
Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen	13
1 Planungsgrundlagen	17
1.1 Allgemeines	17
1.2 Rohrleitungen innerhalb der Druckgeräterichtlinie (DGRL)	19
1.2.1 Allgemeines	19
1.2.2 Einstufung des Druckgerätes	19
1.2.3 Konformitätsbewertungsverfahren	20
1.2.4 Gefahrenanalyse	25
1.2.5 Betriebsanleitung	25
1.2.6 Anzuwendendes Regelwerk	26
1.2.7 Werkstoffe	26
1.2.8 Dauerhafte Verbindungen (Schweißen)	27
1.2.9 Zerstörungsfreie Prüfung	27
1.2.10 Prüfungen und Abnahmen	27
1.2.11 Dokumentation	27
1.2.12 CE-Kennzeichnung	28
1.2.13 Konformitätserklärung	29
1.3 Betriebssicherheitsverordnung	29
1.3.1 Prüfung vor Inbetriebnahme	29
1.3.2 Wiederkehrende Prüfungen	30
1.4 Fließbilder	30
1.4.1 Bildzeichen für Anlagensysteme	30
1.4.2 Bezeichnung von Anlagenelementen	40
1.4.3 Bildzeichen für die gerätetechnische Darstellung	42
1.4.4 Fließbildausführung	44
2 Kennzeichnung und Abmessungen von Rohrleitungselementen	51
2.1 Rohrherstellung	51
2.1.1 Geschichtliche Entwicklung	51
2.1.2 Nahtlose Rohre	51
2.1.2.1 Schrägwalz-Pilgerschrittverfahren	51
2.1.3 Geschweißte Rohre	53
2.1.3.1 Pressgeschweißte Rohre	53
2.1.3.2 Schmelzgeschweißte Rohre	54
2.2 DN-Kenngrößensystem (Nennweite)	56
2.3 Rohre	56
2.4 Formstücke zum Einschweißen	64
2.4.1 Rohrbögen	67
2.5 PN-Kenngrößensystem (Nenndruck)	111
2.5.1 Begriffe	111
2.6 Rohrleitungsverbindungen	113
2.6.1 Flanschverbindungen	113
2.6.2 Flansche	113
2.6.2.1 Grundregeln für die Berechnung der Flanschverbindungen	114
2.6.2.2 Maße	115
2.6.2.3 Dichtflächen	115
2.6.2.4 Bestimmung der Druck-Temperatur-Zuordnung	132
2.6.3 Dichtungen	148
2.6.4 Schrauben und Muttern	149

2.6.5	Schraubverbindung	153
2.6.5.1	Schraubverbindungen mit Abdichtungen im Gewinde	154
2.6.5.2	Rohrverschraubungen	155
2.6.6	Schweißverbindungen	155
2.6.6.1	Konstruktive Gestaltung	155
2.6.6.2	Schweißverfahren	160
2.6.6.3	Abgrenzung und Kombination üblicher Schweißverfahren	160
2.6.6.4	Anpassen der Innendurchmesser für Rundnähte von Verbindungen an nahtlosen Rohren	162
2.6.6.5	Schweißenden an Armaturen	162
3	Rohrverlegung	165
3.1	Rohrdehnung	165
3.2	Natürlicher Rohrdehnungsausgleich	168
3.2.1	Vereinfachte Grundsysteme	168
3.2.1.1	Einfacher Winkelbogen	171
3.2.1.2	Gleichschenkliger Z-Bogen	173
3.2.1.3	Symmetrischer Umbogen	173
3.2.1.4	U-Bogen-Dehnungsausgleicher	174
3.2.1.5	Vorspannung	177
3.2.2	Dehnung eines beliebig geformten Systems	177
3.2.3	Elastizität ebener Rohrsysteme	179
3.2.4	Verformung gebogener Rohre	183
3.2.4.1	Rohrbogen-Verformung	183
3.2.4.2	Bogenrohre	184
3.2.5	Berechnungsgang	185
3.2.5.1	Ebene Systeme	185
3.2.5.2	Räumliche Systeme	192
3.2.6	Spannungsermittlung	193
3.2.7	Berechnung der Rohrschenkellänge nach der Spannung-Index-Methode	200
3.2.7.1	Annahmekriterien	200
3.2.7.2	Zulässige Spannungen	208
3.2.8	Elastizitätskriterium von Rohrsystemen	208
3.3	Künstlicher Dehnungsausgleich	213
3.3.1	Kompensatoren	213
3.3.1.1	Axial-Kompensatoren	213
3.3.1.2	Gelenk-Kompensatoren	222
3.3.1.3	Gelenk-Kompensatoren (Lateral-Kompensatoren)	223
3.3.2	Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	224
3.3.2.1	Nicht entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	224
3.3.2.2	Entlasteter Stopfbuchsen-Dehnungsausgleicher	225
3.4	Rohrabstützungen und Befestigungen	226
3.4.1	Stützweiten	226
3.4.2	Rohrbefestigungen	239
3.4.3	Rohrunterstützungen	243
3.4.4	Rohraufhängungen	248
3.4.4.1	Federnde Aufhängungen	248
3.4.4.2	Konstant-Federhänger	249
3.4.5	Festpunkte	251
3.4.6	Dimensionierung von Haltetraversen	251
3.5	Rohrleitungsschwingungen	252
3.5.1	Stoßbremsen und Gelenkstreben	254
3.5.2	Beurteilung von Rohrleitungsschwingungen	254
3.5.2.1	Schwingungsentstehung infolge stationärer Strömung	255
3.5.2.2	Wirbelablösungen an Rohreinbauten	255
3.5.2.3	Druckstöße	255
3.5.2.4	Druckpulsationen	255

3.5.2.5	Fremdanregung	255
3.5.2.6	Berechnung der Wechsellastspannung	255
3.5.2.7	Zulässige Spannung	257
3.6	Rohrleitungen aus Kunststoff	258
3.6.1	Rohrverlegung	260
3.6.2	Biegeschenkellänge L_A	261
3.6.3	Aufnahme der Längenänderung durch Kompensatoren	261
3.7	Spannungsanalyse	262
3.7.1	Spannungen aufgrund ständig wirkender Lasten	262
3.7.2	Spannungen aufgrund gelegentlich oder außergewöhnlich wirkender Lasten	262
3.7.3	Spannungsschwingbreite aufgrund Wärmedehnung und wechselnder Sekundärlasten	262
3.7.4	Zusätzliche Bedingungen für den Zeitstandsbereich	262
3.7.5	Spannungen aufgrund einmaliger Verschiebung von Rohrhalterungen	262
3.8	CAE in der Rohrleitungstechnik	263
3.8.1	CAD-unterstützte Rohrleitungsplanung	263
3.8.1.1	Rohrklassenbezogene Verrohrung	263
3.8.1.2	Armaturen	264
3.8.1.3	Rohrhalterungen	264
3.8.1.4	Zeichnungsableitungen und Auswertungen	264
3.8.2	Rechnergestützte Analyse	264
3.8.2.1	Nennweiten und Wanddicken	265
3.8.2.2	Druckverlustberechnung	265
3.8.2.3	Modellierung	266
3.8.2.4	Lastfalldefinition	266
3.8.2.5	Berechnung	266
3.8.2.6	Ergebnisse und Dokumentation der Druckverlustberechnung	267
3.8.2.7	Optimierung und Anpassung der Berechnung	268
3.8.3	Elastizitätsberechnung	268
3.8.3.1	Modellierung	269
3.8.3.2	Lastfalldefinition	269
3.8.3.3	Berechnung	270
3.8.3.4	Ergebnisse und Dokumentation	270
3.8.3.5	Optimierung und Systemanpassung	271
3.8.3.6	Geltungsbereich und Berechnungsgrenzen	271
4	Strömungstechnik	273
4.1	Wahl der Strömungsgeschwindigkeit und des Rohrrinnendurchmessers	273
4.2	Druckabfallberechnung	275
4.2.1	Inkompressible Medien (Flüssigkeiten)	275
4.2.2	Kompressible Medien (Gase und Dämpfe)	278
4.3	Feststofftransport	278
4.3.1	Gemische aus Gas und Feststoff (pneumatische Förderung)	278
4.3.1.1	Wahl der Transportgasgeschwindigkeit	278
4.3.1.2	Druckabfall	280
4.3.2	Gemisch aus Flüssigkeit und Feststoff (hydraulische Förderung)	282
4.4	Rohrkennlinie (Anlagenkennlinie)	284
4.5	Kennlinien von Rohrsystemen	285
4.5.1	Hintereinandergeschaltete Rohrleitungen	285
4.5.2	Parallel geschaltete Rohrleitungen	288
4.5.3	Beliebig geschaltete Rohrleitungen	292
4.6	Anwendungsgleichungen und Diagramme für die Druckverlustberechnung	293
4.6.1	Basisgleichung der Druckverlustberechnung	293
4.6.2	Bezugssysteme	295
4.6.2.1	Gleichwertige Rohrleitungslängen der ζ -Werte	295

4.6.2.2	Rohrleitungen in ζ -Werte umformen	295
4.6.2.3	Druckverluste in ζ -Werte umformen	295
4.6.2.4	ζ -Wert-Ermittlung bei k_v -Wert-Vorgabe bei Armaturen	295
4.6.2.5	Druckverlustberechnung mittels Bezugsquerschnitt	299
4.6.3	Randbedingungen	299
4.6.3.1	Strömungszustand (Gase und Flüssigkeiten)	299
4.6.3.2	Maximale Strömungsgeschwindigkeit (Gase)	299
4.6.3.3	Kavitationserscheinungen (Flüssigkeiten)	301
4.6.4	Anwendungsgleichungen	301
4.6.4.1	Wasserleitungen	301
4.6.4.2	Luftleitungen	301
4.6.4.3	Leistungsbedarf für die Überwindung des Druckverlustes	304
5	Temperatordämmung	307
5.1	Dämmstoffe	307
5.1.1	Schaumstoffe	307
5.1.2	Fasermaterialien	309
5.1.2.1	Mineralfasern	309
5.1.2.2	Keramikfasern	310
5.1.3	Metallfolien	310
5.1.4	Hilfsmaterialien	310
5.2	Unterkonstruktion	310
5.3	Äußere Verkleidung	311
5.4	Ausführungen	312
5.4.1	Ausführung für Wärmedämmung	312
5.4.2	Ausführung für Kälte­dämmung	319
5.5	Bemessung der Dämmdicken	319
5.5.1	Wärme­verlustberechnung	319
5.5.2	Temperaturabfall im Rohr	322
5.5.3	Wirtschaftliche Dämmdicke	322
5.5.4	Minimal zulässige Dämmdicke (Berührungsschutz)	326
5.5.5	Ungedämmte Stellen im System	326
5.6	Kondensatanfall in Rohrleitungen	330
5.7	Schutz vor Taupunkt-Temperaturunterschreitung	331
6	Bauvorschriften und Prüfungen	333
6.1	Herstellung von Rohrleitungen aus Stahl	333
6.1.1	Anforderungen an Schweißverbindungen	335
6.2	Rohrleitungskennzeichnung	345
7	Konstruktions- und Planungsrichtlinien	347
7.1	Projektbearbeitungsschema	347
7.2	Auslegung	348
7.2.1	Lastfälle	348
7.2.2	Berechnung	348
7.2.3	Planungsabstände, Zwischenräume	348
7.2.4	Maßtoleranzen	349
7.2.5	Rohrleitungshalterungen	350
7.2.6	Rohrleitungsunterstützungen	351
7.2.7	Flanschverbindungen	351
7.2.8	Druckhaltende Ausrüstungsteile	352
7.2.9	Rohrleitungen an Pumpen und anderen Maschinen	352
7.2.10	Dampf- und Kondensatleitungen	352
7.2.11	Druckluft- und Steuerluftleitungen (getrocknete Luft mit 4,0...6,0 bar Überdruck)	353
7.2.12	Mantelrohrleitungen	353
7.2.13	Dokumentation, Protokolle, Prüfungen	353

7.3	Typische Konstruktionsrichtlinien	354
7.3.1	Entlüftungen	354
7.3.2	Entleerungen	355
7.3.3	Kondensatableitung	355
7.3.4	Sicherheits-Abblaseeinrichtungen	355
7.3.5	Warmgehende Rohrleitungen	355
7.3.6	Kaltgehende Rohrleitungen	357
7.3.7	Begleitheizung	357
7.4	Anschlüsse an Aggregaten und Apparaten	359
7.4.1	Kraft- und Arbeitsmaschinen	359
7.4.2	Apparate	359
7.5	Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR)	361
7.5.1	Regelarmaturen	361
7.5.2	Messstellen	361
7.6	Rohrleitungsverlegung	361
7.6.1	Verlegung im Gebäude	361
7.6.2	Verlegung auf einer Rohrbrücke	362
7.7	Druckanstieg bei Wärmeeinwirkung auf eine eingeschlossene Flüssigkeit	363
7.8	Kondensatableitung	363
8	Kostenermittlung	371
8.1	Preiskalkulation	371
8.2	Vorausbestimmung der Montagedauer	372
9	Zusammenfassung der wichtigsten Gleichungen	375
	Literaturverzeichnis	381
	Stichwortverzeichnis	383

Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen

Die nachfolgenden wichtigsten Zeichen werden nach Möglichkeit grundsätzlich angewendet, wobei Abweichungen von diesen Formelzeichen jeweils bei den entsprechenden Gleichungen oder Bildern genannt sind. Nach Möglichkeit wurde versucht, die in den technischen Regelwerken bereits eingeführten Zeichen zu verwenden.

Formelzeichen	Bedeutung	Einheiten	Bemerkung
A	Fläche	mm ²	
B	Brennstoffmenge	kg	
\dot{B}	Brennstoffstrom	kg/s	
C	Strahlungskonstante	W/(m ² · K ⁴)	
C_s	Strahlungskonstante des schwarzen Körpers	W/(m ² · K ⁴)	$C_s = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
D	Durchmesser	mm	
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²	
E	Energie	J	
F	Kraft	N	
Fr	Froude-Zahl	–	$Fr = \frac{\bar{w}}{\sqrt{d_i \cdot g}}$
G	Gewichtskraft	N	$G = m \cdot g$
H	Höhe	m	
H	Förderhöhe, Verlusthöhe	m	
H_A	Anlagehöhe	m	
H_u	Heizwert, spezifisch	J/kg	
I	Flächenträgheitsmoment	mm ⁴	
I_x	Linienträgheitsmoment	mm ³	
I_{xy}	Linienzentrifugalmoment	mm ³	
$I_{x,s}$	Linienträgheitsmoment	mm ³	bezogene auf Schwerachse
$I_{xy,s}$	Linienzentrifugalmoment	mm ³	bezogene auf Schwerachse
K	Festigkeitskennwert	N/mm ²	
K	Kármán-Faktor	–	
K	Kosten	€/...	
K_w	Wärmepreis	€/GJ	
L	Länge	mm	
ΔL	Längenänderung	mm	
M	Moment	N · m	$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$
M_b	Biegemoment	N · m	
M_x	Linienmoment	m ²	bezogen auf x -Achse
O	Oberfläche	mm ²	
P	Leistung	W	
Q	Wärmemenge	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$
\dot{Q}	Wärmestrom	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
R	Radius	mm	

14 Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung	Einheiten	Bemerkung
R	Gaskonstante, spezifisch	$J/(kg \cdot K)$	$Re = \frac{\bar{w} \cdot d_i}{\nu}$
Re	Reynolds-Zahl	–	
R	Strömungs-Widerstand	kg/m^7	
S	Sicherheitsbeiwert	–	
T	Temperatur, thermodynamisch	K	
U	Umfang	mm	
V	Volumen	m^3	
\dot{V}	Volumenstrom	m^3/s	
V	Vorspannung	%	
W	Widerstandsmoment	mm^3	
W	Arbeit	J	
a	Beschleunigung	m/s^2	
a	Abstand zwischen 2 Festpunkten	mm	
b	Breite	mm	
c	Wärmekapazität, spezifisch	$J/(kg \cdot K)$	
c	Federkoeffizient	N/mm	
c_1	Zuschlag zum Ausgleich der zulässigen Wanddicken-Unterschreitung	mm	
c_1'	Zul. Wanddicken-Unterschreitung	%	
c_2	Zuschlag für Korrosion bzw. Abnutzung	mm	
d	Durchmesser	mm	
d_a	Außendurchmesser	mm	
d_i	Innendurchmesser	mm	
e	Schwerpunkt Abstand	mm	
f	Faktor	–	
g	Fallbeschleunigung	m/s^2	$g_n \approx 9,81 \text{ m/s}^2$
h	Höhe, Abstand	mm	
h	Enthalpie	J/kg	
Δh_v	Verdampfungsenthalpie, spezifisch	J/kg	
i	Trägheitsradius	mm	
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$	
k	Rauigkeitshöhe	mm	
k	Heizmittelkosten, spezifisch	€/kg	
l	Länge	mm	
m	Masse	kg	
\dot{m}	Massenstrom	kg/s	
n	Drehzahl	1/s	
n	Wellenzahl am Kompensator	–	$1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$
P	Druck	bar	
Δp	Druckabfall	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$
\dot{q}	Wärmestromdichte	W/m^2	
r	Radius	mm	
s	Weglänge, Wanddicke	mm	
s_v	rechnerische Wanddicke ohne Zuschläge	mm	
t	Zeit	s	
v	Volumen, spezifisch	m^3/kg	$v = 1 / \rho$
w	Geschwindigkeit	m/s	

Formelzeichen	Bedeutung	Einheiten	Bemerkung
\bar{w}	mittlere Strömungsgeschwindigkeit	m/s	
w_s	Sinkgeschwindigkeit	m/s	
α	Winkel	–	
α	Wärmeübergangskoeffizient	W/(m ² · K)	
$\bar{\beta}_L$	Längenausdehnungskoeffizient	1/K	
ε	Dehnung	–	$\varepsilon = \Delta L / L$
ζ	Widerstandsbeiwert	–	
η	Wirkungsgrad	–	
η	dynamische Viskosität	Pa · s	
ϑ	Temperatur, Celsius	°C	
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz	K	$\vartheta = T - T_0$ $T_0 = 273,15 \text{ K}$
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)	
λ	Schlankheitsgrad	–	
λ_B	Rohrbogenkoeffizient	–	
λ_D	Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen	W/(m · K)	
λ	Rohrreibungszahl	–	
μ	Reibungszahl	–	$\mu = F_R / F_N$
μ_o	Haftreibungszahl	–	
μ_{pn}	Materialaufladung bei pneumatischer Förderung	–	
μ_h	Volumenverhältnis bei hydraulischer Förderung	–	
ν	kinematische Viskosität	m ² /s	$\nu = \eta / \rho$
ν	Querkontraktionszahl	–	$\nu = 0,3$ für Stahl
ρ	Dichte	kg/m ³	
σ	Spannung	N/mm ²	
σ_l	Spannung in Längsrichtung	N/mm ²	
σ_u	Spannung in Umfangsrichtung	N/mm ²	
σ_r	Spannung in Radialrichtung	N/mm ²	
σ_{zul}	zulässige Beanspruchung bei ruhender Belastung	N/mm ²	
$\tilde{\sigma}_{zul}$	zulässige Beanspruchung bei schwellender Belastung	N/mm ²	
σ_B	Zugfestigkeit	N/mm ²	
σ_s	Streckgrenze bei 20 °C	N/mm ²	
$\sigma_{0,2}$	0,2%-Dehngrenze bei 20 °C	N/mm ²	
$\sigma_{Sch/D}$	Dauerschwellfestigkeit	N/mm ²	
$\sigma_{Sch/n}$	Zeitschwellfestigkeit	N/mm ²	
σ_v	Vergleichsspannung (Anstrengung)	N/mm ²	
σ_1	1%-Dehngrenze bei 20 °C	N/mm ²	
$\check{\sigma}_{0,2/\vartheta}$	Warmstreckgrenze bzw. 0,2%-Dehngrenze bei ϑ	N/mm ²	Mindestwert
$\check{\sigma}_{1/\vartheta}$	1%-Dehngrenze bei ϑ	N/mm ²	Mindestwert
$\bar{\sigma}_{B/2 \cdot 10^5}$	Zeitstandfestigkeit für 200 000 Stunden bei ϑ	N/mm ²	Mittelwert
$\bar{\sigma}_{B/10^5}$	Zeitstandfestigkeit für 100 000 Stunden bei ϑ	N/mm ²	Mittelwert
$\bar{\sigma}_{1/10^5}$	1%-Zeitdehngrenze für 100 000 Stunden bei ϑ	N/mm ²	Mittelwert
σ_{prop}	Spannung an der Proportionalgrenze	N/mm ²	

16 Bedeutung der wichtigsten Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung	Einheiten	Bemerkung
σ_K	Knickspannung	N/mm ²	
τ	Schubspannung, Scherspannung	N/mm ²	
φ	Winkel	-	
ψ	Winkel	-	
Vorzeichen			
Δ	Differenz		
d	differentiell		
δ	partiell		
Σ	Summe		
$\exp(\dots) = e^{(\dots)}$	Exponentialfunktion		
Diakritische Zeichen (Kopfzeiger)			
-	Mittelwert		
·	auf die Zeit bezogene Größe		
^	maximal		
v	minimal		
~	wechselnd		
Indizes			
a	außen		
a	Austritt		
e	Eintritt		
e	Ende		
ges	gesamt		
h	hydraulisch		
i	innen		
l	längs		
n	Normzustand		
r	radial		
res	resultierende Kraft		
u	Umfang		
ü	Überdruck		
x-	Richtung		
y-	Richtung		
z-	Richtung		
zul	zulässig		
D	Dichtung, Dämmstoff		
Fl	Flüssigkeit		
H	horizontale Richtung		
K	Konvektion		
L	Bezug auf Länge, laminar		
Str	Strahlung		
T	Turbulent		
V	vertikale Richtung, Vergleich		
ϑ	Bezug auf Temperatur		
0	Anfangswert		
1	Anfang, Eingang		
2	Ende, Ausgang		
∞	unendlich		

1 Planungsgrundlagen

1.1 Allgemeines

Rohrleitungsanlagen (Bild 1.1) dienen vorwiegend der Verbindung von Erzeugungsstätten mit Verbrauchersystemen und können je nach Anwendungszweck in 2 Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Produktionsleitungen und
- Transportleitungen.

Die Rohrleitungen selbst haben hierin die Aufgabe, das Fluid (Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Feststoffe) zu führen und fortzuleiten. Bei Produktionsleitungen handelt es sich um Leitungen, die innerhalb einer Produktionsstätte benötigt werden, und bei Transportleitungen (Pipelines) dienen diese zum Transport des Mediums über größere Entfernungen.

Ein wesentliches Merkmal von Rohrleitungsanlagen ist auch die Verlegungsart, ob diese im Erdboden eingebettet oder frei verlegt sind.

Sobald Rohrleitungen auch durch das Medium eine andere Temperatur als die Umgebungstemperatur annehmen können, sind besonders die möglichen **Längenänderungen** bei der Planung und Ausführung zu berücksichtigen. Zusätzlich ist hierbei erforderlichenfalls ein Wärme- bzw. Kälteschutz durch Anbringung einer Dämmung vorzusehen.

Es sind bei Planung und Bau von Rohrleitungen neben den speziell dafür geltenden Normen auch andere Regeln, Richtlinien, Arbeits- oder Merkblätter zu beachten, die sich mit den zu verbindenden Anlagen oder Einrichtungen befassen und von verschiedenen



Bild 1.1 Anlagenbau – Innenaufstellung [Quelle: heat11]

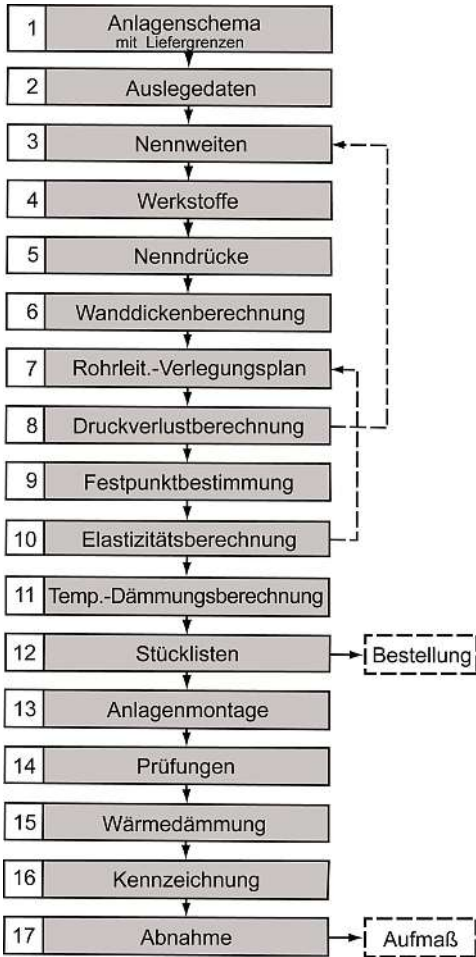


Bild 1.2
Planungs- und Bauablauf eines
Rohrleitungssystems

Verbänden und Körperschaften aufgestellt wurden.

Allgemein kann der Planungsablauf eines Rohrleitungssystems gemäß Bild 1.2 wie folgt beschrieben werden, wobei zu beachten ist, dass je nach Genauigkeit und geforderter Wirtschaftlichkeit einzelne Größen durch Iterationsrechnung bestimmt werden müssen.

1. Auf der Grundlage des erforderlichen Verfahrensablaufs wird ein Anlagenschema einschließlich der Rohrleitungsorgane und

Messstellen angefertigt (nach DIN EN ISO 10628 und DIN 19227).

2. Für die einzelnen Rohrleitungsstränge werden die Auslegedaten, wie Medium, Förderstrom, Druck und Temperatur, festgelegt.
3. Mit Hilfe der wirtschaftlichen Geschwindigkeit und des Förderstromes wird der Rohrrinnendurchmesser bzw. die Nennweite (DN) in ihrer Abstufung (nach DIN EN ISO 6708 ermittelt).
4. Rohrwerkstofffestlegung aus Medium, Druck und Temperatur, wobei berücksichtigt werden muss, dass bestimmte Vorschriften oder Normen Beachtung finden z.B. DIN EN 13480-2.
5. Bestimmung des Nenndruckes (PN) der Rohrstränge aus Werkstoff, Druck und Betriebstemperatur (nach DIN EN 1333).
6. Wanddickenberechnung von Rohr- und Formstücken aus Druck, Temperatur, Werkstoff und Korrosionseinfluss sowie nach Herstellungsgüte, s. «Festigkeitsberechnungen im Apparate- und Rohrleitungsbau» [3.1]
7. Mit Hilfe der Maßzeichnungen der Rohrleitungsteile, wie Pumpen, Armaturen usw., sowie dem Anlagen-Lageplan wird ein Rohrleitungsplan erstellt, wobei Dämmdicken, Bedienbarkeit von Geräten und Mindestabstände zu Nachbarrohren, Wänden usw. berücksichtigt werden müssen.
8. Berechnung der Druckverluste und gegebenenfalls Änderung primär der Rohrmennweite bzw. Änderung der Rohrverlegung.
9. Festlegung der systembedingten Festpunkte, wie z.B. Großaggregate und Strömungsmaschinen.
10. Elastizitätsberechnung des Rohrleitungssystems, wobei eventuell hierdurch der Rohrplan nochmals geändert werden muss.
11. Dämm- und Wärmeverlustberechnung, z.B. nach DIN EN ISO 12241, wobei Mindestdämmdicken wegen Berührungsschutz bzw. Brandgefahr berücksichtigt werden müssen.
12. Erstellung von Stücklisten und Bestellung der Bauteile.
13. Anlagenmontage, wobei zuerst Transportmaße und Einbringungsmöglichkeiten berücksichtigt werden müssen.

14. Prüfungen nach DIN EN 13480-5.
15. Temperaturdämmung (Berechnung n. DIN EN ISO 12241, Ausführung z.B. nach DIN 4140).
16. Kennzeichnung des Rohrleitungssystems (vorzugsweise DIN EN 13480-4 u. DIN 2403).
17. Abnahme durch Betreiber und evtl. einer Abnahmebehörde sowie, wenn vereinbart wurde, Aufmaß der Anlage (z.B. nach VOB). Überarbeitung der Unterlagen nach dem Ist-stand.

1.2 Rohrleitungen innerhalb der Druckgeräterichtlinie (DGRL)

1.2.1 Allgemeines

Ein Druckgerät kann nach DGRL ein Behälter, eine Rohrleitung, ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion, ein druckhaltendes Ausrüstungsteil oder eine Baugruppe, also eine Zusammenfügung mehrerer Druckgeräte sein. Eine Rohrleitung dient der Durchleitung von Fluiden und verbindet Bauteile eines Drucksystems miteinander.

Das Rohrleitungssystem kann umfassen:

- ❑ Einzelteile ohne CE-Kennzeichnung (z.B. Rohre, Bögen, Formstücke, Flansche, Schrauben, Mutter, Dichtungen),
- ❑ Druckbehälter mit gesonderter CE-Kennzeichnung (z.B. Kompensatoren),
- ❑ Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, die eine gesonderte CE-Kennzeichnung tragen (z.B. Sicherheitsventile),
- ❑ sonstige Komponenten, die nicht druckbeaufschlagt sind, aber für den sicheren Betrieb der Rohrleitung unerlässlich sind (z.B. Rohrhalterungen).

Zur Rohrleitung gehören auch Anschweißungen und andere unlösbar angebrachte Teile wie integrale Halterungsanschlüsse, angeschweißte Rohrhalterungen, Halterungsnocken als Tragkonstruktion der Dämmung, Nocken für Gefällemessung, Aufschweißstutzen für Druck- und Temperaturmessung, Transportbefestigungen, Transportösen und angeschweißte Schilderhalter.

Ein Rohrleitungssystem ist definiert durch ein Fluid mit einem bestimmten Druck und einer zulässigen Temperatur, das für den vorgegebenen Verwendungszweck vorgesehen ist. Es beginnt, endet und wird unterbrochen

- ❑ am Stutzen oder hinter der Absperrarmatur einer Ausrüstung (z.B. Pumpe, Turbine),
- ❑ am Stutzen oder hinter der Absperrarmatur eines Druckbehälters,
- ❑ vor oder hinter einer Druckreduzierung ggf. kombiniert mit einer Temperaturreduzierung (z.B. an einer Umleitstation, Sicherheitsventil oder Kondensatableiter).

1.2.2 Einstufung des Druckgerätes

Fluidgruppe

Entsprechend Artikel 9 der DGRL ist die Fluidgruppe durch das später in dem Bauteil fließende bzw. befindliche Medium bestimmt. Die DGRL unterscheidet 2 Fluidgruppen (Tabelle 1.1):

- **Fluidgruppe 1:** gefährliche Fluide, die als explosionsgefährlich, hochentzündlich, leicht entzündlich, entzündlich (wenn die maximal zulässige Temperatur über deren Flammpunkt liegt), sehr giftig, giftig oder brandfördernd eingestuft werden,
- **Fluidgruppe 2:** weniger gefährliche und ungefährliche Fluide, also alle die, die nicht in die Fluidgruppe 1 eingruppiert werden.

Tabelle 1.1 Fluidgruppen

Fluidgruppe		Fluideigenschaften
1	gefährliche Fluide	explosionsgefährlich hochentzündlich leicht entzündlich entzündlich ¹⁾ sehr giftig giftig brandfördernd
2	weniger gefährliche und ungefährliche Fluide	alle nicht zur Gruppe 1 gehörenden Fluide

¹⁾ wenn die maximal zulässige Temperatur über dem Flammpunkt liegt

«Fluide» sind Gase, Flüssigkeiten und Dämpfe

Mit Hilfe der Richtlinie 67/548/EG (zuletzt geändert durch die Richtlinie 94/69/EG) umgesetzt in der Gefahrstoffverordnung, werden Stoffe mit ihren Gefährlichkeits- und Risikomerkmale beschrieben. Die dort verwendeten Symbole wie z.B. T oder T+ und die Einstufung in Fluidgruppen nach DGRL sind allerdings nicht identisch. So können krebserregende Stoffe zwar nach Gefahrstoffverordnung mit dem Symbol T (wie giftig) gekennzeichnet sein, fallen aber trotzdem, nicht in die Fluidgruppe 1. Trotz dieser Nichtübereinstimmung zwischen DGRL und Gefahrstoffverordnung bietet die Symbolik und das Risikomerkmale eine gute Hilfe für die Einstufung in die richtige Fluidgruppe.

Bestimmung des Aggregatzustandes

Ausgehend von der Einteilung, dass ein Fluid im gasförmigen Zustand unter Druck ein höheres Gefahrenpotential in sich birgt, als im flüssigen Zustand, ist für das vorliegende Fluid zu bestimmen, ob der Dampfdruck bei

der zulässigen maximalen Temperatur (TS) in der Rohrleitung um mehr als 0,5 bar oder höchstens 0,5 bar oberhalb des normalen Atmosphärendruckes von 1013 mbar liegt. Für einen Dampfdruck um mehr als 0,5 bar oberhalb des Atmosphärendruckes, wird das Fluid als Gas behandelt und entsprechend seiner Fluidgruppe in Diagramm 6 oder 7 der DGRL eingestuft. Liegt der Dampfdruck höchstens 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck, kommen die Diagramme 8 und 9 je nach Fluidgruppe zur Anwendung (siehe Bilder 1.3 bis 1.6).

1.2.3 Konformitätsbewertungsverfahren

Ausgehend von den Auslegungsdaten für die Rohrleitung wird aus dem maximal zulässigen Druck (PS) in bar und der Nennweite der Rohrleitung (DN) das dimensionslose Produkt «PS x DN» ermittelt. Entsprechend der bereits festgelegten Bestimmung des Aggregatzustandes in Kombination mit der Fluidgruppe, er-

Tabelle 1.2 Konformitätsbewertungsverfahren in Abhängigkeit von der Kategorie

Art des Druckgerätes	Kategorie	Modul für Konformitätsbewertung	Bezeichnung des Konformitätsbewertungsverfahrens nach Anhang III der Druckgeräterichtlinie	
Rohrleitungen, druckhaltende Ausrüstungsteile	I	A	interne Fertigungskontrolle	
		II	A1	interne Fertigungskontrolle mit Überwachung der Abschlussprüfung
	D1		Qualitätssicherung Produktion	
	E1		Qualitätssicherung Produkt	
	III	B1 + D	EG-Entwurfsprüfung +	Qualitätssicherung Produktion
				Prüfung der Produkte
		B + E	EG-Baumusterprüfung +	Qualitätssicherung Produkt
		B + C1		Konformität mit der Bauart
		H	Umfassende Qualitätssicherung	
	Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, druckhaltende Ausrüstungsteile	IV	B + D	EG-Baumusterprüfung +
Prüfung der Produkte				
G			EG-Einzelprüfung	
H1			umfassende Qualitätssicherung mit Entwurfsprüfung und besonderer Überwachung der Abschlussprüfung	

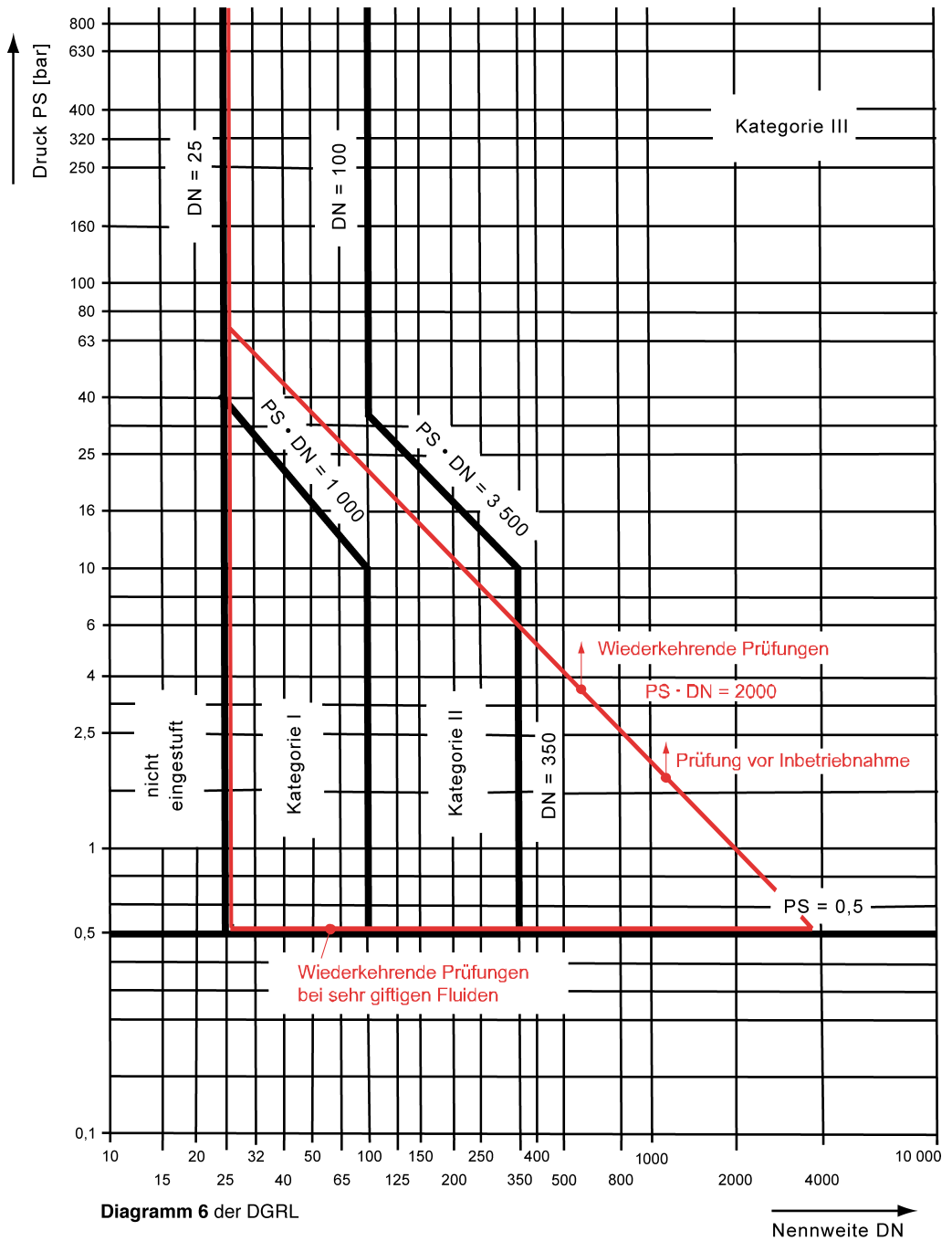


Bild 1.3 Einstufung von Rohrleitungen für gefährliche Gase und Dämpfe sowie Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei Betriebstemperatur $>0,5$ bar über Atmosphärendruck liegt

$p_{\text{Dampf, TS}} > 0,5$ bar, ü
Fluide der Gruppe 1

s. Betriebssicherheitsverordnung (Abschnitt 1.3)

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die für instabile Gase bestimmt sind und nach Diagramm 6 unter die Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie II einzustufen.

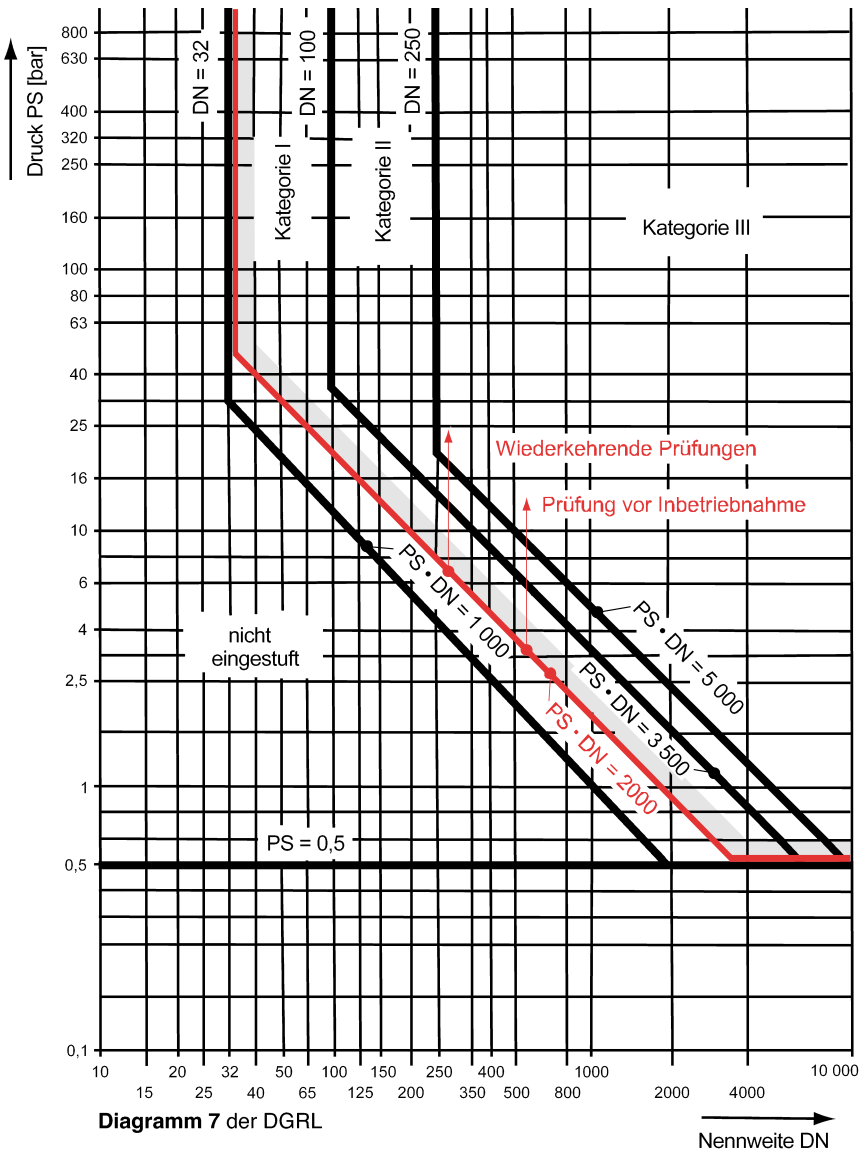


Bild 1.4 Einstufung von Rohrleitungen für wenig gefährliche und ungefährliche Gase und Dämpfe sowie Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei Betriebstemperatur >0,5 bar über Atmosphärendruck liegt (bei Wasser >110 °C)

$p_{\text{Dampf, TS}} > 0,5 \text{ bar, ü}$
 Fluide der Gruppe 2

s. Betriebssicherheitsverordnung (Abschnitt 1.3)

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die Fluide mit Temperaturen von mehr als 350 °C enthalten und nach Diagramm 7 unter die Kategorie II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

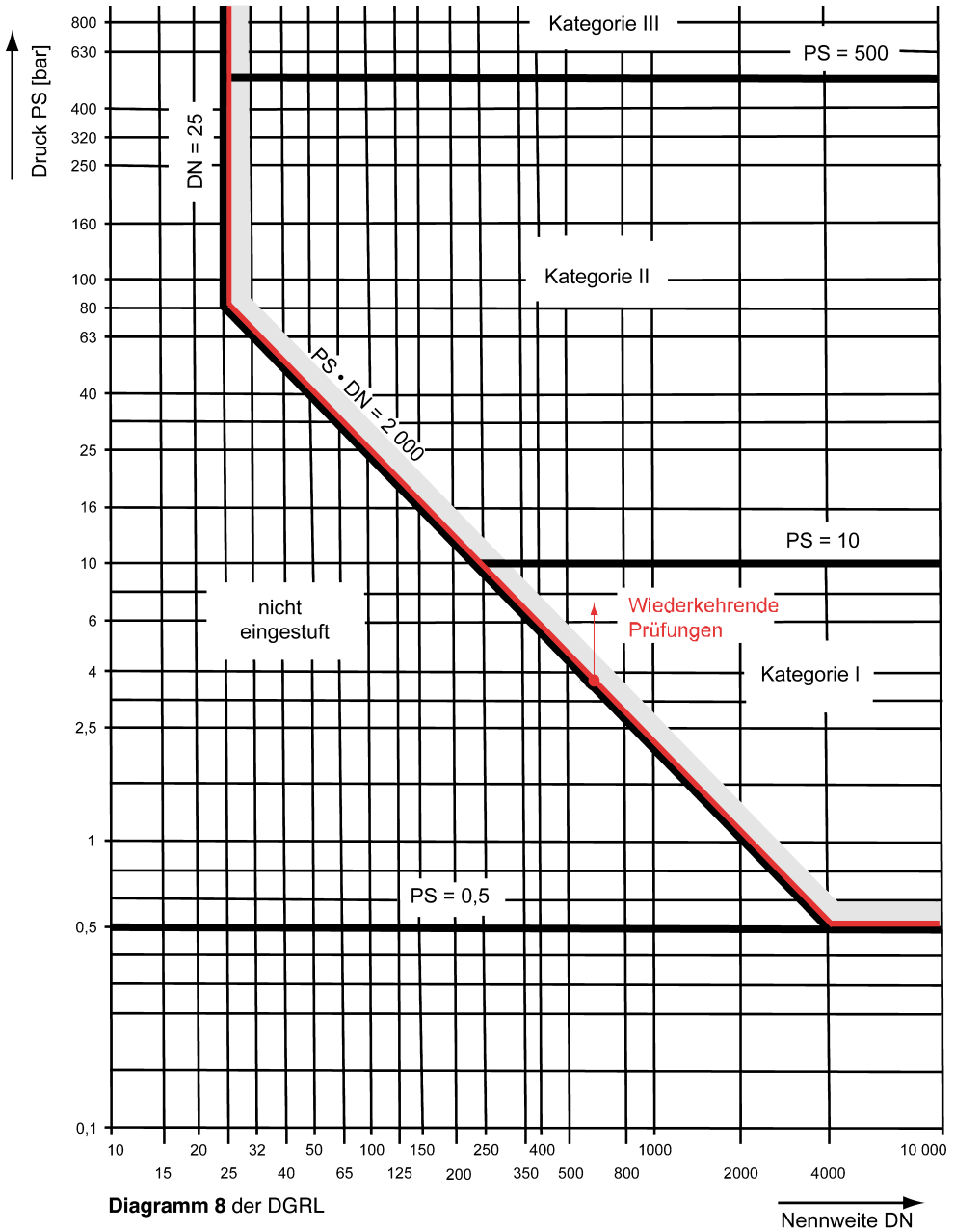


Bild 1.5 Einstufung von Rohrleitungen für gefährliche Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei Betriebstemperatur $< 0,5$ bar über Atmosphärendruck liegt

$p_{\text{Dampf, TS}} \leq 0,5 \text{ bar, ü}$
 Fluide der Gruppe 1

s. Betriebssicherheitsverordnung (Abschnitt 1.3)



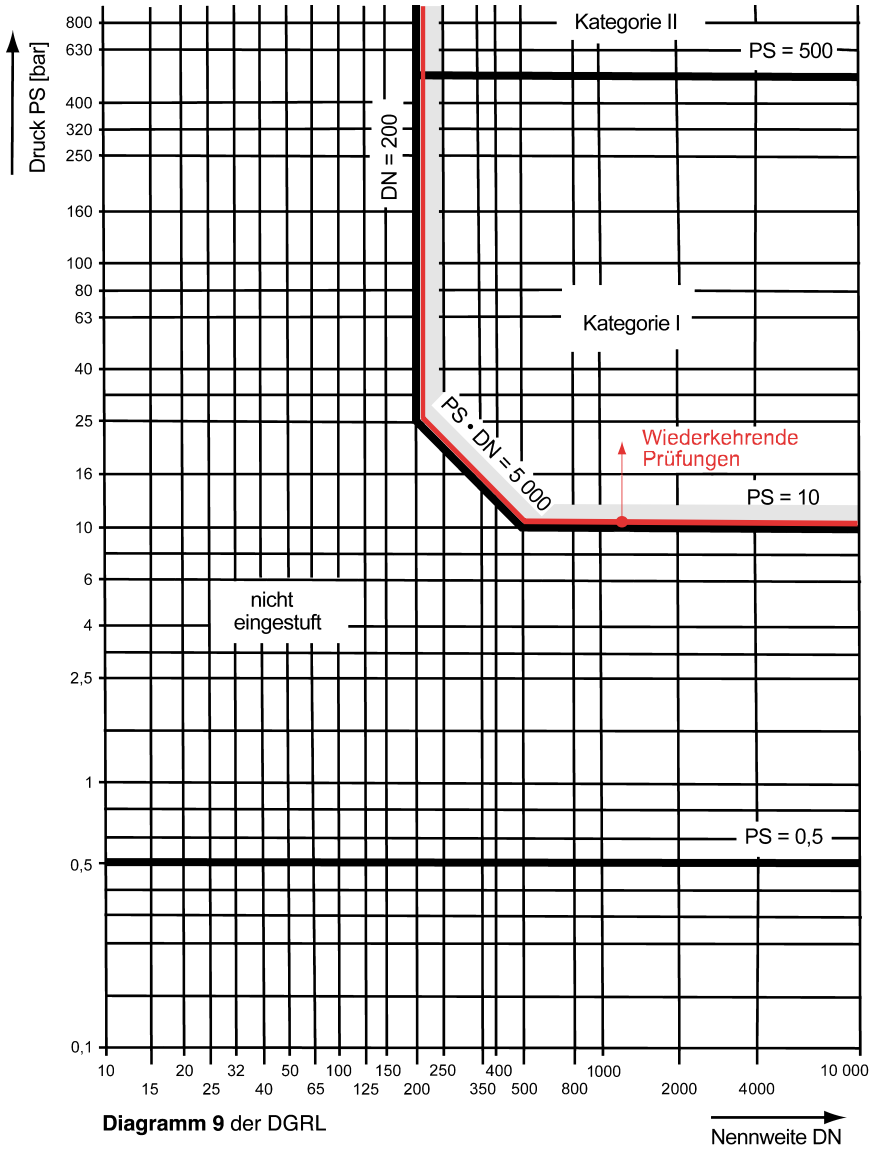


Diagramm 9 der DGRL

→
Nennweite DN

Bild 1.6 Einstufung von Rohrleitungen für wenig gefährliche und ungefährliche Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei Betriebstemperatur $< 0,5$ bar über Atmosphärendruck liegt (bei Wasser < 110 °C)

$$p_{\text{Dampf, TS}} \leq 0,5 \text{ bar, ü}$$

Fluide der Gruppe 2

s. Betriebssicherheitsverordnung (Abschnitt 1.3)

gibt sich aus den entsprechenden Diagrammen 6, 7, 8 oder 9 der DGRL die **Kategorie**.

Innerhalb dieser Kategorien ist es nun dem Hersteller freigestellt, welches **Modul** bzw. **Modulkombination** er für die Auftragsabwicklung zur Herstellung seiner Rohrleitung wählt (Tabelle 1.2).

Eine Anleitung für den Gebrauch des Konformitätsbewertungsverfahrens enthält die DIN EN 13 480 – Teil 7.

1.2.4 Gefahrenanalyse

Um als Hersteller auftreten und später alle Anforderungen der DGRL erfüllen zu können, ist sowohl im Anfragestadium wie auch im Auftragsfall ausreichende Kenntnis über die spätere Verwendung des Druckgerätes beim Betreiber notwendig.

Hierzu ist der Hersteller verantwortlich, alle relevanten Daten zu beschaffen. Fehlen in Anfragen/Aufträgen die Bestellspezifikationen mit diesen Vorgabedaten, ist es die Aufgabe des Herstellers des Druckgerätes, diese zu befragen. Diese Daten sind im Wesentlichen:

- Kenntnis des Prozesses in den das Druckgerät eingebunden wird (Verwendung wofür),
- Auslegungsbedingungen (Medium, Betriebsweise, Lastwechsel, Drücke, Temperaturen),
-  uere Belastungen (Windlasten, Korrosionsbedingungen usw.).

Die Gefahrenanalyse enthält:

- Definition des Produktes,
- Bestimmungen der einschlägigen Richtlinien,
- Bestimmung der zutreffenden Anforderungen,
- Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen (z.B. auf Grundlage harmonisierter Normen),
- Festlegung der noch verbleibenden Gefahren,
- Beurteilung der nicht vernachlässigbaren Gefahren,
- Hinweise auf Gefahren bei unsachgemäßer Verwendung,
- Tolerierbarkeit der Restgefahren,
- Maßnahmen gegen tolerierbare Restgefahren (z.B. durch Hinweise, Piktogramme usw.).

Für Rohrleitungen lässt sich diese Gefahrenanalyse (hazard analysis) weitgehend standardisieren. Zweckmäßig ist eine tabellarische Anordnung in die 4 Spalten Gefahr, Grund, Maßnahmen/Schutzmaßnahmen und Hinweise. Eine Gefahr stellt z.B. das mechanische Versagen der drucktragenden Wand dar. Gründe hierfür können Konstruktionsfehler, Fertigungsfehler, Montagefehler oder äußere Korrosion sein. Jedem dieser Gründe werden nun stichwortartig Maßnahmen zur Vermeidung dieser Einflussgrößen zugeordnet. Z.B. der Einsatz von durch die benannte Stelle vorgepr uften Rohrklassen im Chemierohrleitungsbau. In der Rubrik Hinweise kann dort dann zusätzlich auf normierte Rohrklassen des Auftraggebers hingewiesen werden.

Die Gefahrenanalyse ist frühzeitig bereits in der Planungsphase zu erstellen. Maßnahmen gegen tolerierbare Restgefahren sind in die Betriebsanleitung zu übernehmen.

Die Gefahrenanalyse ist Bestandteil der Entwurfspr uferunterlagen.

1.2.5 Betriebsanleitung

Für jedes Druckgerät ist eine Betriebsanleitung zu erstellen (siehe auch EN 764-6). Sie enthält im Wesentlichen alle notwendigen Informationen für:

- Montage, einschließlich der Verbindung an andere Druckgeräte,
- Inbetriebnahme,
- Benutzung (Betrieb),
- Wartung und Inspektion,
- Entleerungs- und Entl uftungsm oglichkeiten,
- Hinweise auf Restgefahren und auf besondere Merkmale, die sich aus der Gefahrenanalyse ergeben,
- Füllen und Entleeren,
- Ausschlüsse z.B. der Fahrweise, des Fluids, des Druckes, der Temperatur usw.,
- Hinweise auf Gefahren bei unsachgemäßer Verwendung.

Diese Betriebsanleitung ist Bestandteil des Konformitätsbewertungsverfahrens und muss der benannten Stelle vorgelegt und von ihr inhaltlich bewertet werden. Auch diese Be-

triebsanleitung lässt sich für Rohrleitungen weitgehend standardisieren. Allerdings sind die sich aus der Gefahrenanalyse ergebenden unvermeidbaren Restgefahren, insbesondere Gefahren durch das Fluid, deutlich in der Betriebsanleitung hervorzuheben. Die Betriebsanleitung muss dem Druckgerät eindeutig und unverwechselbar zuzuordnen sein.

1.2.6 Anzuwendendes Regelwerk

Für die Planung, Konstruktion, Herstellung und Errichtung sind Regelwerke (Codes) anzuwenden, die die Anforderungen der DGRL erfüllen. Dies sind harmonisierte unterstützende EN-Normen und harmonisierte Produktnormen, die den Anhang I der DGRL umsetzen und im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht wurden. Zurzeit können für Rohrleitungen die DIN EN 13480 Teile 1 bis 7 «Metallische industrielle Rohrleitungen» oder z.B. das AD-2000-Regelwerk herangezogen werden.

Es können aber auch andere Regelwerke verwendet werden, sofern sie die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der DGRL erfüllen, jedoch liegt die Beweislast gegenüber der benannten Stelle hinsichtlich der Erfüllung beim Hersteller. In jedem Fall ist aber das einmal angezogene Regelwerk für **alle** Stadien (Konstruktion, Berechnung, Herstellung, Prüfung) durchgängig anzuwenden. Insbesondere ist zu prüfen, ob es eine Kundenvorgabe hinsichtlich des anzuwendenden Regelwerkes gibt (z.B. DIN EN 13480, AD 2000 usw.).

Weiterhin ist vom Hersteller im Zuge der Erstellung der Entwurfsunterlagen eine Aufstellung der für den Auftrag ganz oder teilweise angewendeten Normen zu erstellen. Diese Aufstellung dient der Erfüllung des Artikels 5 der DGRL zum Nachweis der Konformitätsvermutung der angewendeten Regelwerke für Konstruktion, Fertigung und Funktion.

1.2.7 Werkstoffe

Die zur Anwendung kommenden Werkstoffe einschließlich der Schweißzusatzwerkstoffe müssen den Anhang I der DGRL erfüllen. Der

Hersteller muss also Angaben zur Einhaltung der Werkstoffvorschriften der Richtlinie machen. In der Liste der eingesetzten Werkstoffe sind diese Querverweise zu geben auf:

- geeignete Werkstoffe in harmonisierten Produktnormen z.B. DIN EN 13480-2,
- Werkstoffe, für die eine europäische Werkstoffzulassung für Druckgeräte vorliegt. Die Auflistung dieser Werkstoffe wird im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht;
- Einzelgutachten zu den Werkstoffen.

Für jede Rohrleitung sind die Werkstoffe mit Angabe über Halbzeugart und Normen aufzulisten und im Rahmen der Entwurfsprüfung durch den Hersteller bei Kategorie II bzw. durch die benannte Stelle bei Kategorie III und IV zu bestätigen.

Hinsichtlich der Zeugnisbelegung von Halbzeugen (Rohre, Flansche, Schmiedestücke usw.) ist zu beachten, dass für Halbzeuge für Druckgeräte, die in Kategorie I fallen, ein Werkszeugnis nach DIN EN 10204 Typ 2.2 erforderlich ist.

Für Halbzeuge, die in Druckgeräten nach Kategorie II, III oder IV eingesetzt werden, ist

- ein Abnahmeprüfprotokoll nach DIN EN 10204-3.2 oder Abnahmeprüfzeugnis 3.1.C erforderlich bei spezifischer Prüfung der Produkte über eine direkte Prüfung **oder**,
- ein Abnahmeprüfzeugnis Typ 3.1.B bei spezifischer Prüfung der Produkte über ein Qualitätssystem z.B. von einem Halbzeughersteller mit AD-W 0 Zulassung mit DIN-EN-ISO-9001/9002-Zertifizierung **oder**
- ein Abnahmeprüfzeugnis Typ 3.1.B z.B. von einem Halbzeughersteller mit Zertifizierung nach Druckgeräterichtlinie.

Wenn auf den Zeugnissen für das Halbzeug nicht die Querverweise auf AD-W 0, DIN EN-ISO-9001/9002 oder DGRL vorhanden sind, müssen diese Nachweise den Zeugnissen beigefügt sein.

Hinsichtlich der Zeugnisbelegung für Verbindungselemente (Schrauben, Bolzen, Muttern, Schweißzusätze) ist mindestens ein Werkszeugnis nach DIN EN 10204-2.2 beizufügen.

1.2.8 Dauerhafte Verbindungen (Schweißen)

Die Herstellung von Schweißverbindungen geschieht durch Schweißer mit gültiger Schweißerprüfungsbescheinigung nach DIN EN 287-1. Je nach Wahl des zugrunde liegenden Regelwerkes z.B. AD 2000 gilt dann in weiterer Verknüpfung die Anforderung an Schweißer aus AD 2000 Merkblatt HP 3. Für Schweißverbindungen in den Kategorien II, III oder IV müssen diese Prüfungsbescheinigungen durch eine benannte Stelle zugelassen sein. Dies gilt auch für Personal von Lieferanten oder AÜG-Firmen! Meist geschieht dies durch einen zusätzlichen Stempelaufdruck auf der Schweißerprüfungsbescheinigung mit Unterschrift durch eine benannte Stelle.

Arbeitsverfahren für die Herstellung von Schweißverbindungen werden durch Verfahrensprüfungen nach z.B. DIN EN 288-3 bzw. mit Zusatzforderungen AD 2000 Merkblatt HP 2/1 belegt. Diese Verfahrensprüfungen müssen für Schweißverbindungen in den Kategorien II, III oder IV durch eine benannte Stelle zugelassen sein. Dies gilt natürlich auch für Arbeitsverfahren von Lieferanten! Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, die in den Fertigungsbetrieben vorliegende Übersicht der Schweißverfahrensprüfungen durch die benannte Stelle abstem-peln und unterschreiben zu lassen.

1.2.9 Zerstörungsfreie Prüfung

Die Prüfung von Schweißverbindungen geschieht durch Personal mit Bescheinigungen

nach DIN EN 473. Für Schweißverbindungen in den Kategorien III und IV müssen diese Prüfungsbescheinigungen durch eine benannte Stelle gebilligt sein (Tabelle 1.3). Dies gilt auch für Personal von Lieferanten oder AÜG-Firmen! «Gebilligt sein» bedeutet, eine unabhängige Prüfstelle bestätigt, dass die vorgelegte Qualifizierung der DGRL entspricht. Auf den Kompetenzzertifikaten nach DIN EN 473 findet sich heute dann auch direkt der Hinweis: «einschließlich der Prüfung von dauerhaften Verbindungen nach DGRL».

1.2.10 Prüfungen und Abnahmen

Prüfungen, wie zerstörungsfreie Prüfungen und Festigkeitsprüfungen, geschehen nach dem jeweils gewählten Code in uneingeschränktem Umfang. Es sei denn, der Vertrag mit dem Kunden schreibt etwas anderes vor. Für jeden Auftrag empfiehlt es sich einen spezifischen Prüfplan zu erstellen, in dem alle Tätigkeitsschritte für die Beteiligten wie Hersteller, Lieferanten oder benannte Stelle festgelegt und dokumentiert werden.

1.2.11 Dokumentation

Die Dokumentation muss die im gewählten Code geforderten Umfänge enthalten, wie z.B.:

- die Entwurfsprüfung einschl. Gefahrenanalyse und Entwurfsprüfbescheinigung der benannten Stelle,
- Schweißerprüfungsbescheinigungen mit DGRL-Konformität,

Tabelle 1.3 Zulassungen für die Herstellung und Prüfung von Werkstoffverbindungen z.B. Schweißverbindungen

Anforderung an die Herstellung	Zulassung erforderlich für Kategorie					Zulassungsstelle
	ohne	I	II	III	IV	
qualifiziertes, geprüftes und befähigtes Personal zur Herstellung der Verbindungen	gesonderte Zulassung nicht erforderlich		X	X	X	benannte Stelle oder
Herstellung nach fachlich einwandfreien Arbeitsverfahren			X	X	X	anerkannte Prüfstelle
zerstörungsfreie Prüfung durch qualifiziertes und befähigtes Personal					X	X

- Nachweis der Verfahrensprüfungen nach DGRL,
- Werkstoffnachweise,
- Berechnungen mit Berechnungsisometrien,
- Qualifikationsnachweise des ZfP-Personals,
- ZfP-Berichte,
- Schweißnahtdokumentationen,
- Wärmeführungsnachweise,
- Maßprüfungen,
- Abweichungsberichte,
- Abnahmeberichte.

In Tabelle 1.4 ist eine Zusammenfassung der Dokumentation einer Rohrleitungsanlage nach DIN EN 13 480-5: 2002 dargestellt.

1.2.12 CE-Kennzeichnung

Die CE-Kennzeichnung ist ausschließlich im Zuständigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie anzuwenden. Das CE-Kennzeichen kann nur vom Hersteller angebracht werden. Wenn das Rohrleitungsbauunternehmen als Liefer-

Tabelle 1.4 Dokumentation der Rohrleitungsanlage nach EN 13 480-5: 2002

Nr.	Unterlagen	Abschnitt-Nr.	Rohrleitungs-Kategorie				Rohrleitung unter 0,5 bar
			III	II	I	0	
1	Rohrleitungs- und Instrumentierungsschaltbild	6.2	x	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾
2	Zusammenstellung der Auslegungs- und Betriebsbedingungen		x	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾
3	Zeichnungen des Anlagen-Schemas der Rohrleitung und Rohrhalterungen mit Maßen (kann isometrische Darstellungen enthalten, Ausführungszeichnungen, Schnittzeichnungen, Grundrisspläne).	6.2 6.3.1	x	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾
4	Stückliste für Rohrleitungsbauteile mit Maßen, Normen, Werkstoffen	6.2	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾	–
5	Werkstoffbescheinigungen für Grundwerkstoffe und Schweißzusätze und -hilfsstoffe, falls verlangt	7.2.2	x	x	x ¹⁾	siehe EN 13 480-2	–
6	Unterlagen für verschiedene Bauteile, z.B. Armaturen, Sicherheitseinrichtungen	6.3.1	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾	x ¹⁾
7	Schweißunterlagen	6.2.3	x	x	x ¹⁾	x ¹⁾	–
8	ZfP-Unterlagen	6.2.2 8.8	x	x	x	–	–
9	Unterlagen über die Wärmebehandlung	6.2.2	x	x	x	–	–
10	Druckprüfungs- oder gleichwertige Prüfungsunterlagen	6.2.2	x	x	x	x ¹⁾	–
11	Kennzeichnungsangaben	EN 13 480-4: 2002, 11.2	x	x	x	x	x ¹⁾
12	Herstellereklärung zur Auslegung	6.5	x	x	x	–	–
13	Herstellereklärung für die Fertigung/Verlegung der Rohrleitung	10	x	x	x	–	–
14	Bescheinigung der Druckprüfung	9.3.4	x	x	x	–	–
15	Herstellereklärung	10	x	x	x	–	–
16	Betriebsanleitungen	9.5.3	x	x	x	x	x

¹⁾ Je nach Entscheidung des Herstellers.

ant (verlängerte Werkbank) auftritt, darf es keine CE-Kennzeichnung anbringen.

1.2.13 Konformitätserklärung

Der Hersteller stellt die Konformitätserklärung aus. Tritt das Rohrleitungsbauunternehmen als Lieferant auf, kann und darf es keine solche Konformitätserklärung ausstellen. Diese Konformitätserklärung muss folgendes enthalten (siehe DGRL Anhang VII):

- Name und Anschrift des Herstellers,
- Beschreibung des Druckgerätes oder der Baugruppe,
- Angewandtes Konformitätsbewertungsverfahren,
- Name und Anschrift der benannten Stelle,
- Verweis auf EG-Entwurfsprüfungsbescheinigung,
- Hinweis auf angewandte Normen,
- Rechtsverbindliche Unterschrift des Herstellers.

In Bild 1.7 ist ein Ablaufdiagramm nach der DGRL dargestellt.

1.3 Betriebssicherheitsverordnung

Diese Verordnung gilt auch für überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 2 Abs. 2a des Gerätesicherheitsgesetzes (GSG), soweit es sich um Rohrleitungen unter innerem Überdruck für entzündliche, leichtentzündliche, hochentzündliche, ätzende oder giftige Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten handelt.

1.3.1 Prüfung vor Inbetriebnahme

Eine überwachungsbedürftige Anlage darf erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.

Rohrleitungen, die nach:

- Diagramm 6 (Bild 1.3), sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN nicht mehr als 2000 beträgt und die Rohrleitung nicht für sehr giftige Fluide verwendet wird, oder

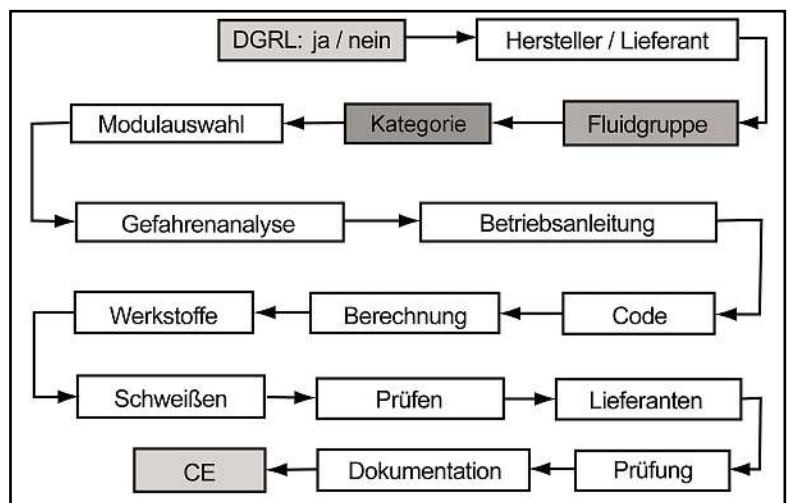


Bild 1.7
Ablaufdiagramm
nach der DGRL

Tabelle 1.5 Fristen für wiederkehrende Prüfungen

Einstufung des Druckgeräts gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II der Richtlinie 97/23/EG nach	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
Diagramm 6 in die a) Kategorie I, sofern die Rohrleitung für sehr giftige Fluide verwendet wird, oder b) Kategorie II oder III, sofern die Rohrleitung für – sehr giftige Fluide oder – andere Fluide, wenn das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN mehr als 2000 beträgt, verwendet wird	5 Jahre	–	5 Jahre
Diagramm 7 in die a) Kategorie I, sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN mehr als 2000 beträgt, oder b) Kategorie II oder III			
Diagramm 8 in die Kategorie I, II oder III			
Diagramm 9 in die Kategorie I oder II			

- Diagramm 7 (Bild 1.4), sofern das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und Nennweite DN nicht mehr als 2000 beträgt, können durch befähigte Personen geprüft werden.

1.3.2 Wiederkehrende Prüfungen

Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüf Fristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. Prüflisten für Rohrleitungen s. Tabelle 1.5.

Prüfungen besonderer Druckgeräte, §17 der BetrSichV, sind im Anhang 5 der Verordnung genannt.

1.4 Fließbilder

Das Fließbild (Anlagenschema, Fließschema, Wärmeschaltplan, Rohrleitungsplan usw.) ist eine mit Hilfe von Bild- und Schriftzeichen

vereinfachte zeichnerische Darstellung von Aufbau und Funktion von Anlagen. Es dient der Verständigung der an solchen Anlagen beteiligten Stellen.

Aufbau und Darstellungsart des Planes ist freizügig dem Verwendungszweck anzupassen. Es ist der Darstellungsart der Vorzug zu geben, die am einfachsten, übersichtlichsten und einprägsamsten ist. Diesem Ziel kommt man am nächsten, wenn die Bildzeichen innerhalb der Pläne in waagerechter wie in senkrechter Richtung geordnet werden, wenn der Linienzug der Hauptleitung möglichst wenig Umlenkungen erhält und wenn Kreuzungen weitgehend vermieden werden.

1.4.1 Bildzeichen für Anlagensysteme

Bildzeichen sollen die zeichnerische Ausführung von Fließbildern mit einfachen Zeichen darstellen. Sie sind Symbole für Einzelteile. Die konstruktive Ausführung wird nur soweit berücksichtigt, als dies zur Erzielung leichtverständlicher Zeichen und Bilder erforderlich ist. Sie können in jeder Lage, entsprechend dem jeweiligen Verlauf der Leitungen, in die Pläne eingefügt werden.

Benennung	Bildzeichen
Leitungen	
Grundleitung	
Erweiterungsleitung	
Wirkleitung	
Impulsleitung	
bewegliche Leitung Schlauch	
Leitung mit Heizung oder Kühlung	
Leitung mit Doppelmantel	
Rippenrohr	
Kreuzung von Leitungen ohne Verb.	
Kreuzung von Leitungen mit Verb.	
Abzweigstelle	
Reduzierung	
Gefälle mit Angabe in %	
Angabe der Fließrichtung	
Leitung mit Dämmung	
Leitungseingang und -ausgang	
Auslass zur Atmosphäre und Ablass, Trichter	
Grenze allgemein Die Art der Grenze wird durch Hinweise angegeben	

a)

* möglichst vermeiden

Benennung	Bildzeichen
Kennzeichnung von Leitungen in Bezug auf das Betriebsmedium (falls erforderlich)	
brennbare Gase	
brennbare Flüssigkeit	
Abgase	
Luft	
Medium mit Feststoffen	
Konzentrate	
Verbindungen	
Rohrverbindung	
Flanschverbindung	
Blindflansch	
Verschlussboden	
Kugelgelenk	
Verbindung eingesteckt	
Schraub- verbindung	
Kupplungs- verbindung	
Klammer- verbindung	
Schweiß- verbindung	
eingeschweißte Armatur	
Verschraubung mit Überwurfmutter	

b)

Bild 1.8 Bildzeichen für Rohrleitungen (n. DIN 2429 (1.88) und DIN EN ISO 10628 (3.01))

Die Bildzeichen für Apparate und Maschinen dürfen, sofern sie nicht lageabhängig sind, gedreht und, falls erforderlich, durch Darstellung konstruktiver Einzelheiten erweitert werden. Eine Längenänderung der Bildzeichen in einer Hauptachse ist zulässig, wenn es im Sinne einer besseren Darstellung erwünscht ist. Wenn die unterschiedliche Größe von Apparaten zum Ausdruck gebracht werden soll, kann die Darstellung den tatsächlichen Abmessungen angepasst werden. Apparate und Maschinen, für die keine Bildzeichen existieren, sind sinngemäß vereinfacht oder durch ein Rechteck mit eingeschriebener Benennung darzustellen.

Die gebräuchlichsten Bildzeichen für:

Rohrleitungen s. Bild 1.8

Rohrleitungsorgane, Apparate, Behälter und Maschinen s. Bild 1.9

Bildzeichen und Kennbuchstaben für mess-, steuerungs- und regeltechnische (MSR) Einrichtungen

Aus der Darstellung gehen die Messgröße, ihre Verarbeitung, die MSR-Stellen-Nummer, die Ortsangabe und der Signalflussweg hervor. Der **Messort** kann durch einen Kreis dargestellt werden und ist durch eine Linie mit dem MSR-Stellen-Kreis zu verbinden. Wenn keine Verwechslung möglich ist, darf der Kreis für den Messort weggelassen werden.

Die Funktionen einer MSR-Stelle werden durch Kennbuchstaben in einem Kreis dargestellt, der bei größerem Platzbedarf zu einem Langrund gestreckt werden kann. Im **MSR-Stellen-Kreis** werden zusätzlich zu den Kennbuchstaben die Ortskennzeichnung und die MSR-Stellen-Nummer angegeben.

Wird eine Messgröße durch getrennte Aufnehmer mehrfach erfasst, z.B. aus Sicherheitsgründen, dann können auch getrennte Kreise angewendet werden.

Werden mehrere Messgrößen mit einem Ausgabegerät wiedergegeben, dann wird jeder ein eigener MSR-Stellen-Kreis zugeordnet. Die Zusammenfassung mehrerer Messgrößen in einem Gerät kann außerhalb des Kreises gekennzeichnet werden.

Benennung	Bildzeichen
Rohrdehnungsausgleicher und Rohrhalterungen	
U-Bogen Dehnungsausgleicher	
Schiebemuffe	
Rohrleitlager	
Gleitlager mit Führung	
Gleitlager auf Rollen	
Gleitlager auf Kugeln	
Festpunkt	
Rohrhalterung stehend	
Rohrhalterung hängend	
federnde Unterstützung	
federnde Aufhängung	
Rohrleitungsteile	
Schauglas	
Schalldämpfer	
Mischstrecke	
Filterapparat (Schmutzfänger)	
Kondensatableiter	
Berstscheibe die Fließrichtung ist anzugeben	
Kompensator allgemein	
Wellrohrkompensator	

Bild 1.9a


















Benennung	Bildzeichen
Absperrarmatur allgemein	
Absperrdurchgangsventil	
Absperr-eckventil	
Absperr-3-Wege-Ventil	
Absperr-durchgangshahn	
Absperr-schieber	
Absperr-klappe	
Rückschlagarmatur allgemein	
Rückschlag-durchgangsventil	
Rückschlag-klappe	
Der Punkt befindet sich immer auf der Eintrittsseite	
Be- und Entlüfter	
Armatur mit stetigem Stellverhalten	
Durchgangsventil –	
Schieber mit stetigem Stellverhalten	
Armatur mit Sicherheitsfunktion	
Sicherheits-Durchgangsventil	
Sicherheits-Eckventil mit Federbelastung	

Bild 1.9b
















Benennung	Bildzeichen
Flüssigkeitspumpe allgemein	
Kreiselpumpe	
Verdrängerpumpe (allgemein)	
Zahnrادpumpe	
Strahlflüssigkeitspumpe	
Schraubenspindel-pumpe	
Exzentrerschncken-pumpe	
Hubkolbenpumpe	
Membranpumpe	
Verdichter Ventilator allgemein	
Turboverdichter	
Flüssigkeitsring-verdichter	
Strahlverdichter	
Radial-Ventilator	
Axial-Ventilator	

Bild 1.9c

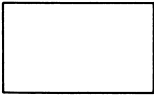
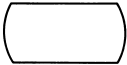

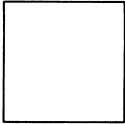
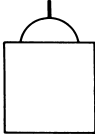
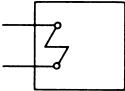

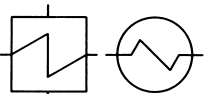
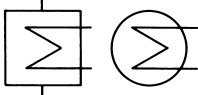
Benennung	Bildzeichen
Behälter allgemein	
Behälter mit gewölbten Böden	
Becken (allgemein)	
Wärmeerzeuger allgemein	
Wasserdampferzeuger	
elektrisch beheizter Wärmeerzeuger	
Wärmeverbraucher Wärmeaustauscher allgemein	
Wärmeaustauscher mit Kreuzung der Fließlinien	
Wärmeaustauscher ohne Kreuzung der Fließlinien	

Bild 1.9d

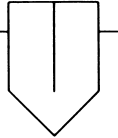
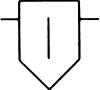
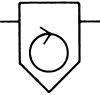
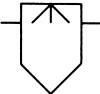
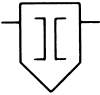
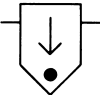
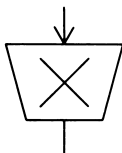
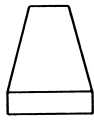
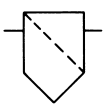
Benennung	Bildzeichen
Abscheider allgemein	
Prallabscheider	
Fliehkraftabscheider, Zyklon	
Nassabscheider, allgemein	
elektromagnetischer Abscheider	
Schwerkraftabscheider	
Zerkleinerungsmaschine, allgemein	
Kühlturm, allgemein	
Sieb	

Bild 1.9e

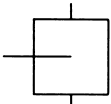

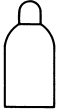


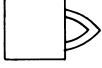

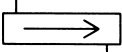
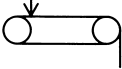
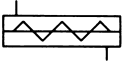

Benennung	Bildzeichen
Mischen von Stoffen	
Zentrifuge	
Gasflasche	
Zuteiler für feste Stoffe, allgemein	
Zellenrad	
Brenner	
Schornstein, Kamin allgemein	
Stetigförderer, allgemein	
Bandförderer, allgemein	
Schneckenförderer	
Rührer, allgemein	

Bild 1.9f

















Benennung	Bildzeichen
einige sonstige Anlagenteile	
Druckminderventil	
Druckminderventil mit Einspritzung	
Detonations-sicherung	
Elektromotor	
Stromerzeuger	
Turbine	
Drosselscheibe	
Blindscheibe (allgemein)	
Kupplung mit steti-ger Verstellbarkeit	
Blende	
Düse	
Venturidüse	
Niveau	
Mauerwerk, Beton	
Erdreich	
feuerfeste Steine	

Bild 1.9g