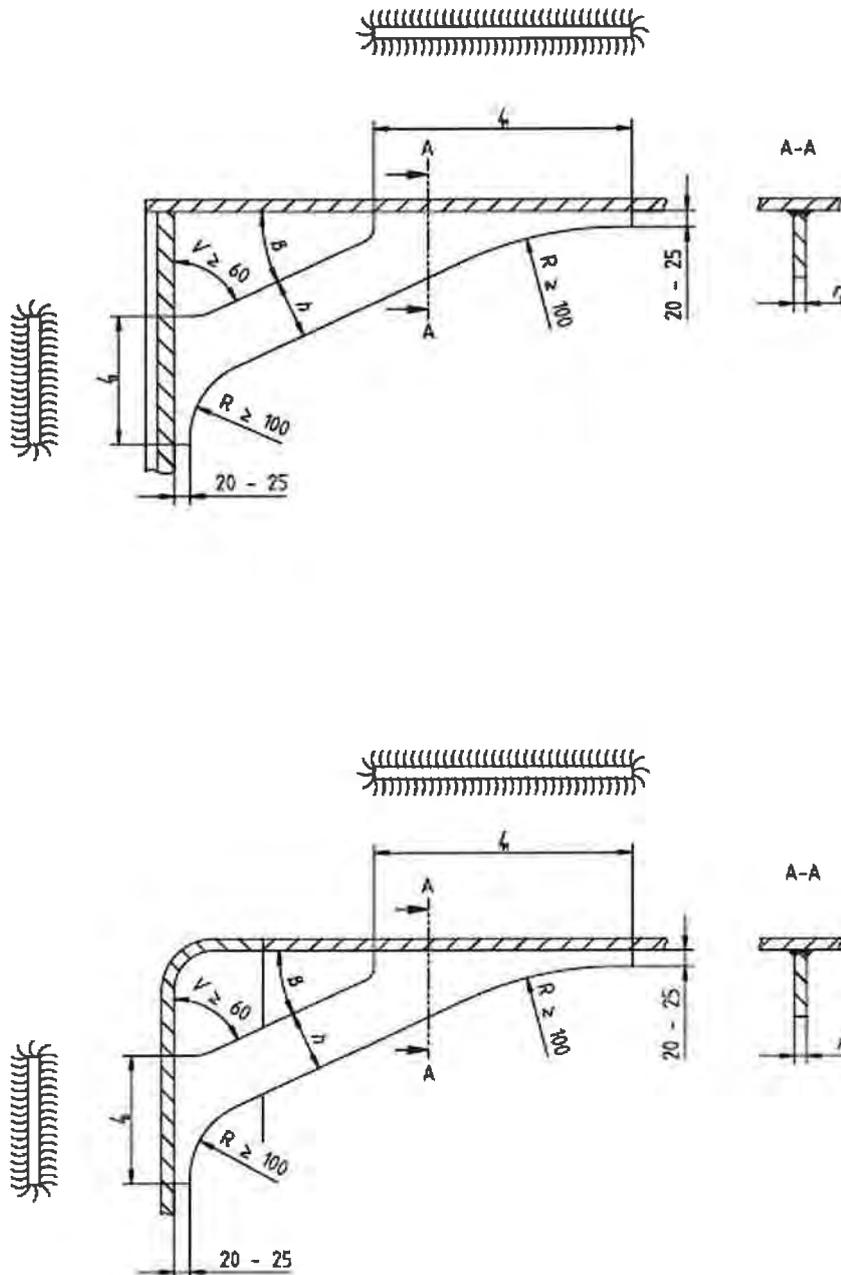
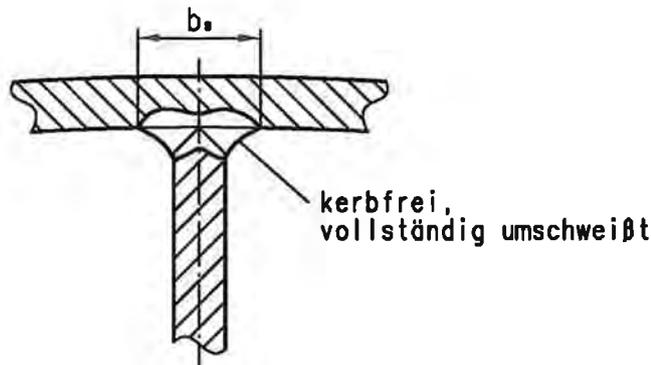


Bild 13 Gestaltung von Eckankern



**Bild 14** Typische Schweißnahtgestaltung von Eckankern

Die rechnerisch erforderliche Wanddicke der Eckanker  $e_g$  soll nicht größer als die ausgeführte Wanddicke  $e_{eM}$  des Kesselmantels sein. Weiterhin sollen bei der Verankerung von ebenen, ungekrempten Kesselböden die Eckanker aus dem gleichen Werkstoff wie die Kesselböden bestehen. Die ausgeführte Wanddicke  $e_{rg}$  darf das 1,5-fache der ausgeführten Kesselmantelwanddicke  $e_{eM}$  nicht übersteigen.

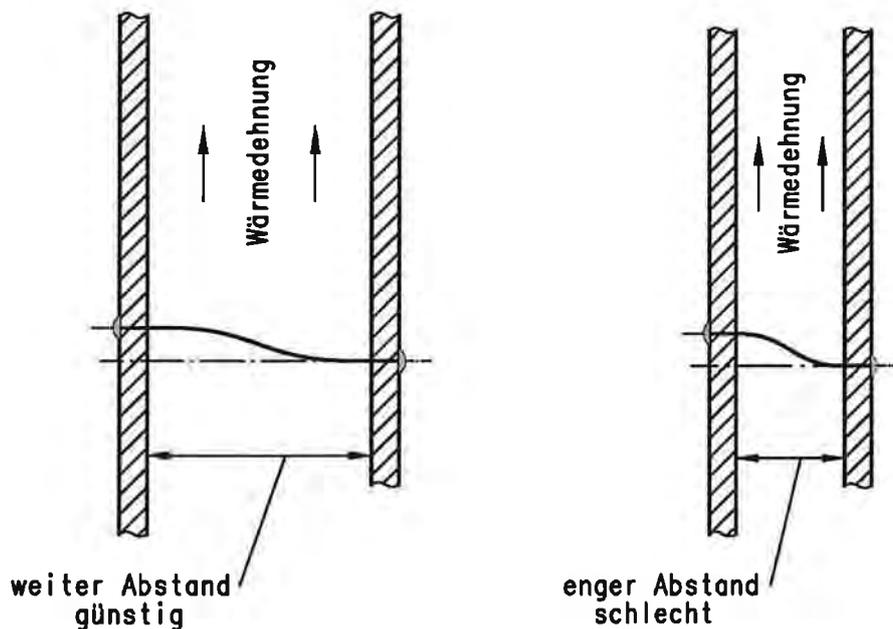
Die umlaufenden Schweißnähte sollten als Hohlkehlnaht ausgeführt werden. Als Grenzwert für eine eventuelle Nahtüberhöhung gilt hier Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817. Weiterhin sind die Anforderungen der DIN EN 12953-3 Kapitel 10.2.10 und DIN EN 12953-5 Tabelle 3 einzuhalten.

Die gesamte Anschlussbreite  $b_s$  der Schweißnähte am Mantel und Boden darf nicht kleiner als das 1,5-fache der rechnerisch erforderlichen Wanddicke des Eckankers sein.

## 9 Stehbolzen und Ankerrohre

### 9.1 Biegebeanspruchungen

Stehbolzen und Ankerrohre sollen so angeordnet sein, dass größere Biegebeanspruchungen vermieden werden (siehe Bild 15). Stehbolzen müssen beidseitig angebohrt sein.



**Bild 15** Anordnung von Stehbolzen

## 9.2 Auslegung

Die Auslegung bei der Verankerung von Wendekammern mit Stehbolzen soll der DIN EN 12953-3 Abschnitt 10.2.6 entsprechen.

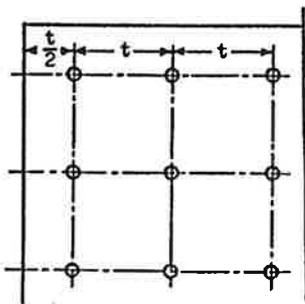
## 9.3 Einsatz von Ankerrohren

Bei Wendekammern und anderen schwach beheizten Teilen wird die Einhaltung des in DIN EN 12953-3 Abschnitt 10 genannten Stehbolzen-Mittenabstandes nicht für notwendig gehalten, wenn anstelle der Stehbolzen Ankerrohre von mindestens 25 mm Außendurchmesser verwendet wurden und die Rohre an beiden Seiten durchgesteckt sind. Eine Verschweißung mit Kehlnaht bzw. versenkter Naht mit Nahtvorbereitung ist zulässig (siehe DIN EN 12953-3 Bilder 26 und 27).

## 10 Außenliegende Wasserkammern, Ringräume und ähnliche Konstruktionen

Alle Schweißverbindungen mit ebenen Wandungsteilen in außenliegenden Wasserkammern, Ringräumen und ähnlichen Konstruktionen sollen beidseitig geschweißt sein. Auf das Gegenschweißen bei diesen Nähten kann bei Kammern bis zu 300 mm lichter Weite verzichtet werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Naht darf nur Rauchgasen mit einer Höchsttemperatur von 400 °C ausgesetzt sein.
- Die Wandung, die eine zusätzliche Biegebeanspruchung in den Schweißnähten infolge Wärmeausdehnung bewirken kann, darf höchstens auf einer Länge von 2000 mm durch Rauchgasen von mehr als 400 °C beheizt sein.
- Eine einwandfreie Durchschweißung muss vorhanden sein.
- Die Besichtigungsanforderung der Prüfkategorie 1 nach Kapitel 12 muss für die Schweißnähte auch wurzelseitig erfüllt sein. Ausgenommen sind kleine Dampfkessel mit einem maximalen Außendurchmesser des Kesselmantels  $d_{0M}$  von 800 mm, einer maximalen Länge des Kessels zwischen den Böden  $L_b$  von 2000 mm und einem Druck-Inhaltsprodukt  $PS \cdot V \leq 3000$  bar Liter. Für diese Kessel genügt Prüfkategorie 2.
- Die Kräfte in den Randfeldern der Kammerbleche müssen durch Stehbolzen voll aufgenommen werden (siehe Bild 16). Dies gilt nicht für ringförmige Kammern.
- Bei lichten Weiten von Wasserkammern usw. über 150 mm müssen Biegebeanspruchungen weitgehend von der einseitig geschweißten Verbindung ferngehalten werden. Dies gilt bei ringförmigen Platten als erfüllt, wenn die Platte um 40 % dicker ausgeführt ist, als es bei beidseitig geschweißter Verbindung erforderlich wäre.



**Bild 16** Anordnung von Stehbolzen

## 11 Dehnbstände

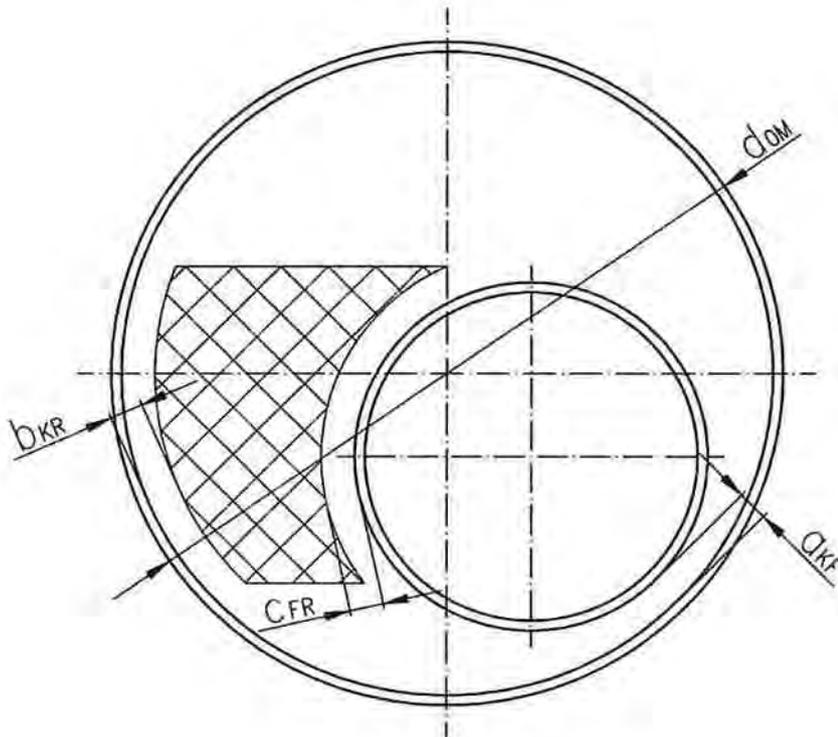
Alternativ zu den Festlegungen in diesem Abschnitt können auch die Abstände gemäß DIN EN 12953-3, Abschnitt 10.1 gewählt werden.

## 11.1 Allgemeine Empfehlungen

### Die lichten Abstände

$a_{KF}$	Kesselmantel – Flammrohr
$a_{KW}$	Kesselmantel – Wendekammermantel
$b_{KR}$	Kesselmantel – Rauchrohre
$c_{FR}$	Flammrohr – Rauchrohre
$c_{WR}$	Wendekammermantel – Rauchrohre
$d_{KW}$	Kesselboden – Wendekammerboden

sollen 5 % des Kesselmanteldurchmessers  $d_{0M}$  betragen, wobei ein Mindestabstand von 50 mm eingehalten werden muss (siehe Bilder 17 bis 23). Lichte Abstände über 100 mm sind nicht üblich. Die für  $a_{KF}$ ,  $a_{KW}$ ,  $c_{FR}$  und  $c_{WR}$  empfohlenen Abstände sollen auch an Einschweißstellen und Aufweitungen vorhanden sein. Erleichterungen werden in den Abschnitten 11.5 bis 11.7 behandelt.



**Bild 17** Dehnabstände

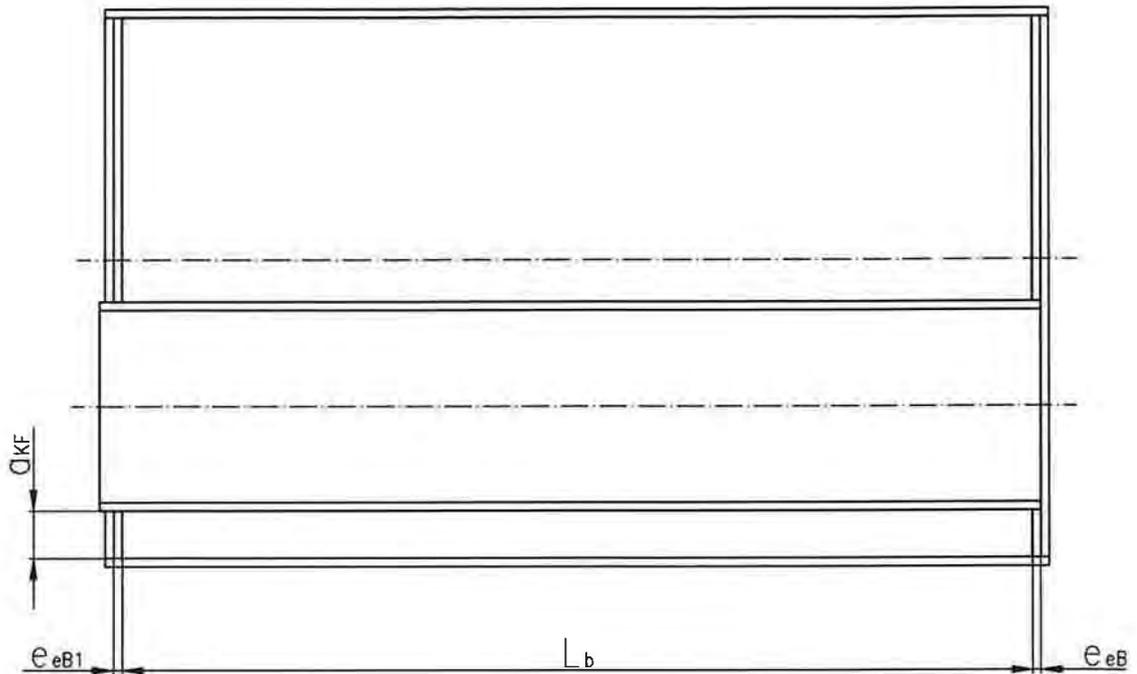
## 11.2 Abstand $a_{KF}$ bei Verwendung von Glattflammpfehren und ebenen, nicht gekrempten Böden

Der Abstand  $a_{KF}$  zwischen Kesselmantel und Glattflammpfehr gemäß Bild 18 soll bei Kesseln mit einer größeren Länge  $L_b$  als 3 m, in denen das Flammrohr direkt beide Böden verbindet, zusätzlich folgender Bedingung genügen:

$$a_{KF} \geq 0,018 \cdot L_b + 0,125 \cdot e_{eB}^2 \quad (11-1)$$

mit:

$$e_{eB} = \frac{e_{eB_1} + e_{eB_2}}{2} \quad (11-2)$$



**Bild 18** Kessel mit durchgehendem Flammrohr

Bei Flammrohrkesseln mit nicht durchgehendem Flammrohr gemäß Bildern 19 und 20 kann mit den darin gezeichneten Abständen  $a_i$  und den Wanddicken  $e_i$  ein wirksamer Abstand  $a_w$  nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$a_w = \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \sum_i (a_i - e_i)^3} \quad (11-3)$$

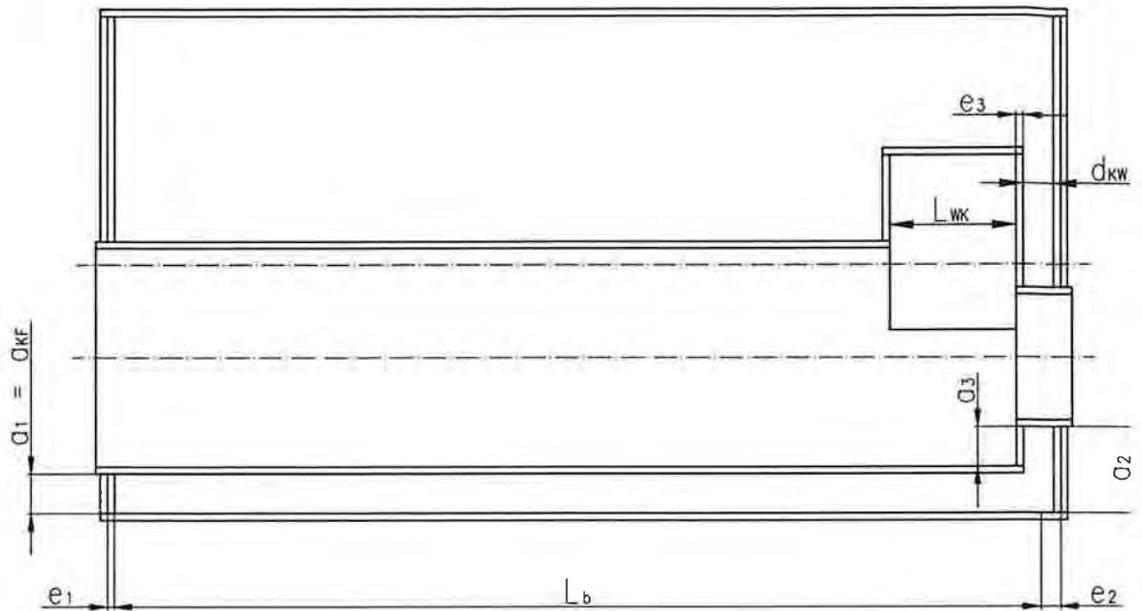
Für Konstruktionen nach Bild 20 sind  $a_2$  und  $a_3$  die jeweils kleinsten Abstände zwischen der Verankerung und dem Kesselmantel bzw. Wendekammernmantel.

Der rechnerisch wirksame Abstand muss folgende Bedingung erfüllen:

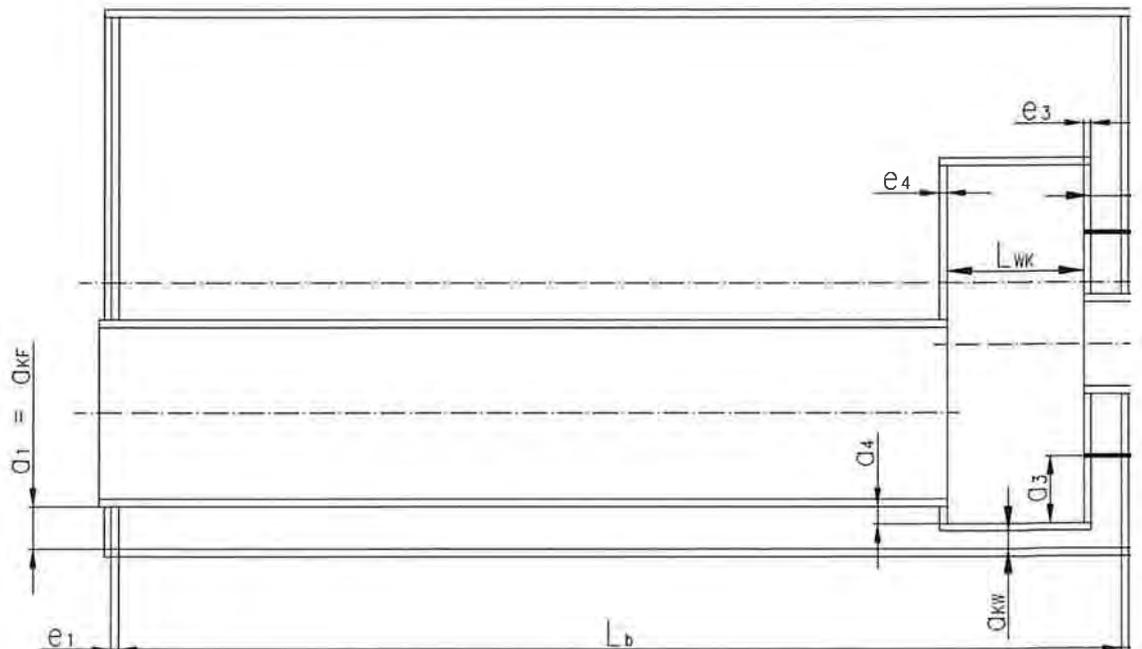
$$a_w \geq 0,018 \cdot L_b + 0,125 \cdot e_{eB}^2 - e_{eB} \quad (11-4)$$

mit:

$$e_{eB} = \frac{e_1 + e_2}{2} \quad (11-5)$$



**Bild 19** Kessel mit nicht durchgehendem Flammrohr



**Bild 20** Kessel mit nicht durchgehendem Flammrohr

### 11.3 Mindestabstand von Flammrohren

Der Mindestabstand zwischen zwei Flammrohren beträgt 120 mm (siehe auch DIN EN 12953-3 Abschnitt 10.1).

### 11.4 Abstand zwischen Eckanker und Flammrohr

Der Mindestabstand zwischen Eckanker und Flammrohr beträgt 200 mm (siehe auch DIN EN 12953 Abschnitt 10.1).

Eine Verringerung des Mindestabstands zwischen Eckankern und Flammrohr bei Kesseln bis zu einer Länge  $L_b$  von nicht mehr als 3000 mm auf einen Mindestabstand von  $75 \text{ mm} + 0,025 L_b$  ist praxisbewährt.

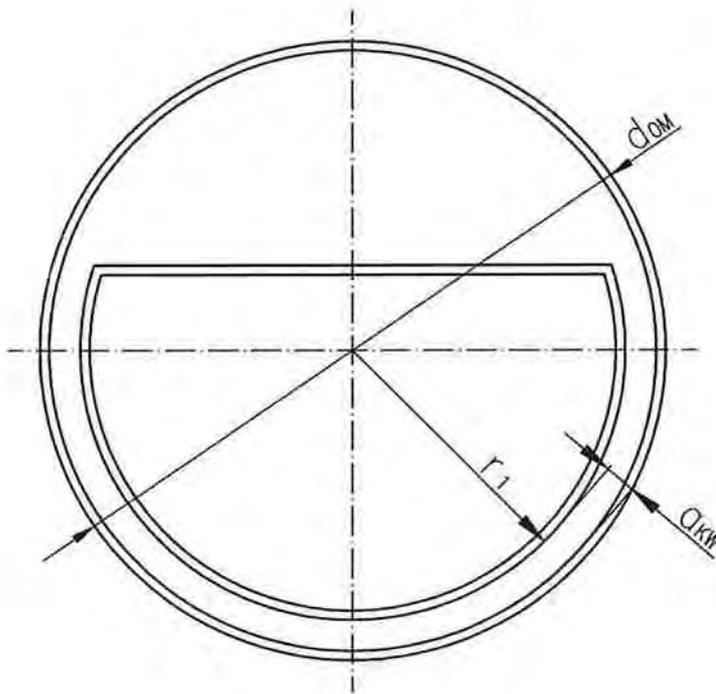
Die Anwendung der in DIN EN 12953-3 Abschnitt 10.1 genannten Abstände wird als gleichwertig angesehen.

#### 11.5 Erleichterungen für die Abstände $a_{KW}$ und $a_{KF}$

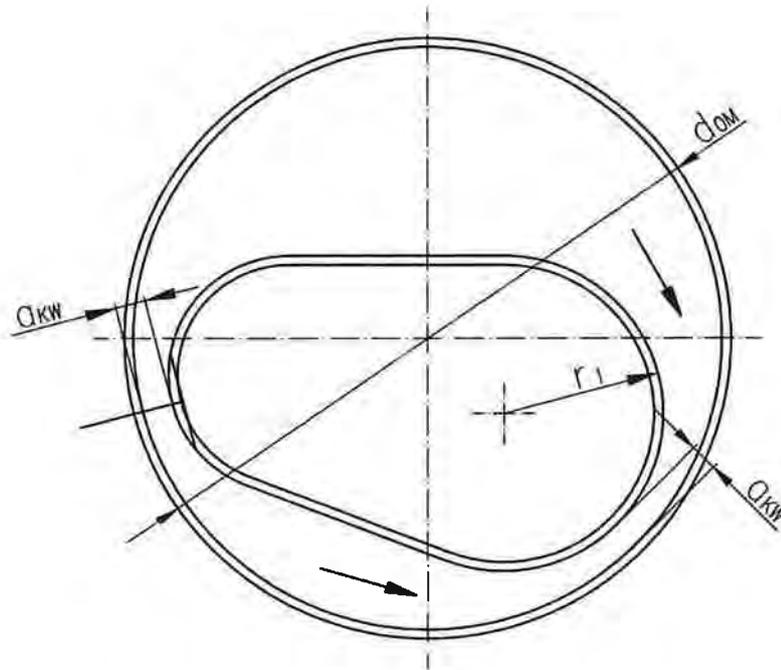
11.5.1 Der Mindestabstand  $a_{KW}$  zwischen Kesselmantel und Wendekammermantel (siehe Bild 21) darf unter Beachtung eines Mindestmaßes von 50 mm auf ein Maß von 3 % des Kesselmanteldurchmessers  $d_{0M}$  ermäßigt werden, wenn folgende Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind:

- örtliche Verengung der lichten Weite jeweils nur längs einer Kesselmantellinie (siehe Bild 22)
- lichte Weite der Wendekammer  $L_{WK} \leq 650 \text{ mm}$  (siehe Bilder 19 und Bild 20)
- Wendekammerradius  $r_1$  im Bereich der kleinsten lichten Weite  $a_{KW}$  bei ausreichender Besichtigungsmöglichkeit durch keilförmige Räume (siehe Bild 22) gemäß:
  - $r_1 \leq 0,3 d_{0M}$  bei einer zylindrischen Wendekammerlänge  $L_{WK} \geq 400 \text{ mm}$
  - $r_1 \leq 0,4 d_{0M}$  bei einer zylindrischen Wendekammerlänge  $L_{WK} < 400 \text{ mm}$

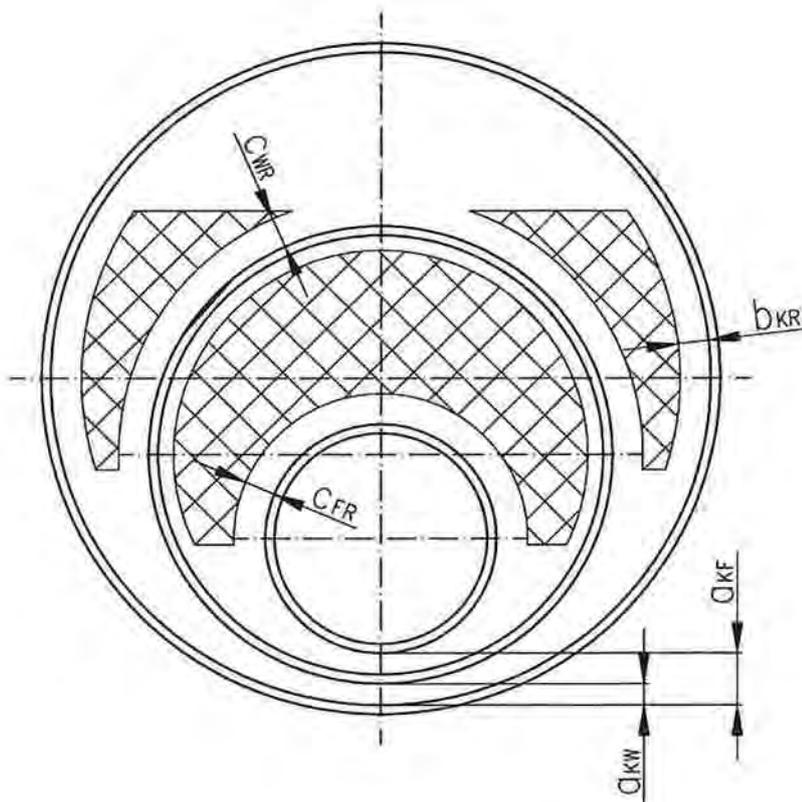
11.5.2 Die Empfehlung für den Abstand  $a_{KF}$  bezieht sich nicht auf den Abstand zwischen Kesselmantel und Verstärkungsringen, wenn Betrieb, Besichtigung und Reinigung nicht behindert werden (siehe Bild 25).



**Bild 21** Dehnabstand  $a_{KW}$

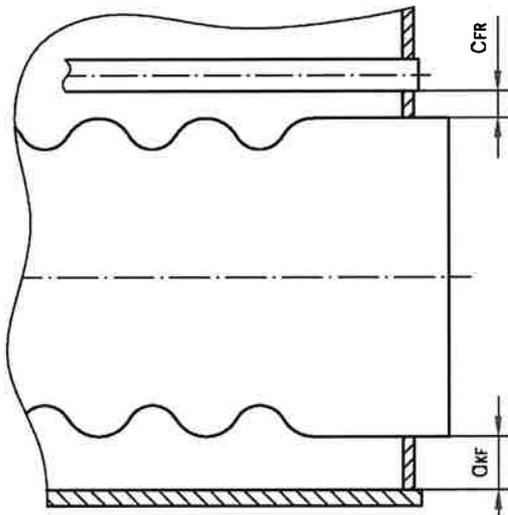


**Bild 22** Dehnanstand  $a_{KW}$



**Bild 23** Dehnanstände

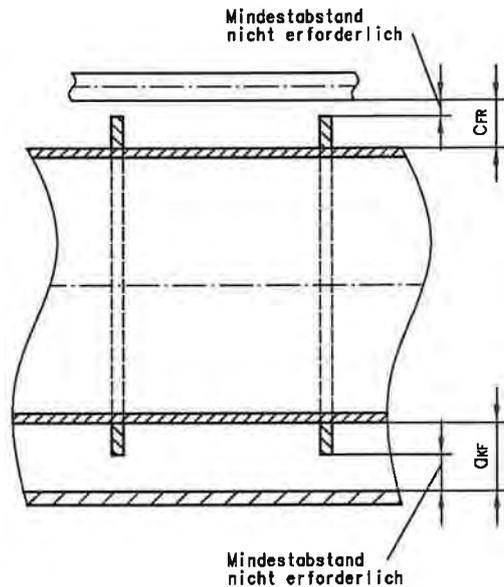
- 11.6 Erleichterungen für den Abstand  $b_{KR}$  (Kesselmantel – Rauchrohr)
- 11.6.1 Bei unbeheiztem Kesselmantel ist ein lichter Mindestabstand  $b_{KR}$  von 3 % seines Durchmessers  $d_{0M}$ , mindestens aber 50 mm üblich. Die Krempe soll nicht angeschnitten sein.
- 11.6.2 Bei Dampfkesseln mit einem Druck-Inhaltsprodukt  $PS \cdot V \leq 3000$  bar · Liter sind kleinere Abstände  $b_{KR}$  als 50 mm praxisbewährt.
- 11.7 Erleichterungen für die Abstände  $c_{FR}$  (Flammrohr – Rauchrohr) und  $c_{WR}$  (Wendekammer – Rauchrohr)
- 11.7.1 Der Abstand  $c_{FR}$  darf bei normal-gewellten Flammrohren (50 mm Wellentiefe) um höchstens 15 mm, bei tief-gewellten Flammrohren ( $\geq 75$  mm Wellentiefe) um höchstens 25 mm unterschritten werden. Das gilt auch am Einschweißende (siehe Bild 24).



**Bild 24**

Desgleichen ist eine Unterschreitung für den Abstand Wendekammer - Rauchrohr  $c_{WR}$  bei zylindrischen Wendekammerlängen  $L_{WK} \leq 650$  mm möglich, wobei der Mindestabstand von 50 mm in allen Fällen gewahrt bleiben soll.

- 11.7.2 Die Empfehlung von Mindestabständen bezieht sich nicht auf den Abstand zwischen Verstärkungsringen und Rauchrohren, wenn Besichtigung und Reinigung nicht behindert werden (siehe Bild 25).



**Bild 25**

- 11.7.3 Die Empfehlung für einen Mindestabstand  $C_{FR}$  bzw.  $C_{WR}$  von 50 mm entfällt bei Dampfkesseln mit einem Druck-Inhaltsprodukt  $PS \cdot V \leq 3000$  bar · Liter.

## 12 Anforderungen an das Prüfen, Besichtigen und Befahren

### 12.1 Prüfung während der Herstellung

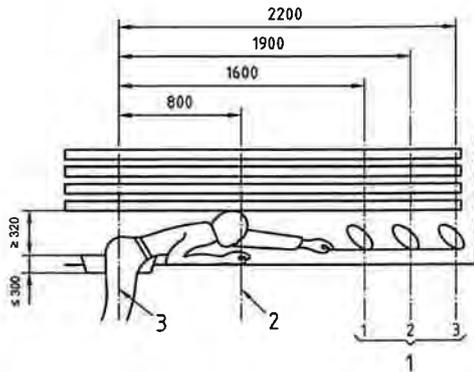
Unabhängig von der Auslegung des Kessels ist für die Prüfung während der Herstellung das Prüfkonzept nach DIN EN 12953-5 heranzuziehen. Für den Umfang der zerstörungsfreien Prüfung von Schweißnähten ist Tabelle 2 der DIN EN 12953-5 heranzuziehen. Bei einem Schweißnahtfaktor von 0,8 (für ältere Kessel, die z.B. nach TRD ausgelegt sind) sind die Prüfumfänge für Schweißnahtfaktor 0,85 maßgebend.

### 12.2 Anforderungen an das Besichtigen

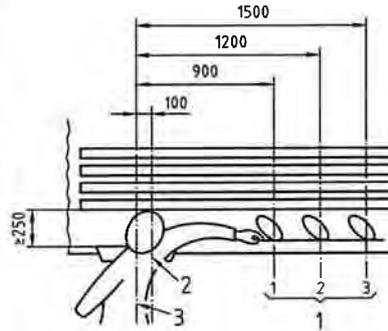
#### 12.2.1 Visuelle Kontrolle von Schweißnähten

Die Wirksamkeit einer visuellen Kontrolle hängt insbesondere von dem Abstand zwischen Auge und Objekt und dem Winkel, unter dem die Oberfläche des Objektes besichtigt werden kann, ab. Die besten Besichtigungsmöglichkeiten erhält man durch Befahren des Kessels. Der Sinn dieses Unterabschnittes besteht darin, eine gute Besichtigungsmöglichkeit von repräsentativen Teilen der verschiedenen Schweißnähte sicherzustellen. Es muss anerkannt werden, dass es nicht möglich ist, Zugang für eine nahe Besichtigungsmöglichkeit einer jeden Naht des Kessels zu schaffen, wenn der Kessel zusammengebaut worden ist, insbesondere im Falle von kleinen Kesseln. Jedoch ist es auch klar, dass einige Teile von Kesseln mehr zu Rissen oder Korrosion neigen als andere.

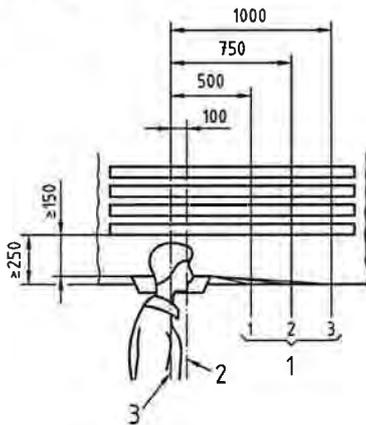
Die folgenden Prüfkategorien 1 bis 3 wurden aufgestellt, um die relative Wichtigkeit und für jede Kategorie die passende Ausrüstung für die Besichtigung von repräsentativen Teilen sicherzustellen. Beispiele verschiedener Besichtigungsgrade sind im Bild 26 dargestellt, wobei die Anforderungen der Prüfkategorien 1, 2 oder 3 jeweils über der geschweiften Klammer bei Ziffer 1 der Legende dargestellt sind:



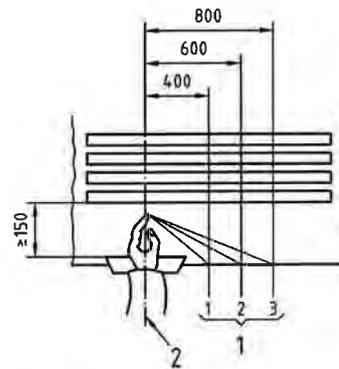
**Legende**  
 1 Prüfkategorie  
 2 Augenebene  
 3 Mannlochmitte



**Legende**  
 1 Prüfkategorie  
 2 Augenebene  
 3 Kopflochmitte



**Legende**  
 1 Prüfkategorie  
 2 Augenebene  
 3 Kopflochmitte



**Legende**  
 1 Prüfkategorie  
 2 Handlochmitte

**Bild 26** Beispiele verschiedener Besichtigungsgrade bei Mann-, Kopf- und Handlöchern

Die Prüfkategorien für die visuelle Kontrolle von Schweißnähten sind in Tabelle 12-2 aufgelistet:

**Tabelle 12-2** Prüfkategorien für die visuelle Kontrolle von Schweißnähten

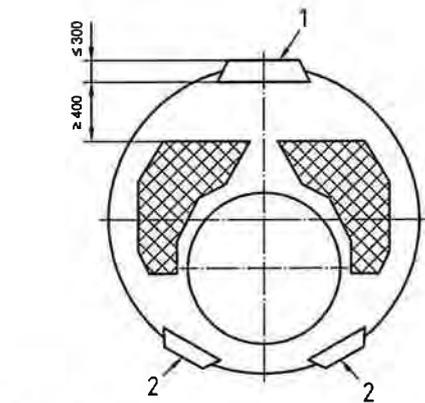
Bauteil	Nahtart	Lage der Naht	Prüfkategorie
Alle Nähte	-	-	mindestens 3
Stutzen- und Blockflanschnähte	-	an Mantelschüssen	3
Mantel	Längsnaht	an Mantelschüssen	2
	Rundnaht	zwischen Mantelschüssen	2
	Rundnaht	zwischen Mantelschüssen und gekrempten Böden	2
	T-Stoß	an der Verbindung des Mantels mit eingeschweißten Böden	1

Bauteil	Nahtart	Lage der Naht	Prüfkategorie
Ebene Böden	Stumpfnaht	zwischen den Blechsegmenten bei Böden mit großen Durchmessern	2 *
Flammrohre	Längsnaht	an Flammrohrschüssen	2
	Rundnaht	zwischen Flammrohrschüssen und Versteifungsringen	2
	Rundnaht	zwischen Flammrohrschüssen und gekrempten Böden	2
	T-Stoß	zwischen Flammrohrschüssen und eingeschweißten Böden	1
	T-Stoß	zwischen Flammrohr- und Wendekammerböden	1
Wendekammern	Längsnaht	am Mantel	2
	Rundnaht	zwischen Mantel und gekrempten Böden	2
	T-Stoß	zwischen Mantel und eingeschweißten Böden	1
Wendekammer-Befahrstutzen	Längsnaht	an Befahrstutzen	3
	T-Stoß	zwischen Befahrstutzen und Kessel- und Wendekammermantel	3
Blechanker/ Versteifungsblech	T-Stoß	zwischen Anker/Blech und Mantel/Boden	1
* Bei geschweißten Böden, die bei der Herstellung zu 100% geprüft (Ultraschallprüfung oder Durchstrahlungsprüfung) und wärmebehandelt wurden (Spannungsarmglühen), sind keine besonderen Anforderungen für das spätere Besichtigen der Schweißnaht zu erfüllen.			

Bei Rundnähten im übrigen Teil des Kesselmantels wird die Prüfkategorie 3 als ausreichend angesehen, wenn die Schweißverbindungen zu 100 % (Durchstrahlungsprüfung bzw. Ultraschallprüfung) zweckmäßigerweise während der Herstellung zerstörungsfrei geprüft werden.

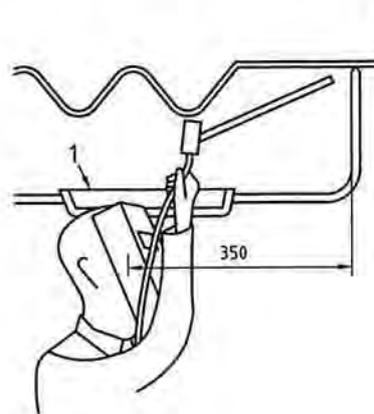
- 12.2.2 Die vorgenannten Prüfkategorien müssen in jedem Einzelfall voll erfüllt sein. Soweit ein Befahren zum Besichtigen nicht oder nur zum Teil vorgesehen ist, muss den Prüfkategorien durch Anordnung einer ausreichenden Anzahl von Kopf- oder Handlöchern Rechnung getragen werden. Es ist auch darauf zu achten, dass die Flammrohre gut gereinigt und besichtigt werden können, gegebenenfalls müssen in den Rohrfeldern Gassen verbleiben (siehe Bild 27a). Für die Anzahl, Größe und

Lage der erforderlichen Besichtigungsöffnungen können außerdem fertigungstechnische Gesichtspunkte maßgebend sein. Z. B. kann eine wurzelseitige Gegenschweißung an schlecht zugänglichen Teilen von Mannlöchern oder Kopflöchern aus notwendig sein (siehe Bild 27b).



Legende  
1 Mannloch  
2 Kopfloch

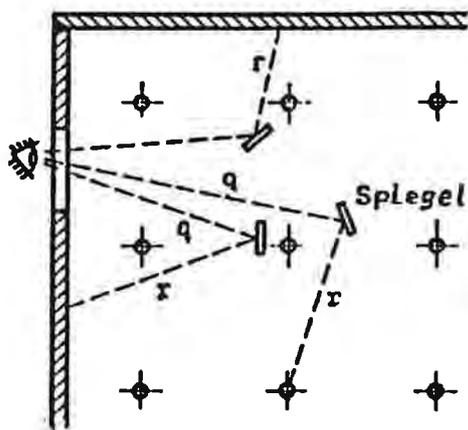
Bild 27 a



Legende  
1 Kopfloch 220 mm x 320 mm

Bild 27 b

- 12.2.3 Die je nach Prüfkategorie vorhandenen Besichtigungsbereiche sind in Bild 26 schematisch dargestellt. Sie sind unter Berücksichtigung des Blickwinkels mit Hilfe eines Spiegels festgelegt worden. Für zu besichtigende Flächen, die annähernd senkrecht zur Blickrichtung angeordnet sind, kann auch bei Besichtigung mit einem Spiegel die Prüfkategorie 1 für Entfernungen bis 1.000 mm als erfüllt angesehen werden (siehe Bilder 26 und 28).



Besichtigungsanforderung	Sehstrahl $s = q + r$
1	= 1000
2	= 1300
3	= 1600

Bild 28 Berücksichtigung des Blickwinkels mit Hilfe eines Spiegels

12.2.4 Bei im Scheitelbereich befahrbaren Kesseln, die im Bereich der Verbindungen Kesselmantel – Kesselboden, Flammrohr – Kesselboden und der Wendekammer entsprechend den Anforderungen der DIN EN 12953-3 zu besichtigen sind, genügt es, Besichtigungsöffnungen im Kesselmantelbereich vorne und hinten vorzusehen. Bei Verdacht auf Schädigungen ist es möglich, über Endoskope und/oder Ultraschallprüfungen weitere Untersuchungen durchzuführen, wobei gegebenenfalls Teile des Kessels abisoliert werden müssen.

12.2.5 Für eine ausreichende Besichtigung müssen die Rohre so angeordnet sein, dass vor Kopflöchern ein liches Maß im Wasserraum von mindestens 250 mm vorhanden ist (siehe Bild 26).

12.2.6 Bei Schaulöchern wird der Besichtigungsbereich wesentlich durch das zur Verfügung stehende lichte Maß beeinflusst. Bei der Schaulochgröße 70 mm x 90 mm muss eine ausreichende Beleuchtungsmöglichkeit vorhanden sein (siehe Bild 26).

### 12.3 Anforderungen an das Befahren

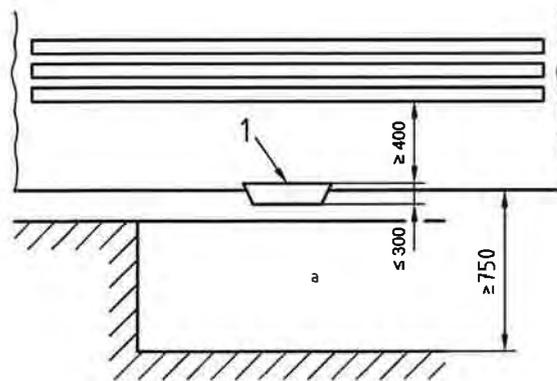
12.3.1 Befahren bedeutet, mit dem Körper/Oberkörper in den Innenraum des Kessels (Wasser-/Dampf-Raum) zu gelangen. Die Forderung der Befahrbarkeit besteht bei einem äußeren Kesselmanteldurchmesser  $d_{OM} > 1400$  mm oder wenn die Verankerung mittels Eckankern erfolgt. Das bedeutet nicht, dass die einzuhaltenden Besichtigungsanforderungen nach Tabelle 12-2 ausschließlich durch Befahren erfüllt sein müssen. Im Regelfall müssen dampf-/wasserseitig jedoch mindestens der obere Umfangsteil der Flammrohre sowie die Kesselteile, die im Bereich der betrieblichen Wasserspiegelschwankungen liegen, durch Befahren über die ganze Länge ausreichend besichtigt werden können.

12.3.2 Der durch das Befahren axial zur Verfügung stehende Raum muss mindestens einen Querschnitt haben, der mit der Kreisfläche bei einem Durchmesser von 600 mm vergleichbar ist.

Diese Forderung kann als erfüllt gelten, wenn der Raum eines eingeschriebenen Kreises von mindestens 500 mm Durchmesser (anstelle von 420 mm gemäß DIN EN 12953-3 Bild 43 e)) und anschließend keilförmige Räume, die eine ausreichende Bewegungsmöglichkeit gewährleisten, zur Verfügung stehen.

Beim Befahren der Kesselsohle oder Räumen innerhalb der Kesselmitte (z.B. nach DIN EN 12953-3 Bild 43 e)) genügt eine lichte Höhe von 400 mm zwischen Kesselmantel bzw. Mannlochring und benachbarten Bauteilen (z.B. Flammrohr, Rauchrohre; siehe Bild 29), wenn eine Breite eines keilförmigen Befahrraumes von mindestens 600 mm zur Verfügung steht.

Beim Befahren über Mannlöcher in der Sohle sollte entsprechender Platz unter der Revisionsöffnung sichergestellt werden.



#### Legende

1 Mannloch

a Tiefe der Teilung  $\geq 500$

**Bild 29** Befahren über ein unteres Mannloch

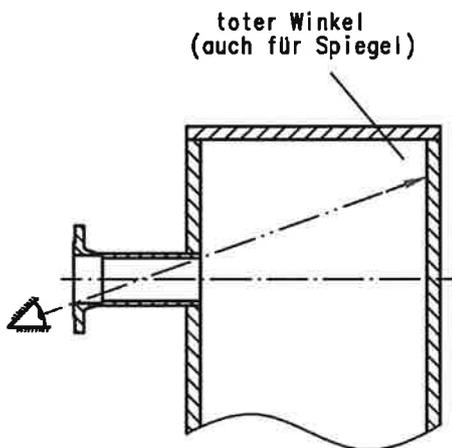
- 12.3.3 Falls ein Überwechseln von einem Befahrraum in einen anderen notwendig ist, genügt ein Durchschlupf, dessen Höhe an der engsten Stelle mindestens 300 mm beträgt (DIN EN 12953-3 Bild 43e). Weitere Durchschlupfmöglichkeiten zum gleichen Befahrraum sind nicht zwingend gefordert.

Das Bild 43 e) in DIN EN 12953-3 erläutert den Begriff „Durchschlupf“.

Die angegebenen Durchschlupfmöglichkeiten brauchen nicht gleichzeitig vorhanden zu sein.

- 12.4 Größe, Zugänglichkeit und Anordnung der Befahr- und Besichtigungsöffnungen

Befahr- und Besichtigungsöffnungen sind in der DIN EN 12953-3 Abschnitt 14.2 beschrieben. Darüber hinaus sind Besichtigungsstutzen (siehe Bild 30), z. B. bei Wasserkammern und Abhitzeke-seln möglich, wenn die Besichtigungsanforderung nach Abschnitt 12.1 erfüllt werden. Die Größe und Anordnung der Besichtigungsstutzen sind abhängig von der Besichtigungsmethode und den Stellen, die besichtigt werden müssen. Die allgemeinen Prüfkategorien nach Kapitel 12.2 müssen erfüllt sein.



**Bild 30** Besichtigungsstutzen

### 13 Betrieb von Großwasserraumkesseln

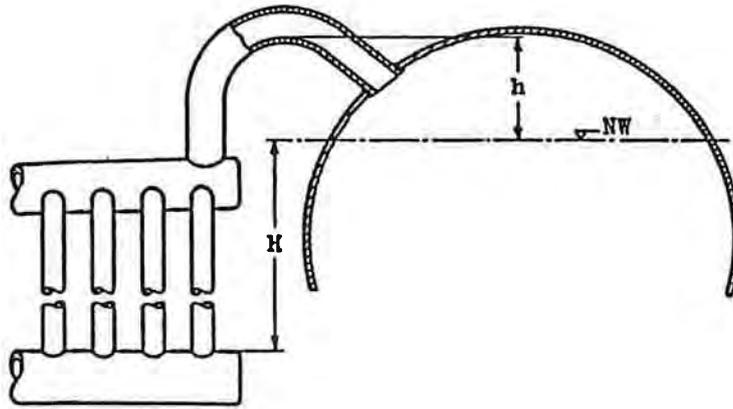
- 13.1 Temperaturunterschied zwischen Heißwasservorlauf und -rücklauf

Bei Heißwassererzeugern sollte der Temperaturunterschied zwischen Heißwasservorlauf und -rücklauf 50 K nicht übersteigen. Eine geringere Temperaturdifferenz ist hinsichtlich der Lebensdauer günstig.

Das Rücklaufwasser darf bei Eintritt nicht direkt auf das Flammrohr einwirken.

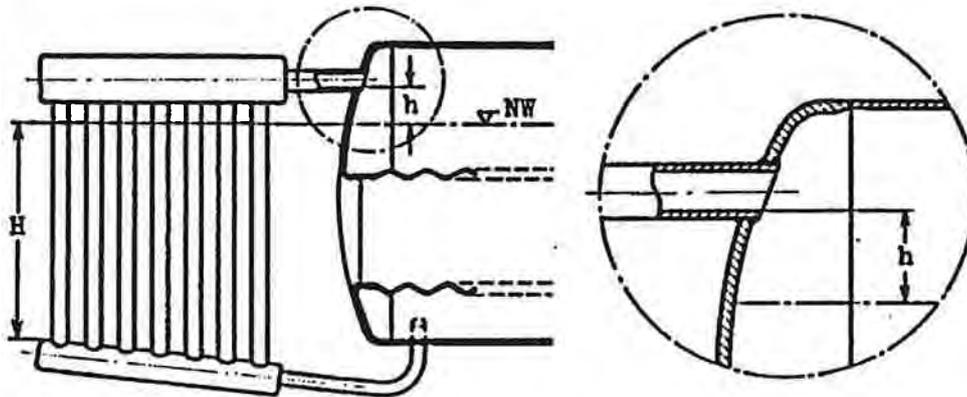
- 13.2 Anschluss von Vor- und Nachschaltssystemen

Als Überhub gilt der Abstand  $h$  zwischen NW und lichtem Punkt der Sohle des Überstromrohres. Der Überhub soll – bezogen auf die Höhe  $H$  zwischen dem tiefsten beheizten Punkt der Steigrohre und NW (siehe Bild 31) bzw. bei Rohren mit unterschiedlicher beheizter Höhe auf das Rohr mit der kleinsten beheizten Höhe bezogen (siehe Bild 32) – den Betrag von 10 % nicht überschreiten.



NW = niedrigster Wasserstand

**Bild 31** Überhub



NW = niedrigster Wasserstand

**Bild 32** Überhub

Anmerkung: Das Bild 32 legt nicht den am höchsten gelegenen Feuerzug fest, sondern erläutert lediglich den Begriff „Überhub“.

## 14 Konstruktionshinweise für Abhitzekessel ohne Flammrohr

### 14.1 Rohrböden und Rauchrohreinweißung

Die Rauchrohr-Boden-Verbindung an stark beheizten Wandungen soll entsprechend den Empfehlungen in der DIN EN 12953-3 bzw. FDBR/M KH 4 ausgeführt werden.

### 14.2 Besichtigungsanforderungen

#### 14.2.1 Besichtigungsanforderungen an Heißwassererzeugern

Bei Heißwassererzeugern, die ohne Verankerungen ausgeführt und weitgehend vollberohrt sind, kann auf die Einhaltung der Besichtigungsanforderungen nach Abschnitt 12 verzichtet werden, wenn im Bereich der Kesselsohle Handlöcher oder Stützen vorhanden sind, durch die eine Innenbesichtigung und ein Spülen der Kesselsohle möglich sind. Bei liegenden Wärmetauschern mit Blechen zur Strömungsumlenkung sind vorgenannte Öffnungen in jedem Abschnitt erforderlich.

#### 14.2.2 Besichtigungsanforderungen an Dampferzeugern

Der Dampfraum muss, sofern der lichte Kesseldurchmesser 1400 mm übersteigt oder die Verankerung im Dampfraum mittels Eckankern erfolgt, entsprechend Abschnitt 12 besichtigt werden können. Andernfalls genügt ein Handloch oder Kopfloch in der Nähe jedes Kesselbodens im Abstand gemäß DIN EN 12953-3.

Im Bereich der Kesselsohle muss mindestens ein Handloch in der Nähe jedes Kesselbodens im Abstand gemäß DIN EN 12953-3 vorhanden sein, durch das die stichprobenweise Besichtigung der Verbindung Kessel – Boden sowie der Kesselsohle ermöglicht wird.

#### 14.3 Rohrböden als Kesselböden

Vorgeschweißte Böden sind nicht zulässig.

#### 14.4 Schweißnahtausführung

Mantel-, Mantel-Boden- und Mantel-Stützen-Schweißnähte sind gegenzuschweißen. Auf ein Gegenschweißen darf aufgrund der Konstruktion z.B. an einer Rundnaht oder an der Verbindung zwischen „kalter“ Rohrplatte und Mantel verzichtet werden, wenn der Abhitzekessel nicht befahrbar sein muss.

#### 14.5 Betrieb von Abhitzekesseln

Abhitzehißwassererzeuger, die horizontal aufgestellt werden und Bleche zur Strömungsumlenkung enthalten sowie vertikale Abhitzehißwassererzeuger mit untenliegendem Vorlauf sind immer mit einer Strömungsüberwachung auszurüsten, die beim Ausfall der Umwälzpumpe bzw. bei ungenügender Durchströmung die Beheizung abschaltet.

**15 Zitierte Literatur**

- AD 2000-Merkblatt S 1 Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung, Ausgabe 2019-05
- AD 2000-Merkblatt S 2 Berechnung auf Wechselbeanspruchung, Ausgabe 2012-07
- AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Herstellung und Prüfung der Verbindungen – Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen, Ausgabe 2020-12
- BetrSichV Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
- DIN EN 10028-2 Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen – Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen, Ausgabe 2017-10
- DIN EN 12953-3 Großwasserraumkessel – Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Teile, Ausgabe 2016-12
- DIN EN 12953-4 Großwasserraumkessel – Teil 4: Verarbeitung und Bauausführung für drucktragende Teile, Ausgabe 2018-06
- DIN EN 12953-5 Großwasserraumkessel – Teil 5: Prüfung während der Herstellung, Dokumentation und Kennzeichnung für drucktragende Teile, Ausgabe 2020-05
- DIN EN 12953-9 Großwasserraumkessel – Teil 9: Anforderungen an Begrenzungseinrichtungen an Kessel und Zubehör, Ausgabe 2007-09
- DIN EN 12953-10 Großwasserraumkessel – Teil 10: Anforderungen an die Speisewasser- und Kesselwasserqualität, Ausgabe 2003-12
- DIN EN 13445-3 Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion, Ausgabe 2021-12
- DIN EN ISO 5817 Schweißen - Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2023), Ausgabe 2023-07
- FDBR-RL 6 (MK H 4) Richtlinie für die Gestaltung und Herstellung von Rohrfeldern in Flammrohr-Rauchrohrkesseln, Fassung 1999-08
- Richtlinie 2014/68/EU Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Har-

	monisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt
Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1201 (siehe Abschnitt 2)	Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 1201 Teil 2	Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck
Technische Regeln für Dampfkessel TRD 305	Ebene Wandungen, Verankerungen und Versteifungsträger, Fassung 1996-08
Technische Regeln für Dampfkessel TRD 604, Blatt 1	Betrieb von Dampfkesselanlagen der Gruppe IV ohne ständige Beaufsichtigung, Fassung 2000-09
V-DK-004	Richtlinie für Prüfungen im Rahmen der Betriebssicherheitsverordnung an Großwasserraumkesseln oder ähnlichen Bauarten und dazugehörigen Druckbehältern und Rohrleitungen, Ausgabe 2013-10
Young, Warren C., Roark's Formulas for Stress & Strain, McGraw Hill Book Company, New York, 6. Ausgabe (1989)	

## 16 **Abbildungsverzeichnis**

Bild 1, 2 b), 3 a), 3 b), 4, 8, 10, 17, 23	Viesmann
Bild 2 a), 6, 7 a), 7 b), 9, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25	VDK 2003/1, Viesmann
Bild 5	Viesmann
Bild 11, 12	TÜV-Verband
Bild 14, 15, 16, 26, 27 a), 27 b), 28, 29, 30, 31, 32	VDK 2003/1

## 17 **Frühere Vereinbarungen und Inkrafttreten**

Diese Vereinbarung ersetzt die Vereinbarung Dampfkessel V-DK 003:2011-04 und kann ab sofort für neue Produkte angewendet werden.

## Anhang A Approximationspolynome für Spannungsfaktoren k1 und k2

## A.1 Spannungsfaktor k1

$$k_1 = \sum_{i=0}^6 \alpha^i \cdot A(i)$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0030$$

$$A(0) = -1,0455807797E+03$$

$$A(2) = -2,5987515253E+01$$

$$A(4) = -2,2518135725E -02$$

$$A(6) = -1,1335563146E -06$$

$$A(1) = +3,1631809383E+02$$

$$A(3) = +1,0438984887E+00$$

$$A(5) = +2,5077309729E -04$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0035$$

$$A(0) = -1,2474637327E+03$$

$$A(2) = -2,5867899226E+01$$

$$A(4) = -2,1373858566E -02$$

$$A(6) = -1,0446977407E -06$$

$$A(1) = +3,2841840784E+02$$

$$A(3) = +1,0111213141E+00$$

$$A(5) = +2,3423011618E -04$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0040$$

$$A(0) = -1,2156166844E+03$$

$$A(2) = -2,2286778613E+01$$

$$A(4) = -1,7108513633E -02$$

$$A(6) = -7,9043070586E -07$$

$$A(1) = +2,9649014976E+02$$

$$A(3) = +8,3753454369E -01$$

$$A(5) = +1,8194442026E -04$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0045$$

$$A(0) = -8,5953239927E+02$$

$$A(2) = -1,4368390980E+01$$

$$A(4) = -9,4014150118E -03$$

$$A(6) = -3,7201833403E -07$$

$$A(1) = +2,0582780740E+02$$

$$A(3) = +4,9862260609E -01$$

$$A(5) = +9,2419680790E -05$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0050$$

$$A(0) = -9,6186327410E+02$$

$$A(2) = -1,4392356317E+01$$

$$A(4) = -9,1663361814E -03$$

$$A(6) = -3,5900707018E -07$$

$$A(1) = +2,1180963733E+02$$

$$A(3) = +4,9130942530E -01$$

$$A(5) = +8,9519536395E -05$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0055$$

$$A(0) = -7,9281903112E+02$$

$$A(2) = -1,0514872573E+01$$

$$A(4) = -5,5863051807E -03$$

$$A(6) = -1,7464833238E -07$$

$$A(1) = +1,6674185828E+02$$

$$A(3) = +3,2950992345E -01$$

$$A(5) = +4,9041307769E -05$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0060$$

$$A(0) = -5,8856454955E+02$$

$$A(2) = -6,2599155307E+00$$

$$A(4) = -1,6379488679E -03$$

$$A(6) = +3,3895644097E -08$$

$$A(1) = +1,1636696437E+02$$

$$A(3) = +1,5226106660E -01$$

$$A(5) = +3,8875511628E -06$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0065$$

$$A(0) = -4,3263876209E+02$$

$$A(2) = -3,3433839444E+00$$

$$A(4) = +7,1757253954E -04$$

$$A(6) = +1,4244255653E -07$$

$$A(1) = +7,9607107032E+01$$

$$A(3) = +3,8813495659E -02$$

$$A(5) = -2,1242308431E -05$$

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0070$   
 A (0) = -2,9283531491E+02  
 A (2) = -7,6617559651E -01  
 A (4) = +2,8537644789E -03  
 A (6) = +2,4562648493E -07  
 A (1) = +4,7124473255E+01  
 A (3) = -6,2376774324E -02  
 A (5) = -4,4535191581E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0075$   
 A (0) = -1,8674852297E+02  
 A (2) = +1,0358139502E+00  
 A (4) = +4,1816757728E -03  
 A (6) = +3,0226213169E -07  
 A (1) = +2,3210631378E+01  
 A (3) = -1,2918814704E -01  
 A (5) = -5,8145783889E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0080$   
 A (0) = -6,8797878623E+01  
 A (2) = +2,9506205940E+00  
 A (4) = +5,6148158728E -03  
 A (6) = +3,6570675892E -07  
 A (1) = -2,3385066800E+00  
 A (3) = -2,0050516505E -01  
 A (5) = -7,3075990024E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0085$   
 A (0) = +8,5128982216E+00  
 A (2) = +4,0968134755E+00  
 A (4) = +6,3389027941E -03  
 A (6) = +3,9194339249E -07  
 A (1) = -1,8693723809E+01  
 A (3) = -2,3990134847E -01  
 A (5) = -7,9923813104E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0090$   
 A (0) = +6,2488784268E+01  
 A (2) = +4,7763816051E+00  
 A (4) = +6,6117911779E -03  
 A (6) = +3,9333960829E -07  
 A (1) = -2,9583416931E+01  
 A (3) = -2,5946623954E -01  
 A (5) = -8,1503205401E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0095$   
 A (0) = +1,0442948718E+02  
 A (2) = +5,2010540983E+00  
 A (4) = +6,6534138173E -03  
 A (6) = +3,8315775623E -07  
 A (1) = -3,7487210862E+01  
 A (3) = -2,6847477785E -01  
 A (5) = -8,0500420353E -05

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0100$   
 A (0) = +1,3205150039E+02  
 A (2) = +5,3769608624E+00  
 A (4) = +6,4842902566E -03  
 A (6) = +3,6265382763E -07  
 A (1) = -4,2246981081E+01  
 A (3) = -2,6761885991E -01  
 A (5) = -7,7178308096E -05

## A.2 Spannungsfaktor $k_2$

$$k_2 = \sum_{i=0}^6 \alpha^i \cdot A(i)$$

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0030$   
 A (0) = -1,6034683846E+01  
 A (2) = -1,1016883026E -01  
 A (4) = -7,5698212413E -05  
 A (6) = -3,5307061580E -09  
 A (1) = +3,2779433914E+00  
 A (3) = +3,8159712785E -03  
 A (5) = +8,0387886570E -07

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0035$   
 A (0) = -1,5866779856E+01  
 A (2) = -1,0616029345E -01  
 A (4) = -7,1181935709E -05  
 A (6) = -3,2501826508E -09  
 A (1) = +3,0274641439E+00  
 A (3) = +3,6300276915E -03  
 A (5) = +7,4769606151E -07

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0040$   
 A (0) = -1,5844677754E+01      A (1) = +2,8650283422E+00  
 A (2) = -1,0537445929E -01      A (3) = +3,5831383793E -03  
 A (4) = -6,9794662977E -05      A (5) = +7,2728157363E -07  
 A (6) = -3,1342476739E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0045$   
 A (0) = -1,5926300161E+01      A (1) = +2,7644656878E+00  
 A (2) = -1,0751566768E -01      A (3) = +3,6945460670E -03  
 A (4) = -7,2890153660E -05      A (5) = +7,7013677569E -07  
 A (6) = -3,3675319130E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0050$   
 A (0) = -1,5836462438E+01      A (1) = +2,6526607675E+00  
 A (2) = -1,0659678816E -01      A (3) = +3,6656718512E -03  
 A (4) = -7,2417529168E -05      A (5) = +7,6607228117E -07  
 A (6) = -3,3537030653E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0055$   
 A (0) = -1,5791617334E+01      A (1) = +2,5545892557E+00  
 A (2) = -1,0436804977E -01      A (3) = +3,5461480948E -03  
 A (4) = -6,9207377919E -05      A (5) = +7,2340277590E -07  
 A (6) = -3,1310292900E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0060$   
 A (0) = -1,6101942234E+01      A (1) = +2,5579322856E+00  
 A (2) = -1,1055433250E -01      A (3) = +3,8247626617E -03  
 A (4) = -7,5945012327E -05      A (5) = +8,0648205092E -07  
 A (6) = -3,5418184288E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0065$   
 A (0) = -1,5668610781E+01      A (1) = +2,4024374541E+00  
 A (2) = -1,0163181170E -01      A (3) = +3,4247025142E -03  
 A (4) = -6,6445651896E -05      A (5) = +6,9219733323E -07  
 A (6) = -2,9947332530E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0070$   
 A (0) = -1,5803399481E+01      A (1) = +2,3811271489E+00  
 A (2) = -1,0370963137E -01      A (3) = +3,5031016741E -03  
 A (4) = -6,7936790288E -05      A (5) = +7,0511954497E -07  
 A (6) = -3,0299617745E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0075$   
 A (0) = -1,5951548275E+01      A (1) = +2,3762405822E+00  
 A (2) = -1,0721715755E -01      A (3) = +3,6687559586E -03  
 A (4) = -7,2066602229E -05      A (5) = +7,5693842927E -07  
 A (6) = -3,2880444131E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0080$   
 A (0) = -1,5952859487E+01      A (1) = +2,3385624876E+00  
 A (2) = -1,0693663597E -01      A (3) = +3,6475762863E -03  
 A (4) = -7,1342319245E -05      A (5) = +7,4525459581E -07  
 A (6) = -3,2168191548E -09

$e_{eM}/d_{0M} = 0,0085$   
 A (0) = -1,6239729941E+01      A (1) = +2,3738255026E+00  
 A (2) = -1,1325057346E -01      A (3) = +3,9472212957E -03  
 A (4) = -7,8953836407E -05      A (5) = +8,4357633945E -07  
 A (6) = -3,7239514632E -09

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0090$$

$$A(0) = -1,5834304966E+01$$

$$A(2) = -1,0380500875E -01$$

$$A(4) = -6,7717503669E -05$$

$$A(6) = -2,9999223106E -09$$

$$A(1) = +2,2457430195E+00$$

$$A(3) = +3,4996844261E -03$$

$$A(5) = +7,0066560465E -07$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0095$$

$$A(0) = -1,5842265207E+01$$

$$A(2) = -1,0461615527E -01$$

$$A(4) = -6,9327003075E -05$$

$$A(6) = -3,1368962393E -09$$

$$A(1) = +2,2254430759E+00$$

$$A(3) = +3,5515393101E -03$$

$$A(5) = +7,2458959988E -07$$

$$e_{eM}/d_{0M} = 0,0100$$

$$A(0) = -1,5866962677E+01$$

$$A(2) = -1,0493029602E -01$$

$$A(4) = -6,9545093311E -05$$

$$A(6) = -3,1413921603E -09$$

$$A(1) = +2,2067224355E+00$$

$$A(3) = +3,5630965322E -03$$

$$A(5) = +7,2641718063E -07$$

Köln, den 23.04.25

Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V.



Herr Staudt

Düsseldorf, den 5.5.25

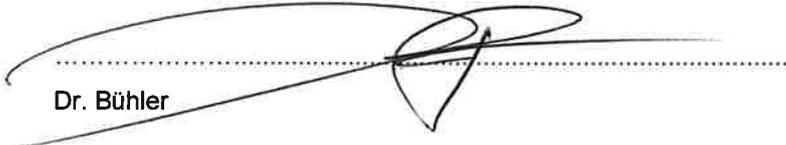
VAIS -Verband der Anlagentechnik und IndustrieService e. V.



Dr. Kestner

Berlin, den 15.5.2025

TÜV-Verband e. V.



Dr. Bühler

Essen, den 22.3.25

vgbe energy e. V.



Dr. Then