

DIN 2413**DIN**

ICS 23.040.10

Einsprüche bis 2005-07-31
Ersatzvermerk
siehe unten**Entwurf****Nahtlose Stahlrohre für schwellende Beanspruchung –
Berechnungsgrundlage für Rohre und Rohrbögen**Stainless steel tubes for dynamic loads –
Design rules for pipes and elbowsTubes en acier sans soudre pour efforts dynamics –
Règles de calcul**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nard@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN (Hausanschrift: Kamekestr. 8, 50672 Köln).

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

ErsatzvermerkVorgesehen als Ersatz für DIN 2445 Beiblatt 1:2000-09;
vorgesehen als teilweiser Ersatz für die 2002-08 zurückgezogene Norm DIN 2413-1:1993-10 und die 2002-08 zurückgezogene Norm DIN 2413-2:1993-10

Gesamtumfang 39 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	6
4 Einheiten, Symbole und Abkürzungen	6
4.1 Einheiten	6
4.2 Symbole und Abkürzungen.....	6
5 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren und Bögen gegen Innendruck	9
5.1 Berechnung der Wanddicken von geraden Rohren	9
5.1.1 Geltungsbereich.....	9
5.1.2 Berechnungsformeln	11
5.1.3 Werkstoffkenndaten.....	12
5.2 Berechnung der Wanddicken von Rohrbögen.....	13
5.2.1 Allgemeines	13
5.2.2 Erforderliche Wanddicke.....	13
5.2.3 Berechnung	14
5.2.4 Berechnung der Spannungen bei vorgegebenen Abmessungen.....	16
5.2.5 Berücksichtigung der Unrundheit bei schwellender Beanspruchung	18
6 Erläuterung zur Berechnung von Rohren nach Tabelle 3	22
6.1 Allgemeines	22
6.2 Berechnungsdruck	22
6.3 Zulässige Beanspruchung	23
6.3.1 Allgemeines	23
6.3.2 Geltungsbereich I, vorwiegend ruhend beansprucht bis 120° C	24
6.3.3 Geltungsbereich II, vorwiegend ruhend beansprucht über 120 °C	25
6.3.4 Geltungsbereich III, schwellend beansprucht bis 120 °C	26
6.4 Berechnungstemperatur	28
6.5 Berücksichtigung des Druckstoßes.....	28
6.6 Zuschlag c	29
6.6.1 Allgemeines	29
6.6.2 Zuschlag c_1 zum Ausgleich der zulässigen Wanddicken-Unterschreitung	29
6.6.3 Zuschlag c_2 zur Berücksichtigung von Korrosion bzw. Abnutzung	30
6.7 Prüfdruck für das einzelne Rohr.....	30
7 Berechnungsgrundsätze für Rohre	31
7.1 Allgemeines	31
7.2 Zusatzbeanspruchungen.....	31
7.2.1 Allgemeines	31
7.2.2 Biegemomente aus Streckenlasten infolge Eigengewicht der Rohrleitung einschließlich Beschichtung, Auskleidung, Dämmung und Rohrinhalt, Wind- und Schneelasten, Ein- oder Aufbauten usw.....	31
7.2.3 Biegemomente in Umfangsrichtung aus Erd- und Verkehrslasten bei eingeeordneten Rohren	31
7.2.4 Biegemomente aus einer elastischen Krümmung der Rohrachse bei der Verlegung.....	31
7.2.5 Kräfte und Momente infolge behinderter Wärmedehnungen der Rohrleitung und dadurch entstehende Längsspannungen.....	31
7.2.6 Ungleichmäßige Temperaturverteilung über die Wanddicke	32
7.2.7 Biegemomente in Umfangsrichtung infolge Unrundheit	32
7.3 Äußerer Überdruck	33
7.4 Einteilung und Bewertung der Spannungen	33
7.4.1 Allgemeines	33

	Seite
7.4.2 Bauteilfließkonzept	34
7.4.3 Vergleichsspannungen	35
7.4.4 Begrenzung der Spannungen	35
Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung des Rohrbogens mit Formelzeichen	13
Bild 2 — Minderung der Schwellfestigkeit von Rohrbögen mit unrundem Querschnitt	18
Bild 3 — B_I , B_A bei vorgegebenem Innendurchmesser	19
Bild 4 — B_I und B_A bei vorgegebenem Außendurchmesser	20
Bild 5 — Berechnungsbeiwert B für Rohrbögen gleicher Wanddicke ($s_{vi} = s_{va}$) mit Außendurchmesser = Nenndurchmesser	21
Bild 6 — Schwellfestigkeit nahtloser Stahlrohre $> 114,3$ mm Außendurchmesser	27
Bild 7 — Schwellfestigkeit nahtloser Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $d_a \leq 114,3$ mm. Güteeigenschaften nach DIN 1630, DIN EN 10208-2 oder vergleichbaren Normen und Regelwerken.	27

Tabellen

Tabelle 1 — Einheiten	6
Tabelle 2 — Symbole	6
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)	17
Tabelle 6 — Grenzlastspielzahlen für nahtlose Stahlrohre (Ermittlung mit $S_L = 10$ aus Bild 6, 6.3.4)	23
Tabelle 7 — Grenzlastspielzahlen für nahtlose Stahlrohre mit einem äußeren Durchmesser $\leq 114,3$ mm Güteeigenschaften nach DIN 1630, DIN EN 10208-2 oder vergleichbaren Normen und Regelwerken (Ermittelt mit $S_L = 10$ aus Bild 7, 6.3.4)	23

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NARD-7 „Rohrverschraubungen“ im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) erarbeitet.

Mit der Veröffentlichung der DIN EN 13480-3 waren die früheren 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 Wandstärken führen kann, die entsprechend langjähriger Erfahrungen zu groß sind. Die Festlegung einer anderen Berechnungsmethode, neben den in DIN EN 13480-3:2002-08, 12.4 angeführten DIN EN 12953-3 und DIN ISO 10763 festgelegten, ist deshalb notwendig. Hierzu wurde ein Arbeitsausschuss aus Stahlinstitut VDEh und NARD-7 gebildet, um eine Restnorm auf Basis der DIN 2413 zu erstellen.

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 Bbl 1:2000-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Normen wurden zusammengefasst;
- b) der Anwendungsbereich wurde auf nahtlose Rohre und Rohrbögen aus Kohlenstoff- und nichtrostendem Stahl für öl- und wasserhydraulische Anlagen beschränkt;
- c) die Werkstoffkennwerte wurden geändert;
- d) der Inhalt wurde redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Restnorm DIN 2413 enthält die Grundlage für die Berechnung nahtloser Rohre und Rohrbögen aus Kohlenstoff- und nichtrostendem Stahl für öl- und wasserhydraulische Anlagen. Abweichend zur DIN EN 13480-3 gilt die DIN 2413 nur für die Rohrenndurchmesser bis DN 200 bei beliebigen Druck und für DN > 200 bei einem maximal zulässigen Druck $PS \leq 50 \text{ MPa}$ (500 bar).

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 1630:1984-10, *Nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen* — Technische Lieferbedingungen

DIN 2460, *Stahlrohre für Wasserleitungen*

DIN 17458, *Nahtlose kreisförmige Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen für besondere Anforderungen* — Technische Lieferbedingungen

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse* — Arten von Prüfbescheinigungen (enthält Änderung 1:1995)

DIN EN 10208-2, *Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien* — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre der Anforderungsklasse B

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 10217-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10305-1, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Nahtlose kaltgezogene Rohre*

DIN EN 10305-2, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Geschweißte und kaltgezogene Rohre*

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 300¹⁾, *Festigkeitsberechnung von Dampfkesseln*

TRD 301¹⁾, *Zylinderschalen unter innerem Überdruck*

TRD 301 Anlage 1¹⁾, *Berechnung auf Wechselbeanspruchung durch schwellenden Innendruck bzw. durch kombinierte Innendruck- und Temperaturänderungen*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe 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	

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 Waddicken-Unterschreitung	mm
c_1'	Zulässige Waddicken-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	—

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbole	Größe	Einheit
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	—
v_N	Wertigkeit der Längs- bzw. Schraubenlinien-Schweißnaht (Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung)	—
w	Strömungsgeschwindigkeit	m/s
w_v	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 Prüfpresen 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
$\overset{\vee}{R}_{p\,0,2/v}$	Warmstreckgrenze bzw. 0,2 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur v	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_{p\,1,0/v}$	1 %-Dehngrenze (spezifizierter Mindestwert) bei Berechnungstemperatur v	N/mm ²
$\overset{\vee}{R}_m$	Zugfestigkeit (spezifizierter Mindestwert)	N/mm ²
$\bar{R}_{m/200\,000/v}$	Zeitstandfestigkeit für 200 000 Stunden (Mittelwert) bei Berechnungstemperatur v	N/mm ²
$\bar{R}_{m/100\,000/v}$	Zeitstandfestigkeit für 100 000 Stunden (Mittelwert) bei Berechnungstemperatur v	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)	—

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbole	Größe	Einheit	
α_l	thermischer Längenausdehnungskoeffizient	1/K	
ν	Berechnungstemperatur	°C	
ν	Querkontraktionszahl	—	
κ	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	
$\overset{\vee}{\sigma}_{Sch/D}$	Dauerschwellfestigkeit (Mindestwert)	N/mm ²	
$\overset{\vee}{\sigma}_{Sch/n}$	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	
$\Delta \nu$	Temperaturänderung	K	
Zusätzliche Symbole für Rohrbögen			
c_{1B}	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	

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbole	Größe	Einheit
$\sigma_{A,i}$	Spannung an der Bogenaußenseite, Wandinnenseite, siehe Bild 3	N/mm ²
Nebenzeichen		
$\wedge$	Maximalwert (z. B. $\hat{p}$ = Maximaldruck)	—
$\vee$	Minimalwert (z. B. $\check{p}$ = Minimaldruck)	—
$\bar{}$	Mittelwert (z. B. $\bar{\sigma}$ = mittlere Spannung)	—
$\sim$	wechselnd (z. B. $\tilde{\sigma}$ = 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⁾
- II Rohrleitungen für vorwiegend ruhende Beanspruchung über 120 °C Berechnungstemperatur
- 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 nahtlose Rohre ist bei der Berechnung $\nu_N = 1,0$ zu setzen.

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 — Ermittlung der rechnerischen Wanddicke s_v und des Prüfdruckes p'

Geltungs- bereich	Rechnerische Wanddicke s_v	Fertigkeits- kennwert K	Sicherheitsbeiwert S bzw. Nutzungsgrad Y für Rohre				
				mit		ohne ^a	
	mm	N/mm ²		Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204			
$\sigma_{zul} = K/S = y \cdot k$			A^C	S	Y	S	Y
I vorwiegend ruhend bean- sprucht bis 120 °C	$s_v = \frac{d_a \cdot p}{2 \sigma_{zul} \cdot \nu_N} \quad (2a)$	Streckgrenze bzw. 0,2 %- Dehngrenze bzw. Dehngrenze für 0,5 % Gesamtdehnung Mindestwerte bei 20 °C ^{b, d} Ausnahme siehe 6.3.1	≥ 25 %	1,5	0,67	1,7	0,59
	$= \frac{d_i}{\frac{2 \sigma_{zul}}{p} \cdot \nu_N - 2} \quad (2b)^e$		= 20 %	1,6	0,63	1,75	0,57
			= 15 %	1,7	0,59	1,8	0,55
			Für erdverlegte Rohrleitungen in Gebieten ohne besondere zusätzliche Beanspruchung gilt:				
			≥ 25 %	1,4	0,72	1,7	0,59
			= 20 %	1,5	0,67	1,75	0,57
			= 15 %	1,6	0,63	1,8	0,55
II vorwiegend ruhend bean- sprucht über 120 °C	$d_a / d_i \leq 1,67 :$	1. 0,2 %-Dehngrenze bei Be- rechnungstemperatur ^{b, d} $\checkmark$ $R_{p\,0,2/\nu}$	—	1,5	—	1,7	—
	$s_v = \frac{d_a}{\frac{2 \sigma_{zul}}{p} \cdot \nu_N + 1} \quad (3a)$						
	$= \frac{d_i}{\frac{2 \sigma_{zul}}{p} \cdot \nu_N - 1} \quad (3b)$	2. Zeitstandfestigkeit $R_{m/200\,000/\nu}$ (Mindestwert) Der niedrigste Wert für σ_{zul} ist in die Rechnung einzusetzen. Ausnahmen zu 2. siehe 6.3.3	—	1,0	—	—	—
	$1,67 < d_a / d_i \leq 2,0 :$						
	$s_v = \frac{d_a}{\frac{3 \sigma_{zul}}{p} \cdot \nu_N - 1} \quad (3c)$						
	$= \frac{d_i}{\frac{3 \sigma_{zul}}{p} \cdot \nu_N - 3} \quad (3d)$						
III schwellend bean- sprucht bis 120 °C. Die Berechnung wird durchgeführt gegen Verformen und gegen Zeit- schwingbruch. Die größere rechnerische Wanddicke s_v ist zu wählen.	a) Berechnung gegen Verformen: nach Gleichung (2)	Siehe Geltungsbereich I	siehe Geltungsbereich I				
	b) Berechnung gegen Zeit- schwingbruch bzw. Dauerbruch bei konstanter Schwingbreite: $s_v = \frac{d_a}{\frac{2 \tilde{\sigma}_{zul}}{p - p} - 1} \quad (4)$ Bei unterschiedlichen Schwing- breiten siehe 6.3.4.3	$\tilde{\sigma}_{zul}$ siehe 6.3.4 Zeitschwellfestigkeit $\checkmark$ $\sigma_{Sch/n}$	—	siehe 6.3.1 und 6.3.4 $S_L = 2$ bis 10		—	—
		Dauerschwellfestigkeit $\checkmark$ $\sigma_{Sch/D}$	—	1,5	0,67	—	—
Prüfdruck p' in der Prüfpresse N/mm ²	$p' = B_p \cdot Y' \cdot \checkmark \cdot R_{eH} \frac{2(s - c_1) \cdot \nu_N}{d_a} \quad (5)$ Gilt für das einzelne Rohr. 6.7 ist zu beachten.						

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 $\overset{\vee}{R_p} 0,2/\overset{\vee}{v}$ mit $\overset{\vee}{R_p} 1,0/\overset{\vee}{v}$ gerechnet werden (siehe 6.3.2 und 6.3.3). ^e Gleichung (2b) ist die mathematische Umwandlung von Gleichung (2a) und führt zu dem gleichen Ergebnis, wenn $d_a = d_i + 2 s_v$ ist. Das Gleiche gilt für die Gleichung (3b) gegenüber (3a) und die Gleichung (3d) gegenüber (3c).							

5.1.2 Berechnungsformeln

Die erforderliche Wanddicke beträgt

$$s = s_v + c_1 + c_2 \quad (1)$$

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 6.6.2). Sofern die zulässige Waddicken-Unterschreitung mit c_1 in % angegeben ist, beträgt die erforderliche Wanddicke

$$s = (s_v + c_2) \frac{100}{100 - c_1} \quad (1a)$$

5.1.3 Werkstoffkennndaten

Tabelle 4 — Mechanische Eigenschaften der betrachteten Werkstoffe

Werkstoff	Festigkeitskennwert K			R_m	$A_{5 \text{ min}}$	S^a	Dauerschwellfestigkeit σ_{sch} bzw. zulässige Beanspruchung $\sigma_{zul} = \sigma_{sch}/S^2$		
	N/mm ²			N/mm ²	%	—	N/mm ²		
1.0581 (St 52.4)	DIN 1630:1984-10	$s \leq 16 \text{ mm}$ $16 < s \leq 40 \text{ mm}$ $40 < s < 65 \text{ mm}$	$R_{eH} = 355$ $R_{eH} = 345$ $R_{eH} = 335$	500	21	1,58	Bild 6 und Bild 7	$d_a \leq 114,3 \text{ mm}$ $d_a > 114,3 \text{ mm}$	$\sigma_{zul} = 230/1,5 = 153$ $\sigma_{zul} = 155/1,5 = 103,3$ (warmgewalzte Rohre)
1.0255 (St 35 NBK) (St 37 NBK) (St 37-4 NBK)??	DIN EN 10305-1	$d_a \leq 30 \text{ mm}$, $s \leq 3 \text{ mm}$ übrige Abmessungen	$R_{eH} = 225$ $R_{eH} = 235$	340	25	1,5	6.2.3	—	$\sigma_{zul} = 225/1,5 = 150$ (Präzisionsstahlrohre)
1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2)	DIN 17458	...	...	...	...	...	...	...	...
^a Sicherheitsbeiwert gegen Verformen nach Tabelle 3 ^b Sicherheitsbeiwert gegen Zeitschwing- bzw. Dauerbruch nach 6.3.4.2, $S = 1,5$									

— Entwurf —