

DIN 2413

ICS 23.040.10

Ersatzvermerk
siehe unten**Nahtlose Stahlrohre für öl- und wasserhydraulische Anlagen –
Berechnungsgrundlage für Rohre und Rohrbögen bei schwellender
Beanspruchung**

Seamless steel tubes for oil- and water-hydraulic systems –
Calculation rules for pipes and elbows for dynamic loads

Tubes en acier sans soudure pour des systèmes hydrauliques d'huile et d'eau –
Règles de calcul pour tuyaux et coudes de tuyaux sous efforts dynamiques

Ersatzvermerk

Mit DIN EN 13480-3:2002-08 Ersatz für die 2002-08 zurückgezogene Norm DIN 2413-1:1993-10 und die 2002-08 zurückgezogene Norm DIN 2413-2:1993-10;
Ersatz für DIN 2445 Beiblatt 1:2000-09

Gesamtumfang 37 Seiten

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN
Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Einheiten, Symbole und Abkürzungen	6
4.1 Einheiten	6
4.2 Symbole und Abkürzungen	7
5 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren und Bögen gegen Innendruck.....	10
5.1 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren	10
5.1.1 Geltungsbereich.....	10
5.1.2 Berechnungsformeln	11
5.1.3 Werkstoffkennndaten	12
5.2 Berechnung der Wanddicken von Rohrbögen	12
5.2.1 Allgemeines	12
5.2.2 Erforderliche Wanddicke	13
5.2.3 Berechnung	13
5.2.4 Berechnung der Spannungen bei vorgegebenen Abmessungen	15
5.2.5 Berücksichtigung der Unrundheit bei schwellender Beanspruchung.....	17
6 Erläuterung zur Berechnung von Rohren nach Tabelle 3	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Berechnungsdruck	21
6.3 Zulässige Beanspruchung.....	22
6.3.1 Allgemeines	22
6.3.2 Geltungsbereich I, vorwiegend ruhend beansprucht bis 120 °C.....	23
6.3.3 Geltungsbereich III, schwellend beansprucht bis 120 °C.....	24
6.4 Berechnungstemperatur	27
6.5 Berücksichtigung des Druckstoßes	27
6.6 Zuschlag c	28
6.6.1 Allgemeines	28
6.6.2 Zuschlag c_1 zum Ausgleich der zulässigen Wanddicken-Unterschreitung	28
6.6.3 Zuschlag c_2 zur Berücksichtigung von Korrosion bzw. Abnutzung.....	28
6.7 Prüfdruck für das einzelne Rohr	29
7 Berechnungsgrundsätze für Rohre	29
7.1 Allgemeines	29
7.2 Zusatzbeanspruchungen	29
7.2.1 Allgemeines	29
7.2.2 Biegemomente aus Streckenlasten infolge Eigengewicht der Rohrleitung einschließlich Beschichtung, Auskleidung, Dämmung und Rohrinhalt, Wind- und Schneelasten, Ein- oder Aufbauten usw.	29
7.2.3 Biegemomente aus einer elastischen Krümmung der Rohrachse bei der Verlegung	30
7.2.4 Kräfte und Momente infolge behinderter Wärmedehnungen der Rohrleitung und dadurch entstehende Längsspannungen	30
7.2.5 Ungleichmäßige Temperaturverteilung über die Wanddicke.....	30
7.2.6 Biegemomente in Umfangsrichtung infolge Unrundheit.....	31
7.3 Äußerer Überdruck	31
7.4 Einteilung und Bewertung der Spannungen.....	31
7.4.1 Allgemeines	31
7.4.2 Bauteilfließkonzept.....	33
7.4.3 Vergleichsspannungen	33
7.4.4 Begrenzung der Spannungen.....	33
Literaturhinweise	34

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung des Rohrbogens mit Formelzeichen.....	12
Bild 2 — Minderung der Schwellfestigkeit von Rohrbögen mit unrundem Querschnitt	17
Bild 3 — B_I , B_A bei vorgegebenem Innendurchmesser.....	18
Bild 4 — B_I und B_A bei vorgegebenem Außendurchmesser	19
Bild 5 — Berechnungsbeiwert B für Rohrbögen gleicher Wanddicke ($s_{vi} = s_{va}$) mit Außendurchmesser = Nenndurchmesser.....	20
Bild 6 — Schwellfestigkeit nahtloser Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $d_a > 114,3$ mm Außendurchmesser.....	25
Bild 7 — Schwellfestigkeit nahtloser Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $d_a \leq 114,3$ mm. Güteeigenschaften nach DIN EN 10216-1 oder vergleichbaren Normen und Regelwerken.....	26

Tabellen

Tabelle 1 — Einheiten	6
Tabelle 2 — Symbole.....	7
Tabelle 3 — Ermittlung der rechnerischen Wanddicke s_v und des Prüfdruckes p'	10
Tabelle 4 — Mechanische Eigenschaften der betrachteten Werkstoffe	12
Tabelle 5 — Berechnung der Spannungen (Vergleichsspannungen nach der Schubspannungshypothese	16
Tabelle 6 — Grenzlasterpielzahlen für nahtlose Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $> 114,3$ mm (Ermittlung mit $SL = 10$ aus Bild 6)	22
Tabelle 7 — Grenzlasterpielzahlen für nahtlose Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $\leq 114,3$ mm Güteeigenschaften nach DIN EN 10216-1 oder vergleichbaren Normen und Regelwerken (Ermittlung mit $SL = 10$ aus Bild 7)	22

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 082-00-07 AA „Rohrverschraubungen“ im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) erarbeitet.

Mit der Veröffentlichung der DIN EN 13480-3 sind die bis dahin gültigen Ausgaben der DIN 2413-1 und DIN 2413-2 zurückgezogen worden. Die praktische Anwendung der DIN EN 13480-3 ergab, dass diese Norm für hydraulische Anlagen zu Wanddicken führen kann, die entsprechend langjähriger Erfahrungen zu groß sind. Die Festlegung einer anderen Berechnungsmethode wurde deshalb notwendig. Auf Basis der zurückgezogenen DIN 2413 wurde in Zusammenarbeit zwischen NA 082-00-07 AA und VDEh die vorliegende Norm erarbeitet.

Auch wenn sich die Ergebnisse einer Wanddickenberechnung nach Kapitel 5.2 in der Praxis nicht immer bestätigen, wurde der theoretische Ansatz der Vollständigkeit halber und sowie mangels anderer Alternativen beibehalten.

Änderungen

Gegenüber der 2002-08 zurückgezogenen Norm DIN 2413-1:1993-10, der 2002-08 zurückgezogenen Norm DIN 2413-2:1993-10 und DIN 2445 Beiblatt 1:2000-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Dokumente wurden zusammengefasst;
- b) der Anwendungsbereich wurde auf nahtlose Rohre und Rohrbögen aus Kohlenstoff- und nichtrostendem Stahl für öl- und wasserhydraulische Anlagen beschränkt, die nicht unter die Druckgeräterichtlinie 97/23/EG fallen;
- c) die Werkstoffkennwerte wurden geändert;
- d) Geltungsbereich II Rohrleitungen für vorwiegend ruhende Beanspruchung über 120 °C Berechnungstemperatur ist nicht mehr Gegenstand dieser Norm (siehe DIN EN 13480-3);
- e) der Inhalt wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 2413: 1927-01, 1936-09, 1954-05, 1966-06, 1972-06

DIN 2413-1: 1993-10

DIN 2413-2: 1993-10

DIN 2445 Beiblatt: 1974-11

DIN 2445 Beiblatt 1: 2000-09

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm DIN 2413 enthält die Grundlage für die Berechnung nahtloser Rohre und Rohrbögen aus Kohlenstoff- und nichtrostendem Stahl für öl- und wasserhydraulische Anlagen.

Sie ist gültig für Rohrleitungen, bei denen jede der drei nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

1. Zum Einbau in Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.
2. Für den Betrieb
 - a. mit Flüssigkeiten der Gruppe 2 nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG (DGRL) bei $DN \leq 200$ bei beliebigem Druck und bei $DN > 200$ und bei einem maximal zulässigen Druck (PS) ≤ 50 MPa (500 bar) oder
 - b. mit Gasen der Gruppe 2 nach DGRL bei $DN \leq 100$ oder $PS \cdot DN \leq 350$ MPa (3500 bar).
3. Für den Betrieb mit einer zulässigen maximalen Temperatur (TS) bis 120 °C.

ANMERKUNG Für Rohrleitungen, die die Bedingungen der Nummern 1 und 2 erfüllen, gilt der Ausschluss in Artikel 1, Absatz 3.6 der DGRL.

Sie gilt nicht für Rohrleitungen, die unter den Anwendungsbereich der Druckgeräterichtlinie fallen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN EN 10216-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10216-3, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen*

DIN EN 10216-5, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

DIN EN 10305-4, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Nahtlose kaltgezogene Rohre für Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen*

DIN EN 13480 (alle Teile), *Metallische industrielle Rohrleitungen*

AD 2000-Merkblatt B 0¹⁾, *Berechnung von Druckbehältern*

AD 2000-Merkblatt S 2¹⁾, *Berechnung auf Wechselbeanspruchung*

TRD 300:2001-08¹⁾, *Festigkeitsberechnung von Dampfkesseln*

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10277 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

TRD 301:1997-10¹⁾, *Zylinderschalen unter innerem Überdruck*

TRD 301 Anlage 1:1996-08¹⁾, *Berechnung auf Wechselbeanspruchung durch schwellenden Innendruck bzw. durch kombinierte Innendruck- und Temperaturänderungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG und nach den Normen der Reihe DIN EN 13480.

4 Einheiten, Symbole und Abkürzungen

4.1 Einheiten

Die in dieser Norm verwendeten Einheiten sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Einheiten

Größe	Einheit
Abmessungen	
Durchmesser, Wanddicke Radius	mm
Fläche	mm ²
Länge des Rohrleitungsabschnittes	m
Druck ^a	N/mm ²
Spannungen, Festigkeitskennwerte, Elastizitätsmodul	N/mm ²
Masse	kg
Dichte	kg/m ³
Zeit	s bzw. h
Geschwindigkeit	m/s
Temperatur	°C
Temperaturdifferenz	K
^a Für andere Druckeinheiten gilt: 1 N/mm ² = 1 MPa = 10 bar	

1) Siehe Seite 5

4.2 Symbole und Abkürzungen

Die in dieser Norm verwendeten Symbole sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 — Symbole

Symbole	Größe	Einheit
Rohre		
a	Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Druckwelle	m/s
$c = c_1 + c_2$	Zuschlag zur rechnerischen Wanddicke	mm
c_1	Zuschlag zum Ausgleich der zulässigen Wanddicken-Unterschreitung	mm
c_1'	Zulässige Wanddicken-Unterschreitung	%
c_2	Zuschlag für Korrosion bzw. Abnutzung	mm
d_a	Rohr-Außendurchmesser	mm
d_i	Rohr-Innendurchmesser	mm
l	Länge des Rohrleitungsabschnittes	m
n	Lastspielzahl (Anzahl der Druckwechsel), die im Betrieb zu erwarten ist	—
n_B	Lastspielzahl bis zum Bruch	—
N	Anzahl der Lastspiele bei Erreichen der Schwellfestigkeit	—
p	Berechnungsdruck	N/mm ²
p_k	kritischer Außendruck (elastisches Beulen)	N/mm ²
$\hat{p} - \overset{\vee}{p}$	Schwingbreite einer Druckschwingung	N/mm ²
p'	Prüfdruck	N/mm ²
Δp	Druckänderung durch Druckstoß	N/mm ²
r	Krümmungsradius der Mittellinie eines Rohrbogens	mm
s	erforderliche Wanddicke einschließlich Zuschläge	mm
s_v	rechnerische Wanddicke ohne Zuschläge	mm
$u = d_a/d_i$	Durchmesserverhältnis	—
w	Strömungsgeschwindigkeit	m/s
w_g	Temperatur-Änderungsgeschwindigkeit	K/h
A	Querschnittsfläche	mm ²
A	Bruchdehnung $(L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{s_0})$	%
B_p	Faktor zur Berücksichtigung der Dichtungskräfte in den Prüfpressen bei der Prüfung im Werk	—
B_u	Berechnungsbeiwert für unrunde Rohre	—
E	Elastizitätsmodul des Stahls	N/mm ²
K	Festigkeitskennwert	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_{eH}$	obere Streckgrenze (spezifizierter Mindestwert) bei 20 °C	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_{p\,0,2}$	0,2 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei 20 °C	—
$\overset{\vee}{R}_{t\,0,5}$	Dehngrenze bei 0,5 % gesamte Dehnung (spezifizierter Mindestwert) bei 20 °C	—
$\overset{\vee}{R}_{p\,1,0}$	1 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei 20 °C	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_{p\,0,2/\vartheta}$	Warmstreckgrenze bzw. 0,2 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_{p\,1,0/\vartheta}$	1 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbole	Größe	Einheit
$\checkmark R_{p\ 0,2/\vartheta}$	Warmstreckgrenze bzw. 0,2 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²
$\checkmark R_{p\ 1,0/\vartheta}$	1 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²
R_m	Zugfestigkeit	N/mm ²
$\checkmark R_m$	Zugfestigkeit (spezifizierter Mindestwert)	N/mm ²
$\overline{R}_m/200\ 000/\vartheta$	Zeitstandfestigkeit für 200 000 h (Mittelwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²
$\overline{R}_m/100\ 000/\vartheta$	Zeitstandfestigkeit für 100 000 h (Mittelwert) bei Berechnungstemperatur ϑ	N/mm ²
S	Sicherheitsbeiwert	—
S_L	Lastspielsicherheit	—
S_K	Sicherheit gegen Einbeulen	—
T_R	Reflexionszeit bei Druckstoß	s
T_S	Schließzeit des Absperrorgans bzw. des Steuerorgans	s
U	Unrundheit	%
$Y = 1/S$	Nutzungsgrad	—
Y'	Nutzungsgrad der Mindest-Streckgrenze beim Innendruckversuch (Prüfdruck im Werk)	—
α_l	thermischer Längenausdehnungskoeffizient	1/K
ϑ	Berechnungstemperatur	°C
ν	Querkontraktionszahl	—
ρ	Dichte des Durchflusstoffes	kg/m ³
σ_{zul}	Zulässige Beanspruchung bei ruhender Belastung	N/mm ²
$\overline{\sigma}_{zul}$	Zulässige Beanspruchung bei schwellender Belastung	N/mm ²
σ_l	Längsspannung	N/mm ²
σ_r	Radialspannung	N/mm ²
σ_m	Mittelspannung	N/mm ²
$\checkmark \sigma_{Sch/D}$	Dauerschwellfestigkeit (Mindestwert)	N/mm ²
σ_{Schi}	äquivalente Schwellspannung	N/mm ²
$\checkmark \sigma_{Sch/n}$	Zeitschwellfestigkeit (Mindestwert)	N/mm ²
σ_u	Umfangsspannung	N/mm ²
σ_v	Vergleichsspannung	N/mm ²
Δr	Abweichung von der Kreisform	mm
Δw	Änderung der Strömungsgeschwindigkeit durch einen Regelvorgang (kann positiv oder negativ sein)	m/s
$\Delta \sigma$	Spannungsschwingbreite	N/mm ²
$\Delta \vartheta$	Temperaturänderung	K

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbole	Größe	Einheit	
Zusätzliche Symbole für Rohrbögen			
$c_{1\text{ B}}$	Zuschlag zum Ausgleich der zulässigen Wanddicken-Unterschreitung am Rohrbogen	mm	
d_i, d_a	Innen- bzw. Außendurchmesser des Rohrbogens	mm	
f_u	Minderungsfaktor für die Schwellfestigkeit bei unrunder Rohrbögen	—	
r, R	Krümmungsradien des Rohrbogens nach Bild 3	mm	
s_i	erforderliche Wanddicke der Bogeninnenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm	
s_a	erforderliche Wanddicke der Bogenaußenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm	
s_{ei}	ausgeführte Wanddicke der Bogeninnenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm	
s_{ea}	ausgeführte Wanddicke der Bogenaußenseite des Rohrbogens mit Zuschlägen	mm	
s_{vi}	Wanddicke der Bogeninnenseite ohne Zuschläge	(rechnerische Mindestwanddicke)	mm
s_{va}	Wanddicke der Bogenaußenseite ohne Zuschläge		mm
B_l	Berechnungsbeiwert zur Ermittlung der Wanddicke der Bogeninnenseite	—	
B_A	Berechnungsbeiwert zur Ermittlung der Wanddicke der Bogenaußenseite	—	
B	Berechnungsbeiwert bei gleicher Wanddicke	—	
$\overline{\sigma}_l$	mittlere Spannung der Bogeninnenseite	N/mm ²	
$\overline{\sigma}_A$	mittlere Spannung der Bogenaußenseite	N/mm ²	
$\sigma_{l,i}$	Spannung an der Bogeninnenseite, Wandinnenseite, siehe Bild 3	N/mm ²	
$\sigma_{A,i}$	Spannung an der Bogenaußenseite, Wandinnenseite, siehe Bild 3	N/mm ²	
Nebenzeichen			
$\wedge$	Maximalwert (z. B. $\hat{p}$ = Maximaldruck)	—	
$\vee$	Minimalwert (z. B. $\overset{\vee}{p}$ = Minimaldruck)	—	
$\overline{}$	Mittelwert (z. B. $\overline{\sigma}$ = mittlere Spannung)	—	
$\sim$	wechselnd (z. B. $\sim$ = wechselnde Beanspruchung)	—	

5 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren und Bögen gegen Innendruck

5.1 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren

5.1.1 Geltungsbereich

Die angegebenen Formeln zur Berechnung der Wanddicke gegen Innendruck gelten für Rohre mit Kreisquerschnitt ohne Ausschnitte bis zu einem Durchmesser Verhältnis $u = d_a/d_i = 2,0$ für folgende Geltungsbereiche:

I Rohrleitungen für vorwiegend ruhende Beanspruchung bis 120 °C Berechnungstemperatur²⁾

III Rohrleitungen für vorwiegend schwellende Beanspruchung bis 120 °C Berechnungstemperatur³⁾

Für die einzelnen Geltungsbereiche sind die anzuwendenden Formeln zur Berechnung der rechnerischen Wanddicke s_v in Tabelle 3 enthalten, für Werkstoffkennwerten siehe Tabelle 4.

Tabelle 3 — Ermittlung der rechnerischen Wanddicke s_v und des Prüfdruckes p'

Geltungs- bereich	Rechnerische Wanddicke s_v mm	Fertigkeits- kennwert K N/mm ²	Sicherheitsbeiwert S bzw. Nutzungsgrad Y für Rohre mit ohne ^a Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204				
			A^C	S	Y	S	Y
$\sigma_{zul} = K/S = y \cdot k$							
I vorwiegend ruhend beansprucht	$s_v = \frac{d_a \cdot p}{2 \sigma_{zul}} \quad (1)$ $= \frac{d_i}{\frac{2 \sigma_{zul}}{p} - 2} \quad (2)^e$	Streckgrenze bzw. 0,2 %-Dehngrenze bzw. Dehngrenze für 0,5 % Gesamtdehnung Mindestwerte bei 20 °C ^{b, d} Ausnahme siehe 6.3.1	$\geq 25 \%$ = 20 % = 15 %	1,5 1,6 1,7	0,67 0,63 0,59	1,7 1,75 1,8	0,59 0,57 0,55
			Für erdverlegte Rohrleitungen in Gebieten ohne besondere zusätzliche Beanspruchung gilt:				
			$\geq 25 \%$ = 20 % = 15 %	1,4 1,5 1,6	0,72 0,67 0,63	1,7 1,75 1,8	0,59 0,57 0,55
III schwellend beansprucht Die Berechnung wird durchgeführt gegen Verformen und gegen Zeitschwingbruch . Die größere rechnerische Wanddicke s_v ist zu wählen.	a) Berechnung gegen Verformen: nach Gleichung (1) und (2)	Siehe Geltungsbereich I	siehe Geltungsbereich I				
	b) Berechnung gegen Zeitschwingbruch bzw. Dauerbruch bei konstanter Schwingbreite:	$\tilde{\sigma}_{zul}$ siehe 6.3.4 Zeitschwellfestigkeit $\vee$ $\sigma_{Sch/n}$	—	siehe 6.3.1 und 6.3.4 $S_L = 2$ bis 10		—	—
	$s_v = \frac{d_a}{\frac{2 \tilde{\sigma}_{zul}}{p - p} - 1} \quad (3)$ $\quad \quad \quad \wedge \quad \vee$ $\quad \quad \quad p - p$ Bei unterschiedlichen Schwingbreiten siehe 6.3.4.3	Dauerschwellfestigkeit $\vee$ $\sigma_{Sch/D}$	—	1,5	0,67	—	—
Prüfdruck p' in der Prüfpresse N/mm ²	$p' = B_p \cdot Y' \cdot R_{eH} \cdot \frac{2(s - c_1)}{d_a} \quad (4)$						
Gilt für das einzelne Rohr. 6.7 ist zu beachten.							

2) Bei Wandtemperaturen unter – 10 °C sind die Zähigkeitseigenschaften der Stähle besonders zu beachten. Es sind dann bevorzugt Stähle mit besonderen Kaltzähigkeitseigenschaften zu verwenden.
Angaben über Stähle für tiefe Temperaturen siehe DIN EN 10216-3, DIN EN 10216-4,
Regelung über die Anwendung bei tiefen Temperaturen siehe AD 2000-Merkblatt W 10.

3) Für höhere Temperaturen siehe TRD 301 Anlage 1 oder AD 2000-Merkblatt S 2.

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Geltungs- bereich	Rechnerische Wanddicke s_v mm	Fertigkeits- kennwert K N/mm ²	Sicherheitsbeiwert S bzw. Nutzungsgrad Y für Rohre				
			mit		ohne ^a		
			Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204				
$\sigma_{zul} = K/S = y \cdot k$			A^c	S	Y	S	Y
^a Ohne Abnahmeprüfzeugnis dürfen nur Rohre aus unlegierten Werkstoffen bis 550 N/mm² Mindestzugfestigkeit und aus austenitischen Werkstoffen mit einer Bruchdehnung von $A \geq 40$ % vorgesehen werden. ^b Als Streckgrenze sind die in den jeweiligen Normen, Regelwerken, Werkstoffblättern oder Spezifikationen angegebenen Werte einzusetzen, gegebenenfalls ist zu interpolieren. Bei Berechnungstemperaturen unter 20 °C gelten die Werte für 20 °C (siehe 6.3.2). ^c Bruchdehnung mit $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ Zwischenwerte dürfen linear interpoliert bzw. bei kleineren Dehnungen als 15 % extrapoliert werden. ^d Bei austenitischen Stählen darf unter bestimmten Voraussetzungen an Stelle von $\overset{\vee}{R_p 0,2}$ mit $\overset{\vee}{R_p 1,0}$ und an Stelle von $\overset{\vee}{R_p 0,2 / 9}$ mit $\overset{\vee}{R_p 1,0 / 9}$ gerechnet werden (siehe 6.3.2). ^e Gleichung (2) ist die mathematische Umwandlung von Gleichung (1) und führt zu dem gleichen Ergebnis, wenn $d_a = d_i + 2 s_v$ ist. Das Gleiche gilt für die Gleichung (4) gegenüber (3) und die Gleichung (6) gegenüber (5).							

5.1.2 Berechnungsformeln

Die erforderliche Wanddicke beträgt

$$s = s_v + c_1 + c_2 \quad (5)$$

Sie ergibt sich aus der rechnerischen Wanddicke s_v nach Tabelle 3, dem Zuschlag c_1 zur Berücksichtigung der zulässigen Waddicken-Unterschreitung (siehe 6.6.2) und dem Zuschlag c_2 für Korrosion bzw. Abnutzung (siehe 6.6.3). Sofern die zulässige Waddicken-Unterschreitung mit c_1' in % angegeben ist, beträgt die erforderliche Wanddicke

$$s = (s_v + c_2) \frac{100}{100 - c_1'} \quad (6)$$

5.1.3 Werkstoffkennndaten

Tabelle 4 — Mechanische Eigenschaften der betrachteten Werkstoffe

Werkstoff		Wandstärke	Festigkeitskennwert K	R_m	$A_{5 \text{ min}}$
Werkstoffnummer (Kurzname)	nach Norm	mm	N/mm ²	N/mm ²	%
1.0308+N (E235+N)	DIN EN 10305-4	$d_a \leq 30 \text{ mm},$ $s \leq 3 \text{ mm}$	$R_{eH} = 225$	340	25
		übrige Abmessungen	$R_{eH} = 235$		
1.0580+N (E355+N)	DIN EN 10305-4	$d_a \leq 30 \text{ mm},$ $s \leq 3 \text{ mm}$	$R_{eH} = 345$	490	22
		übrige Abmessungen	$R_{eH} = 355$	490	22
1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2)	DIN EN 10216-5	$d_a \leq 50 \text{ mm}$	$R_{eH} = 245$	490	35

5.2 Berechnung der Wanddicken von Rohrbögen

5.2.1 Allgemeines

Die Berechnungsregel berücksichtigt, dass bei Innendruckbeanspruchung ein Rohrbogen an der Bogeninnenseite höhere und an der Bogenaußenseite niedrigere Spannungen aufweist, als ein gerades Rohr gleicher Wanddicke und gleichen Durchmessers.

Die Bezeichnungen am Rohrbogen sind in Bild 1 angegeben.

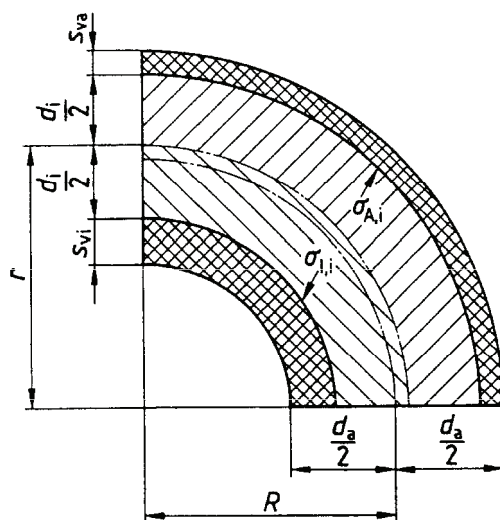


Bild 1 — Schematische Darstellung des Rohrbogens mit Formelzeichen