

TRIR

Technische Regeln industrielle Rohrleitungen

Rev. 12.01

Erläuterungen Revisionsindex

Rev. 6.01 Erstausgabe

Rev. 12.01 Div. redaktionelle Korrekturen

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines

- 1.1 Geltungsbereich
- 1.2 Definitionen und Grössen
- 1.3 Verantwortungen
- 1.4 Erläuterungen
- 1.5 Einteilung von Fluiden
- 1.6 Einstufung von Rohrleitungen (Gefahrenkategorien nach PED)
- 1.7 Konformitätsbewertung
- 1.8 Zusätzliche Anforderungen für erdgedeckte Leitungen

2. Werkstoffe

- 2.1 Allgemeine Anforderungen an Werkstoffe und drucktragende Teile
- 2.2 Technische Lieferbedingungen für Werkstoffe für Rohrleitungen
- 2.3 Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch
- 2.4 Kennzeichnung der Werkstoffe
- 2.5 Anforderungen an Werkstoffe für nicht drucktragende Teile

3. Berechnung und Konstruktion

- 3.1 Grundlegende Auslegungskriterien
- 3.2 Berechnung
- 3.3 Beurteilung von Rohren und T-Stücken
- 3.4 Zulässige Stützweiten für Stahlrohre
- 3.5 Dehnungsaufnahme von Rohrschenkeln

4. Fertigung und Verlegung

- 4.1 Grundlegende Anforderungen
- 4.2 Anforderungen an die Fertigung und Verlegung
- 4.3 Biegen und Umformen
- 4.4 Zusammenbau und Verlegung der Rohrleitung
- 4.5 Schweißen
- 4.6 Ausbesserung

5. Prüfung

- 5.1. Allgemeines
- 5.2. Entwurfsprüfung
- 5.3. Bauprüfung
- 5.4. Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten (NDT non-destructive testing)
- 5.5. Abnahme

6. Sicherheitssysteme

- 6.1 Anwendungsbereich
- 6.2 Definitionen
- 6.3 Begrenzungseinrichtungen und –systeme
- 6.4 Druckbegrenzung
- 6.5 Temperaturbegrenzung
- 6.6 Anzeigen
- 6.7 Einbau
- 6.8 Überprüfung und Wartung
- 6.9 Kennzeichnung

7. Schlauchleitungen

- 7.1 Allgemeines
- 7.2 Anforderungen
- 7.3 Druckprüfung

8. Identifikation und Dokumentation

- 8.1 Kennzeichnung von vorgefertigten Rohrleitungsteilen für die Verlegung
- 8.2 Kennzeichnung von verlegten Rohrleitungen
- 8.3 Schlussdokumentation

9. Hinweise für Betreiber von Rohrleitungen

- 9.1 Planung von Rohrleitungen
- 9.2 Änderungen und Instandsetzungen an Rohrleitungen
- 9.3 Wiederkehrende Prüfungen

1. Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

Die Technischen Regeln industrielle Rohrleitungen TRIR haben zum Zweck, Anforderungen an die Konstruktion, Fertigung, Verlegung, Prüfung und Konformitätsbewertung von Rohrleitungen einschliesslich deren Sicherheitseinrichtungen fest zu legen, soweit diese der europäischen Druckgeräterichtlinie PED (Pressure Equipment Directive) 97/23/EG¹ unterliegen.

Die in diesen Technischen Regeln beispielhaft angeführten Normen oder anderen Technische Regeln geben an, wie die festgelegten Anforderungen erfüllt werden können. Damit werden alternative, ebenso sichere Lösungen nicht ausgeschlossen.

Die vorliegenden Regeln gelten für oberirdische, in Kanälen verlegte oder erdgedeckte Rohrleitungen und Schlauchleitungen.

Nicht in den Anwendungsbereich dieser TRIR fallen:

- Rohrfernleitungen und deren Zubehörteile (Pipelines);
- Triebwasserwege in Wasserkraftanlagen wie Druckrohre, -stollen und -schächte sowie die entsprechenden Ausrüstungsteile;
- Rohrleitungen für Geräte oder Fahrzeuge, die den Betriebserlaubnisbestimmungen entsprechend den Richtlinien 70/156/EEC, 74/150/EEC und 92/61/EEC unterliegen;
- Rohrleitungen, die speziell zur Verwendung in kerntechnischen Anlagen entwickelt wurden und deren Ausfall zu einer Freisetzung von Radioaktivität führen kann;
- Bohrlochkontrollgeräte, die für die industrielle Exploration und Gewinnung von Erdöl, Erdgas oder Erdwärme sowie für Untertagespeicher verwendet werden und dazu bestimmt sind, den Bohrlochdruck zu halten und/oder zu regeln;
- unter Druck stehende Gehäuse für die Ummantelung von Komponenten von Übertragungssystemen wie z.B. Elektro- und Telefonkabel;
- Rohrleitungen, die speziell für den Einbau in Schiffen, Raketen, Luftfahrzeugen oder beweglichen Offshore-Anlagen bestimmt sind;
- Rohrleitungen in Medizinprodukten gemäss der Richtlinie 93/142/EEC über Medizinprodukte;

¹ Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften über Druckgeräte (Amtsblatt L181/1)

- innenliegende Rohrleitungen von Kesseln und solche Rohrleitungen, die Bestandteile von Druckbehältern sind.

1.2 Definitionen und Grössen

1.2.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen zusätzlich zu denen in EN 764:

1.2.1.1 Rohrleitung

Rohrleitungen sind zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind. Zu den Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrformteile, Ausrüstungsteile, Ausdehnungsstücke, Schlauchleitungen oder gegebenenfalls andere druckhaltende Teile. Wärmetauscher aus Rohren zum Kühlen oder Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt.

1.2.1.2 Ausrüstungsteile von Rohrleitungen

Ausrüstungsteile von Rohrleitungen sind die sicherheitstechnisch erforderlichen Ausrüstungsteile und die dem Betrieb der Rohrleitung dienenden sonstigen Armaturen. Dazu gehören Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, die zum Schutz der Rohrleitung bei einem Überschreiten der zulässigen Grenzen bestimmt sind und Einrichtungen mit einer Betriebsfunktion, die ein druckbeaufschlagtes Gehäuse aufweisen (druckhaltende Ausrüstungsteile).

1.2.1.3 Hersteller

Person oder Organisation, die die volle Verantwortung für die Konstruktion und Herstellung im Sinne der PED trägt. Der Hersteller führt alle Fertigungsprozesse und Prüfungen durch, die in den zutreffenden Normen festgelegt sind.

ANMERKUNG 1: Der Hersteller kann für bestimmte Aufgaben Unterauftragnehmer (z.B. Konstrukteur oder Fertiger/Errichter) einsetzen. Die Arbeit der Unterauftragnehmer untersteht vollständig der Aufsicht durch den Hersteller. Er bleibt verantwortlich, dass die Arbeit der Unterauftragnehmer den Anforderungen dieser TRIR, bzw. der PED entspricht.

ANMERKUNG 2: Der Hersteller muss mit seinen Unterauftragnehmern die Verantwortungen bei der Auftragsvergabe vertraglich vereinbaren.

1.2.1.4 Fertiger und/oder Errichter der Rohrleitung

Person oder Organisation, die die im Auftrag des Herstellers die Fertigung und/oder Verlegung (Endmontage) von industriellen Rohrleitungen in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser TRIR übernimmt.

1.2.1.5 Konstrukteur

Person oder Organisation, die die Verantwortung für die Konstruktion der industriellen Rohrleitung in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser TRIR trägt.

ANMERKUNG: Der Konstrukteur kann identisch mit dem Hersteller sein.

1.2.1.6 Gefahrenkategorie

Industrielle Rohrleitungen werden gemäss Druckgeräterichtlinie PED in Gefahrenkategorien nach steigendem Gefährdungsniveau eingestuft, d.h. in Abhängigkeit des enthaltenen Fluids, dem Druck PS, der Nennweite DN und dem Aggregatzustand der Fluids.

1.2.1.7 Prüfung

Eine Beurteilung, die durchgeführt wird, um die Annehmbarkeit eines Bauteils, Systems oder Dokumentes festzustellen oder nachzuweisen.

1.2.1.8 Inspektion

Tätigkeit, die von Personen durchgeführt wird, die unabhängig vom Fertigungsprozess sind, um zu bestätigen, dass die Ergebnisse der verlangten Prüfungen mit den festgelegten Anforderungen übereinstimmen.

1.2.1.9 Fluid

Fluide sind Gase, Flüssigkeiten und Dämpfe, die als reine Phase sowie als Gemische vorliegen können. Fluide können eine Suspension von Feststoffen enthalten.

1.2.1.10 Maximal zulässiger Druck (PS)

Der maximal zulässige Druck ist der vom Hersteller angegebene, höchste Druck, für den das Druckgerät ausgelegt ist.

Er wird für eine vom Hersteller vorgegebene Stelle festgelegt. Hierbei handelt es sich um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgerätes, oder, falls nicht geeignet, um eine andere angegebene Stelle.

1.2.1.11 Zulässige minimale/maximale Temperatur (TS)

Die zulässige minimale/maximale Temperatur ist die vom Hersteller angegebene minimale/maximale Temperatur, für die das Gerät ausgelegt ist.

1.2.1.12 Nennweite (DN)

Die "Nennweite DN" ist eine numerische Grössenbezeichnung, welche für alle Bauteile eines Rohrsystems benutzt wird und für die nicht der Aussendurchmesser oder die Gewindegrosse angegeben werden. Es handelt sich um eine gerundete Zahl, die als Nenngrosse dient und nur näherungsweise mit den Fertigungsmassen in Beziehung steht. Die Nennweite wird durch DN, gefolgt von einer Zahl, ausgedrückt.

1.2.2 Formelzeichen und Einheiten

Die grundlegenden Formelzeichen und Einheiten nach EN 764-2 gelten für alle Teile dieser TRIR.

Spezifische Formelzeichen sind in den entsprechenden Teilen definiert.

1.3 Verantwortungen

Der Hersteller ist verantwortlich für die Konstruktion, Fertigung, Verlegung, Prüfung und Konformitätsbewertung der Rohrleitung und/oder den Sicherheitseinrichtungen.

Damit ein Hersteller seine Verantwortung wahrnehmen kann, muss der Besteller die notwendigen Daten liefern.

Vergibt der Hersteller Teilaufgaben (z.B. Planung, Berechnung, Fertigung, Verlegung, Prüfung etc.) an Unterlieferanten muss er dafür sorgen, dass diese die Anforderungen der TRIR und der PED für den jeweiligen Teilbereich erfüllen. Die Gesamtverantwortung verbleibt in jedem Fall beim Hersteller.

ANMERKUNG: Hersteller im Sinne der TRIR kann damit auch eine externe Planungsfirma oder der Betreiber sein.

1.4 Erläuterungen

1.4.1 Oberirdische Rohrleitungen sind solche, die in Räumen oder im Freien ohne Erd- oder Sanddeckung verlegt sind. Dazu zählen auch solche Rohrleitungen, die in nicht verfüllten Gräben und Kanälen verlegt sind.

Erdgedeckte Rohrleitungen sind solche, die ganz oder teilweise mit Erde oder Sand bedeckt sind, und zwar auch dann, wenn sie ganz oder teilweise oberhalb der Erdoberfläche liegen.

1.4.2 Rohrleitungen müssen so beschaffen sein, dass sie den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen und dicht bleiben. Sie müssen insbesondere

- 1) so ausgeführt sein, dass sie den zulässigen Betriebsüberdruck und die zulässige Betriebstemperatur sicher aufnehmen,
- 2) aus Werkstoffen hergestellt sein, die
 - a) die am fertigen Bauteil erforderlichen mechanischen Eigenschaften haben,
 - b) nicht vom Beschickungsgut in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit diesem keine gefährlichen Verbindungen eingehen, sofern die Werkstoffe dem Beschickungsgut ausgesetzt sind und
 - c) korrosionsbeständig oder gegen Korrosion geschützt sind, sofern sie von aussen einwirkenden korrosiven Einflüssen unterliegen,
- 3) mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet sein, die ihrer Aufgabe sicher genügen.

1.5 Einteilung von Fluiden

Fluide sind in zwei Gruppen unterteilt (PED Art. 9):

Gruppe 1 umfasst gefährliche Fluide entsprechend den Definitionen in Art. 2, Abs. 2 der Richtlinie 67/548/EWG (Ergänzung nach Richtlinie 94/69/EWG) zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe.

Zu **Gruppe 1** zählen Fluide, die wie folgt eingestuft werden:

- explosionsgefährlich
- brandfördernd
- hochentzündlich
- leicht entzündlich
- entzündlich (wenn die maximal zulässige Temperatur über dem Flammpunkt liegt)
- entwickeln bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft hochentzündliche Gase in gefährlicher Menge
- sehr giftig
- giftig
- gesundheitsschädlich
- ätzend
- reizend
- sensibilisierend
- brandfördernd
- krebserzeugend
- erbgutverändernd
- fortpflanzungsgefährdend
- umweltgefährlich

Zu **Gruppe 2** zählen alle in Gruppe 1 nicht enthaltenen Fluide.

1.6 Einstufung von Rohrleitungen (Gefahrenkategorien nach PED)

1.6.1 Allgemeines

Der Hersteller ist für die Festlegung der Gefahrenkategorie der Rohrleitung verantwortlich.

Konstruktion, Herstellverfahren, Umfang und Reihenfolge der Prüfungen basieren auf dem enthaltenen Fluid und den Betriebsbedingungen wie in Tabelle 1.6.4 angegeben.

1.6.2 Konformitätsbewertungsdiagramme

Die Rohrleitungen werden nach den Bildern von Kapitel 1.6.5 (Konformitätsbewertungsdiagramme PED, Anhang II) eingestuft.

1.6.3 Rohrleitungen nach Druckgeräterichtlinie Art. 3, Abs. 3

Solche Rohrleitungen müssen in Übereinstimmung mit den anzuwendenden technischen Regeln konstruiert, hergestellt und geprüft sein (gute Ingenieurspraxis). Diesen Rohrleitungen sind ausreichende Benutzungsanweisungen beizufügen. Sie müssen eine Kennzeichnung tragen, anhand welcher der Hersteller ermittelt werden kann. Diese Rohrleitungen dürfen nicht die CE-Kennzeichnung tragen.

1.6.4 Einstufung von industriellen Rohrleitungen nach Gefahrenkategorien

Fluid	Fluid-gruppe (siehe Kap. 1.5)	Kriterien	Gefahren-Kategorie	Verweis
Gase	1	PS > 0,5 bar und DN > 350 oder PS > 0,5 bar und DN > 100 und PS * DN > 3 500	III	siehe 1.6.5.1
		PS > 0,5 bar und 100 < DN ≤ 350 und PS * DN ≤ 3 500 oder 25 < DN ≤ 100 und PS * DN > 1 000 oder 25 < DN ≤ 350 und 1 000 < PS * DN < 3 500	II ¹⁾	
		PS > 0,5 bar und 25 < DN ≤ 100 und PS * DN ≤ 1 000	I ¹⁾	
		PS > 0,5 bar und DN < 25	(siehe 1.6.3)	
	2	PS > 0,5 bar und DN > 250 und PS * DN > 5 000	III	siehe 1.6.5.2
		PS > 0,5 bar und DN > 250 und 3 500 < PS * DN ≤ 5 000 oder 100 < DN ≤ 250 und PS * DN > 3 500	II ²⁾	
		PS > 0,5 bar und DN > 32 und 1 000 < PS * DN ≤ 3 500 oder 32 < DN ≤ 100 und PS * DN > 1 000	I	
		PS > 0,5 bar und DN ≤ 32 oder PS > 0,5 bar und PS * DN ≤ 1 000	(siehe 1.6.3)	
Flüssig-keiten	1	PS > 500 bar und DN > 25	III	siehe 1.6.5.3
		10 bar < PS ≤ 500 bar und DN > 25 und PS * DN > 2 000	II	
		0,5 bar < PS ≤ 10 bar und PS * DN > 2000		
	2	PS > 0,5 bar und DN ≤ 25 oder PS > 0,5 bar und PS * DN < 2 000	(siehe 1.6.3)	siehe 1.6.5.4
		PS > 500 bar und DN > 200	II	
		10 < PS ≤ 500 bar und DN > 200 und PS * DN > 5 000	I	
		0,5 bar < PS ≤ 10 bar oder PS > 0,5 bar und DN ≤ 200 PS > 0,5 bar und PS * DN ≤ 5 000	(siehe 1.6.3)	

Bemerkungen:

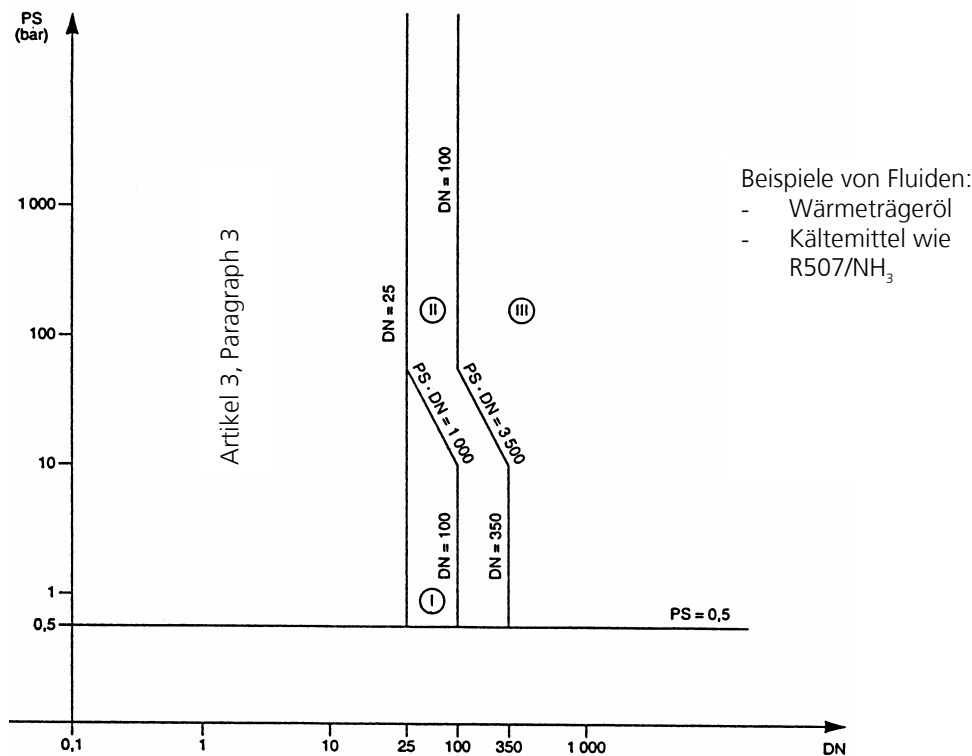
- 1) Ausnahmsweise müssen Rohrleitungen für unbeständige Gase, die auf der Grundlage der obigen Tabelle unter Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie III eingestuft werden.
- 2) Ausnahmsweise müssen alle Rohrleitungen für Gase bei einer Temperatur über 350 °C, die auf der Grundlage der obigen Tabelle unter Kategorie II fallen, in die Kategorie III eingestuft werden.

1.6.5 Konformitätsbewertungsdiagramme für Rohrleitungen > 0,5 bar gemäss Druckgeräterichtlinie PED

Mit den Abgrenzungslinien in den nachstehenden Konformitätsbewertungsdiagrammen wird der Höchstwert für jede Kategorie angegeben.

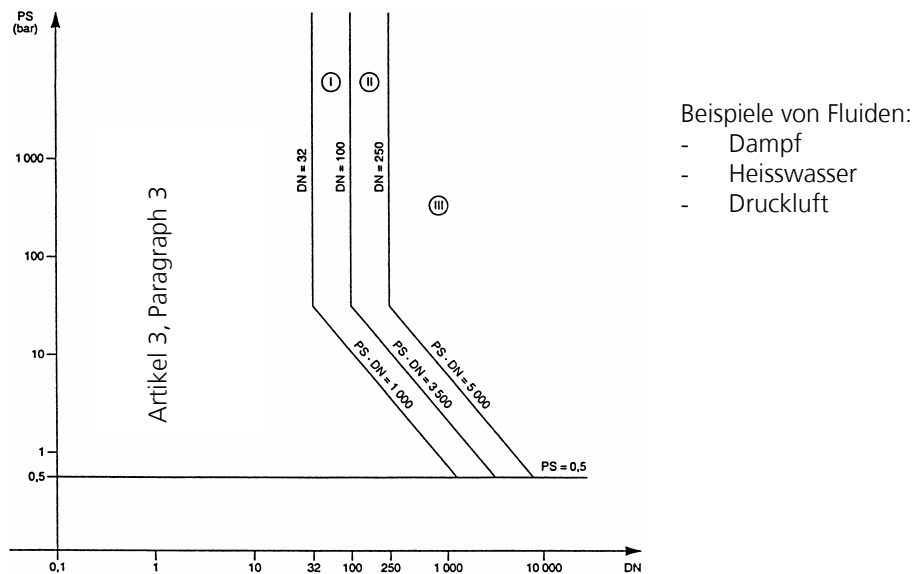
1.6.5.1 Rohrleitungen für Gase der Gruppe 1

Rohrleitungen für Gase, verflüssigte Gase, unter Druck gelöste Gase, Dämpfe und diejenigen Flüssigkeiten deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur (TS) um mehr als 0.5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1013 mbar) liegt.



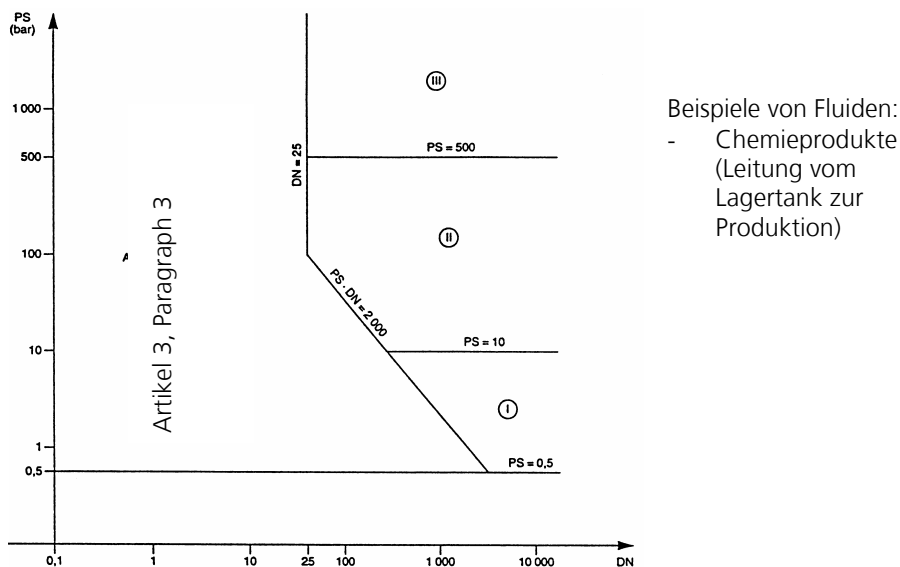
1.6.5.2 Rohrleitungen für Gase der Gruppe 2

Rohrleitungen für Gase, verflüssigte Gase, unter Druck gelöste Gase, Dämpfe und diejenigen Flüssigkeiten deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur (TS) um mehr als 0.5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1013 mbar) liegt.



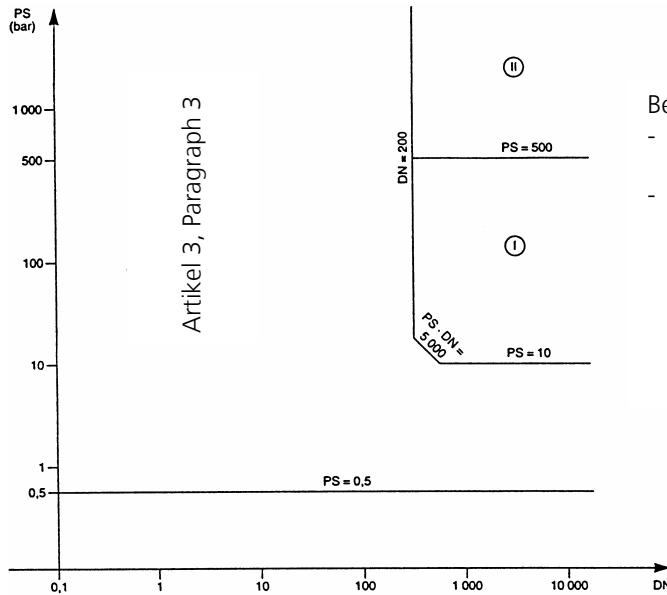
1.6.5.3 Rohrleitungen für Flüssigkeiten der Gruppe 1

Rohrleitungen für Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur (TS) um höchstens 0.5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1013 mbar) liegt.



1.6.5.4 Rohrleitungen für Flüssigkeiten der Gruppe 2

Rohrleitungen für Flüssigkeiten, deren Dampfdruck bei der zulässigen maximalen Temperatur (TS) um höchstens 0.5 bar über dem normalen Atmosphärendruck (1013 mbar) liegt.



Beispiele von Fluiden:

- Energiewasser und Abwasser in Chemie
- Hydrauliköle

1.6.6 Beispiele:

Chemie				Kat. bei Fluide Gruppe	
	PN	DN	PN x DN	Gr I	Gr II
Hauptleitung	16	150 (300)	2400 (4800)	II (III)	I (II)
Speiseleitung	16	80 (65)	1280 (1040)	I (I)	I (I)
Druckluft	16	25 (40)	400 (1000)	---	A3/I
Produkte (Tank)	6	50 (80)	300 (480)	A3	A3

Heisswasser-Netze TS = 180° C				Kat. bei Fluide Gruppe	
	PN	DN	PN x DN	Gr I	Gr II
Hauptleitung	25	200 (350)	5000 (8750)	---	II (III)
Speiseleitung	16	80 (150)	1280 (2400)	---	I (II)

1.7 Konformitätsbewertung

Der Hersteller muss jede Rohrleitung, die in eine Gefahrenkategorie I, II, oder III fällt, vor dem Inverkehrbringen einer Konformitätsbewertung unterziehen. Die Konformitätsbewertungsverfahren sind in der Druckgeräterichtlinie PED, Anhang 3 umschrieben. Unter Berücksichtigung der Einteilung von Fluiden (Kapitel 1.5) und der Einstufung von Rohrleitungen (Kapitel 1.6) kann das entsprechende Konformitätsbewertungsverfahren bestimmt werden (siehe PED, Anhang 2).

1.8 Zusätzliche Anforderungen für erdgedeckte Leitungen

Zur Erleichterung von Wartungs-, Inspektions- und Reparaturarbeiten sind Lage und Verlauf von erdverlegten Rohr- und Fernleitungen zumindest in der technischen Dokumentation anzugeben.

2. Werkstoffe

2.1 Allgemeine Anforderungen an Werkstoffe für drucktragende Teile

- 2.1.1** Werkstoffe für drucktragende Teile müssen den allgemeinen Anforderungen dieses Abschnittes genügen. Sie müssen bei der Bestellung mit den technischen Lieferbedingungen nach Kapitel 2.2 übereinstimmen.
Die Kennzeichnung muss nach Kapitel 2.4 erfolgen.
Die Festlegungen sind ebenfalls zu berücksichtigen, wenn die technischen Lieferbedingungen als Europäische Werkstoffnormen, Europäische Werkstoffzulassungen oder Werkstoff-Einzelgutachten vorliegen. Zusätzlich müssen die Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbrech (siehe Kapitel 2.3) bei der Festlegung der technischen Lieferbedingungen für Werkstoffe für Druckbehälter eingehalten werden.
- 2.1.2** Die Anforderungen an die metallischen Werkstoffe sind im SVTI-Regelwerk Band 1, Kapitel 2, umschrieben.
- 2.1.3** Die Erzeugnisse müssen frei von äusseren und inneren Fehlern sein, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen könnten.
- 2.1.4** Für Stähle muss eine Mindest-Bruchdehnung für eine Messlänge $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ (S_0 = Ausgangsquerschnitt innerhalb der Messlänge) wie folgt festgelegt sein:
- $A_5 \geq 14 \%$ für die Querrichtung; oder in jenen seltenen Fällen, in denen die Längsrichtung kritischer ist, für die Längsrichtung und
 - $A_5 \geq 16 \%$ für die Längsrichtung oder, falls die Längsrichtung weniger kritisch ist, für die Querrichtung.
- Es können jedoch auch niedrigere Werte für die Bruchdehnung als oben festgelegt (z.B. für Befestigungsmittel oder Gussstücke) verwendet werden, jedoch müssen von den Beteiligten geeignete Massnahmen zum Ausgleich dieser niedrigeren Werte getroffen werden.
- 2.1.5** Für Schrauben, Bolzen und Muttern dürfen keine Automatenstähle verwendet werden. Unlegierte oder niedriglegierte Stähle mit $> 3,5 \%$ Nickel dürfen nicht über $300 \text{ }^\circ\text{C}$ verwendet werden.

Der Werkstoff solcher Elemente darf keine Bruchdehnung $A_5 < 14 \%$ und bei ferritischen und martensitischen Stählen keine Zugfestigkeit $> 1000 \text{ N/mm}^2$ aufweisen. Ferritische und martensitische Stähle, die unter -10 °C verwendet werden, müssen einem Kerbschlagversuch bei der vorgesehenen tiefsten Betriebstemperatur unterzogen werden und in Längsrichtung eine Mindest-Kerbschlagarbeit von durchschnittlich 40 Joule aufweisen.

Wasserstoffversprödung, Ermüdungs- oder Entspannungsverhalten sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Prüfbescheinigungen müssen EN 764-5 oder SVTI-Regelwerk Band 1, Kapitel 2 entsprechen.

- 2.1.6** Die verwendeten Werkstoffe (für Rohre, Flansche, Dichtungen etc.) müssen gegen die in der Rohrleitung geführten Fluide in ausreichendem Masse chemisch beständig sein.

2.2 Technische Lieferbedingungen für Werkstoffe für Rohrleitungen

2.2.1 Allgemeines

Die technischen Lieferbedingungen müssen den Anforderungen nach EN 764-4 entsprechen.

2.2.2 Werkstoffe nach SVTI Band 1, Kapitel 2

Die in der Reihe 200 SVTI-Regelwerk Band 1 enthaltenen Werkstoffe erfüllen alle allgemeinen Anforderungen dieser TRIR, sofern die angegebenen Einschränkungen berücksichtigt werden. Besondere Bedingungen, bedingt durch Fertigung und Betrieb, müssen gegebenenfalls berücksichtigt werden.

2.2.3 Europäische Werkstoffzulassung

Ein in einem Europäischen Werkstoffdatenblatt (EMDS) festgelegter Werkstoff für Rohrleitungen darf nur innerhalb seines Anwendungsbereiches benutzt werden.

2.2.4 Werkstoff-Einzelgutachten

Andere Werkstoffe (nicht in den Kapiteln 2.2.2 & 2.2.3 erwähnt) dürfen ebenfalls verwendet werden, sofern sie durch ein Einzelgutachten nach EN 764-4 zugelassen wurden.

2.2.5 Technische Lieferbedingungen für Schweisszusätze und Hilfsstoffe

Schweisszusätze und Hilfsstoffe, die zum Schweißen von drucktragenden Teilen und deren Anbauteilen verwendet werden, müssen mit prEN 12074 (siehe auch Kapitel 4 dieser TRIR) übereinstimmen.

2.3 Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch

Für minimal zulässige Temperaturen tiefer als -10 °C sind die Festlegungen der SVTI-Vorschrift 215 zu beachten.

Die Kriterien zur Vermeidung von Sprödbruch bei tiefen Temperaturen von metallischen Werkstoffen in Form von Blech, Band, Rohren, Fittings, Schmiedestücken, Gussstücken, Flanschen, Armaturengehäusen, Befestigungselementen und Schweisskonstruktionen für drucktragende Teile beruhen auf Anforderungen an die Kerbschlagarbeit für die Grundwerkstoffe bei festgelegten Temperaturen. Die Eigenschaften für die Grundwerkstoffe sind in den Werkstoffnormen festgelegt.

2.4 Kennzeichnung der Werkstoffe

Die Kennzeichnung der Liefereinheiten oder der Erzeugnisse muss die Rückverfolgbarkeit zwischen diesen und den Prüfbescheinigungen sicherstellen. Für Werkstoffe nach Europäischen Normen muss die Kennzeichnung den Anforderungen der jeweils massgebenden Produktnorm entsprechen.

Für andere Werkstoffe muss die Kennzeichnung mindestens umfassen:

- die Werkstoffspezifikation (Bezugsdokument, Werkstoffbezeichnung);
- Name oder Zeichen des Herstellers;
- Stempel des Vertreters der Inspektionsstelle, falls zutreffend;
- ein Identitätszeichen, das die Zusammengehörigkeit von Erzeugnis oder Liefereinheit mit der betreffenden Prüfbescheinigung erkennen lässt.

2.5 Anforderungen an Werkstoffe für nicht drucktragende Teile

Werkstoffe für nicht drucktragende, an den Rohrleitungen angeschweisste Teile sowie Schweisszusätze und Hilfsstoffe müssen festgelegt werden, wenn dies aufgrund der Betriebsbedingungen erforderlich ist. Die Werkstoffe müssen mit dem Werkstoff, mit dem sie verbunden werden, kompatibel sein.

3. Berechnung und Konstruktion

3.1 Grundlegende Auslegungskriterien

3.1.1 Allgemeines

Dieser Teil der TRIR legt die Regeln für die Auslegung und Berechnung von industriellen Rohrleitungen fest.

Gibt diese TRIR keine Berechnungsregel vor, sind vom Konstrukteur allgemein anerkannte Berechnungsregeln oder experimentelle Verfahren zum Nachweis der gewählten Abmessungen und Wanddicken anzuwenden.

In diesem Teil werden Berechnungsmethoden angewandt, die elastisches Materialverhalten zugrunde legen, auch wenn in einigen Fällen plastisches Verhalten des Werkstoffes auftreten wird.

Bei der Auslegung sind die Schliess- und Öffnungscharakteristiken der Sicherheitseinrichtungen, insbesondere der Sicherheitsventile und der Berstsicherungen zu beachten.

Werden für Rohre mit grossen Durchmessern Form- und Montageverfahren aus dem Bereich der Druckbehälterindustrie angewandt, gelten für diese Verfahren die Regeln für die Auslegung von Druckbehältern. Für das Gesamtverhalten gelten die Regeln dieser TRIR weiterhin, wenn sich die Gesamtkonstruktion mit der Balkentheorie ausreichend beschreiben lässt.

Bei vorübergehend verlegten Rohrleitungen, z.B. für Spül-, Reinigungs- und Aus-/ Durchblaszwecke, müssen die zulässigen Spannungen unter Auslegungsbedingungen zugrunde gelegt werden.

3.1.2 Belastungen

3.1.2.1 Allgemeines

Rohrleitungen sind einer Vielzahl von Belastungen ausgesetzt, z.B.:

- Innen- und/oder Aussendruck
- Temperatur
- Gewicht von Rohrleitung und Inhalt
- Klimabelastungen
- dynamische Effekte des Fluids
- Bewegungen von Untergrund und Gebäuden
- Schwingungen
- Erdbeben

3.1.2.2 Kombination von Lasten

Treten in einer Rohrleitung mehr als eine Lastkombination aus Druck und Temperatur auf, ist die grösste der für diese Kombinationen berechneten Wanddicke zu verwenden.

3.1.2.3 Bei der Dimensionierung zu berücksichtigende Lasten

1. Betriebsdruck

Der Betriebsdruck p_o ist maximal gleich dem für die jeweilige Rohrleitung festgelegten höchstzulässigen Betriebsdruck PS .

2. Betriebstemperatur

Die Betriebstemperatur t_o muss innerhalb des für das jeweilige Rohrleitungssystem festgelegten zulässigen Temperaturbereichs TS liegen.

3. Lastkombinationen

Es ist die zusammengehörige Kombination von Druck und Temperatur (p_o , t_o) zu betrachten, die die höchsten Belastungen im Rohrleitungssystem hervorruft.

Dieser Zustand muss als stationäre Belastung wirken. Transiente Belastungszustände während des Betriebes oder während Prüfungen sind dabei nicht zu berücksichtigen.

ANMERKUNG: Dies entbindet den Konstrukteur keinesfalls von zusätzlichen Prüfungen zum Nachweis des ordnungsgemässen Verhaltens des Rohrleitungssystems.

4. Berechnungsdruck

Der Berechnungsdruck p_c darf nicht kleiner sein als der höchstzulässige Betriebsdruck PS.

Liegt die Berechnungstemperatur t_c in einem Bereich, in dem das Zeitstandverhalten für die Bestimmung der zulässigen Spannung von Bedeutung ist, ist für den Berechnungsdruck der ggf. korrigierte Wert des Betriebsdrucks (p_o) zu verwenden, der bei der Betriebstemperatur (t_o) herrscht.

5. Berechnungstemperatur

Die Berechnungstemperatur t_c entspricht in der Regel der maximalen, unter normalen Betriebsbedingungen auftretende Mediumstemperatur.

3.1.2.4 Weitere zu berücksichtigende Belastungen

1. Gewicht von Rohrleitung und Inhalt

Auf das Rohrleitungssystem einwirkende schwerkraftbedingte Lasten sind bei der Auslegung zu berücksichtigen. Dazu gehören:

- das Gewicht von Rohrleitung, Formstücken, Ventilen und Isolierung
- das Gewicht des beförderten Fluids oder
- das Gewicht der Prüfflüssigkeit

2. Klimatisch bedingte Belastungen

Wird das Rohrleitungssystem im Freien verlegt, sind klimatisch bedingte Belastungen zu berücksichtigen. Die Höchstlasten sind anhand der tatsächlich auftretenden örtlichen Klimabedingungen und ihrer Einwirkung auf das Rohrleitungssystem festzulegen.

3. Dynamische Effekte des Fluids

Das Rohrleitungssystem ist so auszulegen, dass Schäden infolge dynamischer Effekte des Fluides vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sind derartige Effekte zu berücksichtigen. Sind dynamische Effekte unmittelbar auf den Verarbeitungsprozess oder die Verwendung des vom Besteller gelieferten Ausrüstungsteils zurückzuführen, sind sie in der Bestellspezifikation quantitativ festzulegen. Reaktionskräfte aufgrund der Funktion von Sicherheitsventilen sind zu berücksichtigen.

4. Bewegungen von Untergrund und Gebäuden

Sind während der Betriebsdauer der Rohrleitung Bewegungen des Untergrunds oder Setzungsunterschiede der Gebäude zu erwarten, muss dies bei der Auslegung berücksichtigt werden.

5. Schwingungen

Rohrleitungen sind so auszulegen und abzustützen, dass übermässige und schädigende Wirkungen von Schwingungen, z.B. durch Stoss, Druckschwankungen, Windlasten und Resonanzen in Druckstücken ausgeschlossen sind.

Können während des Betriebs Schwingungen auftreten, sind entsprechende Stützen, Dämpfer, Halterungen und Verankerungen zu verwenden, um diese Schwingungen zu beseitigen.

6. Erdbeben

Falls erforderlich, sind die seismischen Lasten zu berücksichtigen.

3.1.2.5 Auslegungsbedingungen

1. Normale Betriebsbedingungen

Normale Betriebszustände sind Lasten, die bei normalen Betriebsprozessen auftreten. Vollast- und Teillastbedingungen sowie die Bedingungen beim Abfahren sind zusammen mit den damit verbundenen Anfahr-, Schalt- und Abschaltvorgängen zu berücksichtigen.

Für die Berechnung sind die nachstehenden Lastfälle zu untersuchen:

- Innen- und/oder Aussendruck, einschliesslich geodätischer Höhe des Füllmediums,
- Gewicht der Rohrleitung, einschliesslich innenliegender Einbauteile sowie zusätzlich angebrachter Einrichtungen
- Gewicht der Isolierung
- Gewicht des Fluids
- Wärmeausdehnung
- Abstützungsbedingungen
- Verhalten von Feder- und Konstanthängern und –stützen
- Verschiebung und Verdrehung von Festpunktlagern, Abstützungen und angeschlossenen Ausrüstungsteilen
- Vorspannung

2. Gelegentlich auftretende Betriebszustände

Gelegentlich auftretenden Zustände sind Vorfälle im Normalbetrieb, z.B. Auswirkungen der Funktion von Sicherheitseinrichtungen, eines Turbinenlastabwurfs, eines Pumpenausfalls oder des Öffnens und Schliessens von Absperrventilen.

Für die Berechnung sind zusätzlich zu den oben erwähnten, normalen Lastfällen, die nachstehenden Lastfälle zu berücksichtigen:

- Ansprechen von Sicherheitsventilen
- dynamische Stossbelastungen, z.B. Dampf-, Wasserschlag
- Ausströmreaktionskräfte
- von den Normalbedingungen abweichende Temperaturen
- Abstützung durch Stossdämfer
- Abstützung durch Feder- und Konstantstützen
- mögliche übliche Klimaeinflüsse, z.B. den normalen örtlichen Bedingungen entsprechende Schnee- und Windlasten
- seismische Lasten

Für die Berechnung unter Reinigungsbedingungen (Beizen und Spülen mit Dampf etc.) sind sämtliche statischen und dynamischen Randbedingungen zu untersuchen.

3.2 Berechnung

3.2.1 Allgemeines

Rohrleitungen sind gegenüber den Auslegungsbedingungen (3.1.2.5) nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, z.B. ANSI B 31.3 oder prEN 13480 zu berechnen. Beanspruchungen aus Innendruck, Massenkräften und Temperaturzwängungen (Wärmedehnungen) können vereinfacht jeweils unabhängig von den übrigen Belastungen nach Abschnitt 3.2.2 erfasst werden. Ist die Berechnung der Rohrleitung nicht oder nur mit einem nichtvertretbaren Aufwand möglich, kann die ausreichende Dimensionierung der Rohrleitung auch durch Dehnungsmessung am Bauteil festgestellt oder gegebenenfalls durch andere experimentelle Methoden belegt werden.

3.2.2 Vereinfachte Vorgehensweise

Die nachfolgend aufgeführten Punkte gelten im wesentlichen für nicht erdverlegte Rohrleitungen. Bei erdverlegten Rohrleitungen sind die erforderlichen Zusatzbetrachtungen, z.B. hinsichtlich Erdauflast, behindertes Dehnverhalten im Erdreich, Bergsenkungseinflüsse, im Einzelfall festzulegen.

3.2.2.1 Berechnung der Rohre, Formstücke und anderer Bauteile gegen Innen- oder Aussendruck.

Der Nachweis für Beanspruchungen aus Innendruck erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, wie z.B. DIN 2413, Teil 1 und 2 oder SVTI-Regelwerk Reihe 300.

Armaturengehäuse können beispielsweise nach DIN 3840 gegen Innendruck berechnet werden.

1. Rohre

Für die Rohre gilt Abschnitt 3.2.2.1 als erfüllt, wenn das Wanddicken-Durchmesser Verhältnis $(s_e - c_1 - c_2)/d_a$ bei gegebenem $(p \cdot S)/K$ nach Kapitel 3.3 mindestens eingehalten wird. Die genannten Voraussetzungen sind dabei zu beachten.

2. Rohrbogen, Reduzierstücke, Kappen

Bei Rohrbogen nach DIN 2605, Teil 2, Reduzierstücken nach DIN 2616, Teil 2 und Kappen nach DIN 2617 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die Anschlusswanddicke der Formstücke entsprechend der erforderlichen Rohrwanddicke s_e nach Abschnitt 1 gewählt wird.

Bei Rohrbogen nach DIN 2605, Teil 1 und Reduzierstücken nach DIN 2616, Teil 1 muss der zulässige Ausnutzungsgrad dieser Formstücke gegenüber dem geraden Rohr reduziert werden.

3. Formstücke

Bei Formstücken nach DIN 2856 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die in dieser Norm angegebenen Betriebsdrücke nicht überschritten werden.

Bei T-Stücken nach DIN 2615, Teil 2 ist eine Berechnung gegen Innendruck nicht erforderlich, wenn die Anschlusswanddicke der Formstücke entsprechend der erforderlichen Rohrwanddicke s_e nach Abschnitt 1 gewählt wird.

Bei T-Stücken nach DIN 2615, Teil 1 muss der zulässige Betriebsüberdruck entsprechend dem zulässigen Ausnutzungsgrad dieser T-Stücke gegenüber dem geraden Rohr reduziert werden.

Bei 90°-Abzweigen und 45°-Abzweigen ist eine Berechnung nicht erforderlich, wenn das Wanddicken-Durchmesser Verhältnis $(s_e - c_1 - c_2)/d_a$ bei gegebenem

(p*S)/K nach Kapitel 3.3 mindestens eingehalten ist. Die genannten Voraussetzungen sind dabei zu beachten.

3.2.2.2 Festlegung der zulässigen Stützweiten

Durch die Festlegung der zulässigen Stützweiten werden die Auswirkungen der Massenkräfte auf die Durchbiegung bzw. auf die Spannungen begrenzt, so dass eine getrennte Behandlung von Innendruck und Massenkräften möglich wird. Der Nachweis der Zulässigkeit der Stützweiten gilt als erbracht, wenn für die Stahlrohre die Stützweiten nach 3.4.1, eingehalten und die Festlegung in Kapitel 3.4.2 beachtet werden. Für andere Parameter, z.B. andere Werkstoffe, kann die Tabelle in 3.4.1 nach den in den Festlegungen in 3.4.2 enthaltenen Angaben umgerechnet werden.

3.2.2.3 Elastizitätskontrolle

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Elastizität, z.B. bei behinderter Wärmedehnung der Rohrleitung oder bei der Wärmedehnung anschliessender Behälter, muss ein Rohrleitungssystem über ausreichende Möglichkeiten der Biegeverformung oder Torsionsverformung verfügen. Dies wird im Regelfall durch entsprechende Verlegung erreicht. Es sind dabei mehrere Einflussfaktoren zu berücksichtigen, wobei für die Beurteilung der Rohrleitung auf genügende Flexibilität vor allem die Temperatur und der Durchmesser von Bedeutung sind.

Abweichend von Abschnitt 3.2.1 ist eine Berechnung der Elastizität nicht erforderlich, wenn die Schenkellängen Bedingungen nach 3.5 genügen. Dabei wird vorausgesetzt, dass aufgrund der Verlegung die Torsionsspannungen von untergeordneter Bedeutung sind.

Erläuterungen und Beispiele sind in 3.5 enthalten.

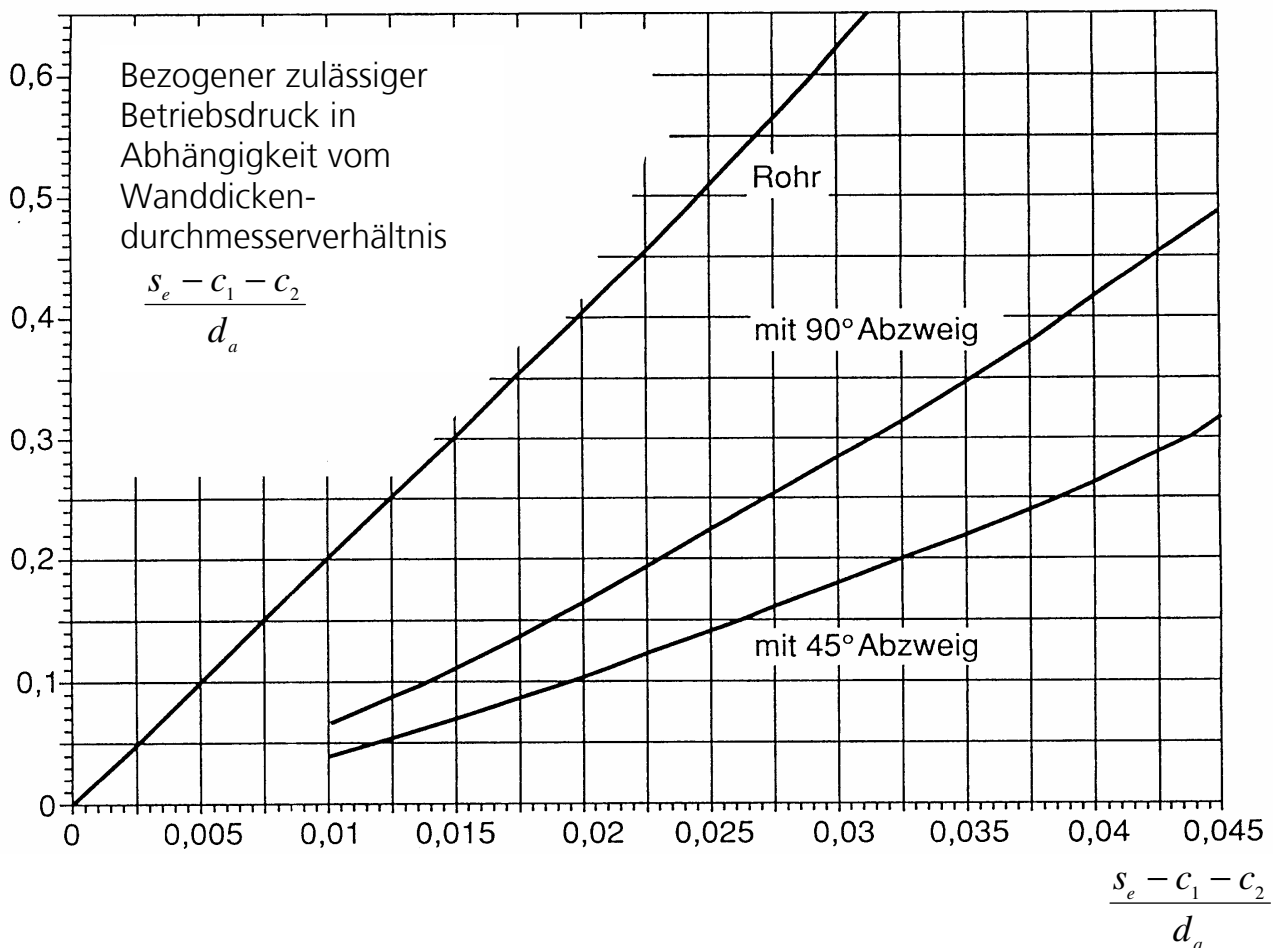
3.2.3 Flansche, Schrauben, Dichtungen

Die Auslegung und Berechnung der Flansche, Schrauben und Dichtungen erfolgt nach SVTI 314 und SVTI 315.

3.3 Beurteilung von Rohren und T-Stücken

Bei gegebenem $(p \cdot S)/K$ ist die Dimensionierung für die Beanspruchung aus dem Innendruck dann genügend, wenn der Wert $(s_e - c_1 - c_2)/d_a$ rechts unterhalb oder auf der jeweiligen Kurve liegt.

$$\frac{p \cdot S}{K}$$



Die Kurven gelten für:

$\nu = 1$

Wanddickenverhältnis

Durchmesserverhältnis

Berechnung Rohr

Berechnung mit 90° Abzweig

Berechnung mit 45° Abzweig

Rohr/Abzweig 1 : 1

Rohr/Abzweig 1 : 1

SVTI 313 (AD B 1)

TRD 301, bzw. AD B 9

TRD 301

Formelzeichen:

p	bar	Betriebsdruck
S	-	Sicherheitsbeiwert
K	N/mm ²	Festigkeitskennwert
d _a	mm	Rohraussendurchmesser
S _e	mm	ausgeführte Wanddicke
C ₁	-	Untermasszuschlag
C ₂	-	Abnutzungszuschlag

3.3.1 Beispiele:

PS	=	16 bar
TS	=	200 ⁰ C
DN	=	100
d _a	=	108 mm
S	=	1,5

① bei Werkstoff : 1.4404

K	=	167 N/mm ² (= R _{eT})
C ₁	=	0,1 mm
C ₂	=	0
S _e	=	2,5 mm

$$P \cdot S / K = 16 \cdot 1,5 / 167 = 0,1437$$

Dies ergibt einen Minimalwert für $(S_e - C_1 - C_2) / d_a$ von **0,0054** aus dem Diagramm.

$$(S_e - C_1 - C_2) / d_a = (2,5 - 0,1) / 108 = 0,0222$$

das heisst **0,022 > 0,054** (Wandstärke ist genügend)

② bei Werkstoff : St35.8

K	=	185 N/mm ² (= R _{eT})
C ₁	=	0,1 mm
C ₂	=	0,8 mm
S _e	=	2,5 mm

$$P \cdot S / K = 16 \cdot 1,5 / 185 = 0,1297$$

Dies ergibt einen Minimalwert für $(S_e - C_1 - C_2) / d_a$ von **0,0053** aus dem Diagramm.

$$(S_e - C_1 - C_2) / d_a = (2,5 - 0,1 - 0,8) / 108 = 0,0148$$

das heisst **0,0148 > 0,0053** (Wandstärke ist genügend)

3.4 Zulässige Stützweiten für Stahlrohre

3.4.1 Tabellen mit den zulässigen Stützweiten

3.4.1.1 Leeres Rohr, ohne Dämmung (z.B. : Gase, Druckluft)

DN	d _a	s	q	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
	mm		kg/m	m					
25	33.7	2.0	1.6	2.9	5.5	4.8	2.9	2.8	1.5
25	33.7	4.0	2.9	2.9	5.3	5.3	3.6	2.6	1.8
40	48.3	2.0	2.3	3.5	6.8	5.2	3.1	3.4	1.6
40	48.3	4.0	4.4	3.5	6.5	6.4	3.9	3.3	1.9
50	60.3	2.0	2.9	4.5	7.6	5.4	3.3	3.8	1.6
50	60.3	4.5	6.2	4.4	7.3	6.9	4.2	3.7	2.1
80	88.9	2.3	5.0	5.5	9.3	6.0	3.7	4.7	1.8
80	88.9	5.6	11.5	5.4	9.0	8.0	4.9	4.5	2.4
100	114.3	2.6	7.3	6.3	10.6	6.6	4.0	5.3	2.0
100	114.3	6.3	16.8	6.2	10.3	8.7	5.3	5.2	2.7
150	168.3	2.6	10.8	7.6	12.9	7.0	4.3	6.5	2.2
150	168.3	7.1	28.2	7.5	12.7	9.7	5.9	6.3	3.0
200	219.1	2.9	15.7	8.7	14.8	7.7	4.7	7.4	2.3
200	219.1	7.1	37.1	8.7	14.6	10.2	6.3	7.3	3.1
250	273.0	2.9	19.6	9.7	16.6	7.9	4.9	8.3	2.4
250	273.0	7.1	46.6	9.7	16.4	10.7	6.5	8.2	3.3
300	323.9	2.9	23.3	10.6	18.1	8.2	5.0	9.0	2.5
300	323.9	8.0	62.3	10.6	17.9	11.4	7.0	8.9	3.5
350	355.6	3.2	28.2	11.1	18.9	8.6	5.2	9.5	2.6
350	355.6	8.8	75.3	11.1	18.8	12.0	7.3	9.4	3.7
400	406.4	3.2	32.2	11.9	20.3	8.8	5.4	10.1	2.7
400	406.4	10.0	97.8	11.8	20.0	12.8	7.8	10.0	3.9
500	508.0	4.0	50.4	13.3	22.6	9.8	6.0	11.3	3.0
500	508.0	11.0	134.8	13.2	22.5	13.7	8.4	11.2	4.7

L₁...L₆ siehe 3.4.1.5

Allgemeine Berechnung siehe 3.4.2

3.4.1.2 Wassergefülltes Rohr, ohne Dämmung (für TS bis ca. 60° C)

DN	d _a	s	q	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
	mm		kg/m	m					
25	33.7	2.0	2.3	2.7	4.6	4.0	2.4	2.3	1.2
25	33.7	4.0	3.5	2.8	4.9	4.9	3.3	2.4	1.7
40	48.3	2.0	3.9	3.1	5.2	4.0	2.4	2.6	1.2
40	48.3	4.0	5.7	3.3	5.7	5.6	3.4	2.9	1.7
50	60.3	2.0	5.4	3.9	5.6	4.0	2.4	2.8	1.2
50	60.3	4.5	8.3	4.1	6.4	6.0	3.7	3.2	1.8
80	88.9	2.3	10.6	4.6	6.4	4.1	2.5	3.2	1.3
80	88.9	5.6	16.3	5.0	7.6	6.7	4.1	3.8	2.1
100	114.3	2.6	16.6	5.1	7.0	4.3	2.7	3.5	1.3
100	114.3	6.3	24.9	5.6	8.5	7.1	4.4	4.2	2.2
150	168.3	2.6	31.7	5.8	7.5	4.1	2.5	3.8	1.3
150	168.3	7.1	46.9	6.6	9.8	7.6	4.6	4.9	2.3
200	219.1	2.9	51.4	6.5	8.2	4.2	2.6	4.1	1.3
200	219.1	7.1	70.1	7.4	10.6	7.5	4.6	5.3	2.3
250	273.0	2.9	75.6	6.9	8.4	4.0	2.5	4.2	1.2
250	273.0	7.1	99.2	8.0	11.2	7.3	4.5	5.6	2.2
300	323.9	2.9	102.7	7.3	8.6	3.9	2.4	4.3	1.2
300	323.9	8.0	136.8	8.7	12.1	7.7	4.7	6.0	2.4
350	355.6	3.2	123.9	7.7	9.0	4.1	2.5	4.5	1.3
350	355.6	8.8	165.0	9.1	12.7	8.1	4.9	6.3	2.5
400	406.4	3.2	157.9	8.0	9.2	4.0	2.4	4.6	1.2
400	406.4	10.0	215.0	9.7	13.5	8.6	5.3	6.8	2.6
500	508.0	4.0	246.7	8.9	10.2	4.4	2.7	5.1	1.4
500	508.0	11.0	320.3	10.7	14.6	8.9	5.4	7.3	2.7

L₁...L₆ siehe 3.4.1.5

Allgemeine Berechnung siehe 3.4.2

3.4.1.3 Wassergefülltes Rohr, Dämmdicke DD 40 (für TS bis ca. 130°C)

DN	d _a	s	q	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
	mm		kg/m	m					
25	33.7	2.0	7.0	2.0	2.6	2.3	1.4	1.3	0.7
25	33.7	4.0	8.1	2.2	3.2	3.2	2.2	1.6	1.1
40	48.3	2.0	9.2	2.5	3.4	2.6	1.6	1.7	0.8
40	48.3	4.0	11.0	2.8	4.1	4.0	2.4	2.1	1.2
50	60.3	2.0	11.3	3.2	3.9	2.7	1.7	1.9	0.8
50	60.3	4.5	14.2	3.6	4.9	4.6	2.8	2.4	1.4
80	88.9	2.3	17.8	4.0	4.9	3.2	1.9	2.5	1.0
80	88.9	5.6	23.5	4.5	6.3	5.6	3.4	3.2	1.7
100	114.3	2.6	25.0	4.6	5.7	3.5	2.2	2.8	1.1
100	114.3	6.3	33.3	5.2	7.3	6.2	3.8	3.7	1.9
150	168.3	2.6	42.6	5.4	6.5	3.5	2.2	3.3	1.1
150	168.3	7.1	57.8	6.3	8.9	6.8	4.2	4.4	2.1
200	219.1	2.9	64.7	6.1	7.3	3.8	2.3	3.6	1.1
200	219.1	7.1	83.4	7.1	9.7	6.8	4.2	4.9	2.1
250	273.0	2.9	91.5	6.6	7.7	3.7	2.2	3.8	1.1
250	273.0	7.1	115.0	7.7	10.4	6.8	4.1	5.2	2.1
300	323.9	2.9	120.9	7.0	7.9	3.6	2.2	4.0	1.1
300	323.9	8.0	155.0	8.4	11.4	7.3	4.4	5.7	2.2
350	355.6	3.2	143.6	7.4	8.4	3.8	2.3	4.2	1.2
350	355.6	8.8	184.7	8.8	12.0	7.7	4.7	6.0	2.3
400	406.4	3.2	179.9	7.7	8.6	3.7	2.3	4.3	1.1
400	406.4	10.0	237.0	9.5	12.9	8.2	5.0	6.4	2.5
500	508.0	4.0	273.4	8.7	9.7	4.2	2.6	4.9	1.3
500	508.0	11.0	347.1	10.5	14.0	8.6	5.2	7.0	2.6

L₁...L₆ siehe 3.4.1.5

Allgemeine Berechnung siehe 3.4.2

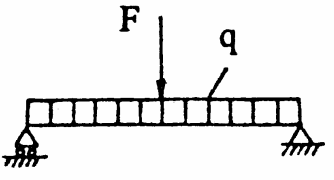
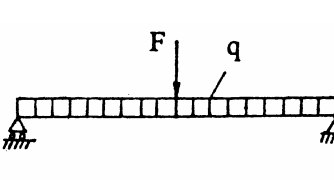
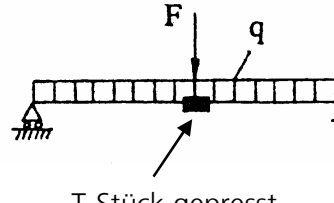
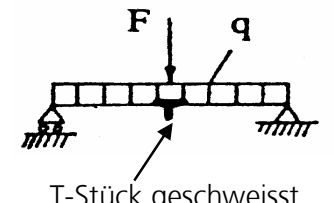
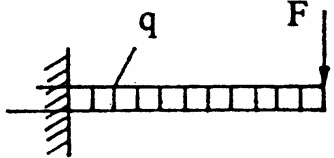
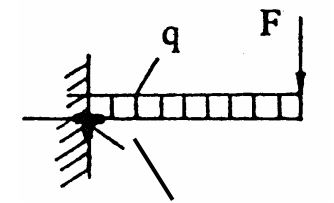
3.4.1.4 Wassergefülltes Rohr, Dämmdicke DD 80 (für TS über 130°C od. unter-50°C)

DN	d _a	s	q	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
	mm		kg/m	m					
25	33.7	2.0	11.8	1.8	2.0	1.8	1.1	1.0	0.5
25	33.7	4.0	13.0	2.0	2.5	2.5	1.7	1.3	0.9
40	48.3	2.0	14.3	2.3	2.7	2.1	1.3	1.4	0.6
40	48.3	4.0	16.1	2.5	3.4	3.3	2.0	1.7	1.0
50	60.3	2.0	16.6	2.9	3.2	2.3	1.4	1.6	0.7
50	60.3	4.5	19.4	3.3	4.2	3.9	2.4	2.1	1.2
80	88.9	2.3	23.5	3.7	4.3	2.8	1.7	2.1	0.8
80	88.9	5.6	29.2	4.3	5.7	5.0	3.1	2.8	1.5
100	114.3	2.6	31.1	4.4	5.1	3.2	1.9	2.6	1.0
100	114.3	6.3	39.4	5.0	6.7	5.7	3.5	3.4	1.7
150	168.3	2.6	49.5	5.2	6.0	3.3	2.0	3.0	1.0
150	168.3	7.1	64.7	6.1	8.4	6.4	3.9	4.2	2.0
200	219.1	2.9	72.3	5.9	6.9	3.6	2.2	3.4	1.1
200	219.1	7.1	91.0	6.9	9.3	6.5	4.0	4.7	2.0
250	273.0	2.9	99.9	6.5	7.3	3.5	2.1	3.7	1.1
250	273.0	7.1	123.4	7.6	10.1	6.6	4.0	5.0	2.0
300	323.9	2.9	130.1	6.9	7.6	3.5	2.1	3.8	1.1
300	323.9	8.0	164.2	8.3	11.0	7.0	4.3	5.5	2.2
350	355.6	3.2	153.3	7.3	8.1	3.7	2.2	4.1	1.1
350	355.6	8.8	194.3	8.7	11.7	7.5	4.6	5.8	2.3
400	406.4	3.2	190.4	7.6	8.3	3.6	2.2	4.2	1.1
400	406.4	10.0	247.5	9.4	12.6	8.0	4.9	6.3	2.5
500	508.0	4.0	285.4	8.6	9.5	4.1	2.5	4.8	1.3
500	508.0	11.0	359.1	10.4	13.8	8.4	5.1	6.9	2.6

L₁...L₆ siehe 3.4.1.5

Allgemeine Berechnung siehe 3.4.2

3.4.1.5 Erläuterungen zu den Tabellen

L ₁		$f_{zul} = 3 \text{ mm}$ für $DN \leq 50 \text{ mm}$ $f_{zul} = 5 \text{ mm}$ für $DN > 50 \text{ mm}$	Begrenzung der Durchbiegung (siehe 3.4.2.3)
L ₂		$\sigma_{max} = 40 \text{ N/mm}^2$	Begrenzung der Spannung (siehe 3.4.2.4)
L ₃	 <p>T-Stück gepresst</p>	$\sigma_{max} = 40 \text{ N/mm}^2$ i nach Tabelle 3.4.2.8	
L ₄	 <p>T-Stück geschweisst</p>	$\sigma_{max} = 40 \text{ N/mm}^2$ i nach Tabelle 3.4.2.8	
L ₅		$\sigma_{max} = 40 \text{ N/mm}^2$	
L ₆	 <p>T-Stück geschweisst</p>	$\sigma_{max} = 40 \text{ N/mm}^2$ i nach Tabelle 3.4.2.8	

Voraussetzungen:

- Gepresstes, bzw. geschweisstes T-Stück mit waagrechtem Abzweig
- Spannungen aus Innendruck unberücksichtigt
- Toleranzen und Zuschläge (c_1 und c_2) unberücksichtigt

Lastfälle:

$$I = \frac{\pi}{64} * (d_a^4 - d_i^4) [mm^4]$$

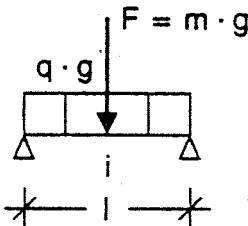
$$W = I * \frac{2}{d_a} [mm^3]$$

$$E = [kN / mm^2]$$

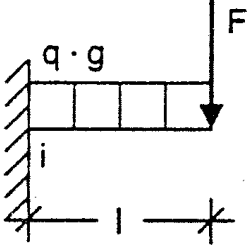
Formelzeichen: siehe Kapitel 3.4.2.1

Bestimmung von l iterativ

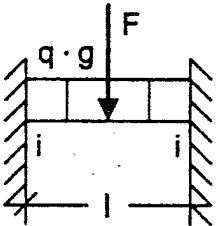
FALL A

		Masse pro Länge q [kg/m] + Einzellast m [kg]
Kriterium	Durchbiegung	$f = \frac{l^3 * 9.81 * 5 * 10^6}{384 * E * I} (q * l + 1.6 * m)$
	Spannung	$l = -\frac{m}{q} + \sqrt{\left(\frac{m}{q}\right)^2 + \frac{8 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$
Diagramm 3.4.2.9: Kurve 1		

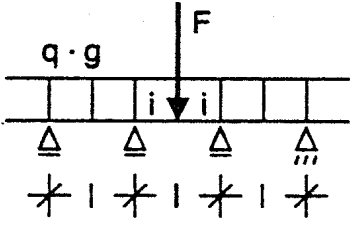
FALL B

		Masse pro Länge q [kg/m] + Einzellast m [kg]
Kriterium	Durchbiegung	$f = \frac{l^3 * 9.81 * 10^6}{24 * E * I} (3 * q * l + 8 * m)$
	Spannung	$l = -\frac{m}{q} + \sqrt{\left(\frac{m}{q}\right)^2 + \frac{2 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$
Diagramm 3.4.2.9: Kurve 1		

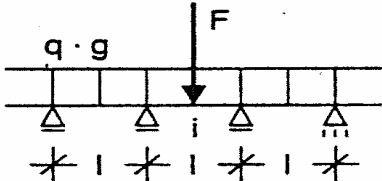
FALL C

		Masse pro Länge q [kg/m] + Einzellast m [kg] in allen Feldern
Kriterium	Durchbiegung	$f = \frac{l^3 * 9.81 * 10^6}{384 * E * I} (q * l + 2 * m)$
	Spannung	$l = -\frac{3 * m}{4 * q} + \sqrt{\left(\frac{3 * m}{4 * q}\right)^2 + \frac{12 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$
Diagramm 3.4.2.9: Kurve 4		
Bemerkung	Durchlaufträger mit gleichen Feldlängen (Einzelmasse in jedem Feld)	

FALL D

		<p>Masse pro Länge q [kg/m] + Einzellast m [kg] nur im jeweiligen Feld</p>
Kriterium	Durchbiegung	$f = \frac{l^3 * 9.81 * 10^6}{384 * E * I} (q * l + 6.1 * m)$
	Spannung	$l = -\frac{126 * m}{265 * q} + \sqrt{\left(\frac{126 * m}{265 * q}\right)^2 + \frac{12 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$
Diagramm 3.4.2.9: Kurve 3		
Bemerkung:	$\frac{m}{q} < 0.38 * l^* \quad l^* = \sqrt{\frac{12 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$	

FALL E

		<p>Masse pro Länge q [kg/m] + Einzellast m [kg] nur im jeweiligen Feld</p>
Kriterium	Durchbiegung	$f = \frac{l^3 * 9.81 * 10^6}{384 * E * I} (q * l + 6.1 * m)$
	Spannung	$l = -\frac{543 * m}{265 * q} + \sqrt{\left(\frac{543 * m}{265 * q}\right)^2 + \frac{24 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$
Diagramm 3.4.2.9: Kurve 2		
Bemerkung	$\frac{m}{q} < 0.38 * l^* \quad l^* = \sqrt{\frac{12 * W * \sigma}{9.81 * 10^3 * q * i}}$	

3.4.2 Allgemeine Berechnung der zulässigen Stützweiten

3.4.2.1 Formelzeichen

d_{Am}	mm	mittlerer Durchmesser des Abzweiges
d_m	mm	mittlerer Rohrdurchmesser
d_a	mm	Aussendurchmesser der Rohrleitung
d_i	mm	Innendurchmesser der Rohrleitung
f	mm	Durchbiegung
l^*	m	äquivalente Länge m/q^*
i	-	Spannungserhöhungsfaktor
l	m	Stützweite, Kraglänge (allgemein)
m	kg	Zusatz (einzel)-Masse
q	kg/m	auf die Länge bezogene Masse
s	mm	Nennwanddicke
v	-	Schweisnahtfaktor
x	-	Verhältnis der Länge mit/ohne Zusatzmasse: l/L
y	-	Verhältnis äquivalente Länge/Länge ohne Zusatzmasse: l^*/L
DN		Nennweite
E	kN/mm ²	Elastizitätsmodul
F	N	Einzellast: $m \cdot g$
I	mm ⁴	Trägheitsmoment
K	N/mm ²	Festigkeitskennwert
L	m	Länge ohne Zusatzmasse
S	-	Sicherheitsbeiwert
W	mm ³	Widerstandsmoment
ρ	kg/m ³	Dichte
σ	N/mm ²	Spannung
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
□*		Von Tabellen 3.4.1 abweichende Werte

3.4.2.2 Grundlagen

Die Stützweiten in der Tabelle 3.4.1 wurden auf der Grundlage der Gleichungen in 3.4.1.5 (Tabellen mit den Lastfällen) ermittelt. Bei der auf die Länge bezogene Masse q wurden die folgenden Dichten berücksichtigt:

Medium	ρ_M	=	1000 kg/m ³
Rohrwerkstoff	ρ_R	=	7900 kg/m ³
Wärmedämmung	ρ_D	=	120 kg/m ³
Blechmantel	$\rho_B * s_B$	=	10 kg/m ³

Überlappungen und Befestigungsmaterial sind darin berücksichtigt, die versteifende Wirkung des Blechmantels hingegen nicht, obwohl sie unter Umständen erheblich sein kann.

Zusatzbelastungen $F = m * g$ sind bei den Stützweiten in den Tabellen 3.4.1 nicht berücksichtigt.

3.4.2.3 Begrenzung der Durchbiegung (L_1)

Die Stützweiten L_1 wurden nach dem Kriterium "Begrenzung der Durchbiegung" festgelegt. Die Grenzdurchbiegung f wurde dabei im Hinblick auf die Vermeidung möglicher "Pfützenbildung" wie folgt angenommen:

für DN ≤ 50	$f = 3$ mm
für DN > 50	$f = 5$ mm

Berechnungsmodell für L_1 ist der beiderseits gelenkig gelagerte Einfeldträger (Fall A in 3.4.1.5). Für den Elastizitätsmodul wurde ein mittlerer Wert von $E = 200$ kN/mm² angenommen.

$$L_1 = l(f, q, m = 0, E * l) = L(f, q, E * l)$$

3.4.2.4 Begrenzung der Spannung (L_2 bis L_6)

Die Stützweiten L_2 bis L_6 wurden nach dem Kriterium "Begrenzung der Spannung" festgelegt. Bei Einhaltung der Stützweiten L_2 bis L_6 sind die Spannungen infolge q (Masse pro Länge) bei L_2 und L_5 in der ungestörten Rohrleitung und bei L_3 , L_4 und L_6 in einer Rohrleitung mit T-Stück (gepresst, bzw. geschweisst) an der Stelle des maximalen Momentes auf $\sigma = 40$ N/mm² begrenzt.

3.4.2.4.1 Gelenkig gelagerter Einfeldträger (L_2 bis L_4)

Die Stützweiten in den Tabellen 3.4.1 wurden nach der Gleichung für l in den Tabellen 3.4.1.5 („Lastfälle“) ermittelt. Dabei wurde für L_2 eine ungestörte Rohrleitung mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 1$ angenommen. Für L_3 wurde in der Feldmitte ein gepresstes T-Stück mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 0,9/(8,8 * s/d_m)^{2/3}$ angenommen (siehe Tabelle 3.4.2.8).

Für L_4 wurde in Feldmitte ein geschweisstes T-Stück, siehe Tabelle 3.4.2.5, mit einem Spannungserhöhungsfaktor $i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3}$ angenommen.

$$L_2 = l(\sigma, q, m = 0, W, i = 1) = L(\sigma, q, W, i = 1)$$

$$L_3 = l(\sigma, q, m = 0, W, i = 0,9/(8,8 * s/d_m)^{2/3}) \\ = l(\sigma, q, W, i = 0,9/(8,8 * s/d_m)^{2/3})$$

$$L_4 = l(\sigma, q, m = 0, W, i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3}) = l(\sigma, q, W, i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3})$$

3.4.2.4.2 Kragträger (L_5 und L_6)

Die Kragträgerlängen nach Tabellen 3.4.1 wurden nach der Gleichung für l in Tabelle 3.4.1.5 (Lastfall B) ermittelt. Dabei wurde für L_5 eine ungestörte Rohrleitung mit $i = 1$ angenommen. Für L_6 wurde an der Einspannstelle ein geschweisstes T-Stück mit $i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3}$ angenommen (siehe Tabelle 3.4.2.8).

$$L_5 = l(\sigma, q, m = 0, W, i = 1) = L(\sigma, q, W, i = 1)$$

$$L_6 = l(\sigma, q, m = 0, W, i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3}) \\ = l(\sigma, q, W, i = 0,9/(2 * s/d_m)^{2/3})$$

3.4.2.5 Umrechnung der zulässigen Längen

3.4.2.5.1 Andere Lagerungsbedingungen

Die Stützweiten \bar{L}_1 bis \bar{L}_4 gehen von dem Fall des gelenkig gelagerten Einfeldträgers aus. Häufig wird die Annahme eines Mittelfeldes eines Durchlaufträgers realistischer sein. Für diese Lagerungsbedingungen können die zulässigen Stützweiten L_1 bis L_4 wie folgt aus \bar{L}_1 bis \bar{L}_4 abgeleitet werden:

$$\bar{L}_1 = \sqrt[4]{5} * L_1 \sim 1,5 * L_1$$

$$\bar{L}_i = \sqrt{1,5} * L_i \sim 1,225 * L_i$$

($i = 2, 3$ und 4)

3.4.2.5.2 Andere Parameter

Wenn das Trägheitsmoment I^* und das Widerstandsmoment W^* , die Streckenlast q^* , der Elastizitätsmodul E^* , die Vorgabewerte f^* und σ^* oder der Spannungserhöhungsfaktor i^* nach Tabelle 3.4.2.5 von den Werten der Tabelle

3.4.1 wesentlich abweichen, können die zulässigen Stützweiten bzw. Kragträgerlängen aus den Längen der Tabelle 3.4.1 abgeleitet werden.

$$L_i^* = \sqrt[4]{\frac{I^*}{I} * \frac{E^*}{E} * \frac{q}{q^*} * \frac{f^*}{f}} * L_i$$

Bei Begrenzung der Spannung gilt:

$$L_i^* = \sqrt{\frac{W^*}{W} * \frac{q}{q^*} * \frac{\sigma^*}{\sigma} * \frac{i}{i^*}} * L_i \quad (i = 2, 3, 4, 5 \text{ und } 6)$$

Entsprechend können bei anderen Lagerungsbedingungen die zulässige Längen L^* aus den Längen L nach Abschnitt 3.4.2.5.1 umgerechnet werden.

3.4.2.6 Zusätzlich Einzellasten

Einzellasten, die zusätzlich zu den im Kapitel 3.4.1 angegebenen Streckenlasten in Ansatz zu bringen sind, können in den Fällen L_1 bis L_6 nach den in den Tabellen 3.4.1.5 genannten Gleichungen berücksichtigt werden. Die Stützweiten bzw. Kragträgerlängen können für das Kriterium "Spannungsbegrenzung" wie folgt ermittelt werden:

Es wird die Einzellast $l^* = m/q^*$ in eine äquivalente Länge l^* umgerechnet. Dann wird die zutreffende Stützweite bzw. Kragträgerlänge ohne Einzellast aus den Tabellen 3.4.1 oder nach den zutreffenden Gleichungen der Tabellen 3.4.1.5 ermittelt. Abhängig vom Wert $y = l^*/L$ wird der Wert $x = l/L$ aus dem Diagramm 3.4.2.9 abgelesen. Die zulässige Stützweite bei zusätzlicher Berücksichtigung der Einzellast $F = m * g$ ergibt sich aus $l = x * L$.

3.4.2.7 Beispiel

Eine Rohrleitung DN 150 mit $s = 7,1$ mm ist als Durchlaufträger über mehrere Stützen ausgeführt. Die Metermasse der Rohrleitung mit Füllung beträgt $q^* = 60$ kg/m. In einem Mittelfeld zweigt eine Rohrleitung ab, so dass eine Zusatzmasse $m = 250$ kg auf dieses Feld wirkt. Das Abzweigformstück sei geschmiedet, so dass $i/i^* \approx 2,7$ ist. Wegen der hohen Betriebstemperatur soll die Spannung auf $\sigma = 30$ N/mm² begrenzt werden.

Aus der Stützweitentabelle wird bei $q = 57,8$ kg/m eine Stützweite $L_4 = 4,2$ m abgelesen.

$$L = L_4^* = \sqrt{\frac{W^*}{W} * \frac{q}{q^*} * \frac{\sigma^*}{\sigma} * \frac{i}{i^*}} * L_4 * 1,225$$

$$\sqrt{\frac{1}{1} * \frac{57,8}{60} * \frac{30}{40} * 2,7 * 4,2 * 1.225} = 7,2 \text{ m}$$

$$l^* = m/q^* = 250/60 \text{ m} = 4,17 \text{ m}$$

$$y = l^*/L = 4,17/7,2 = 0,58 > 0,38 \quad (\text{Kurve 2, Diagramm 3.4.2.9})$$

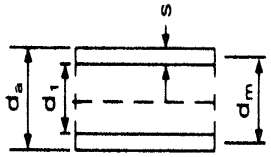
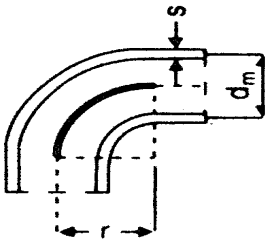
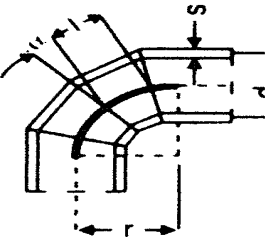
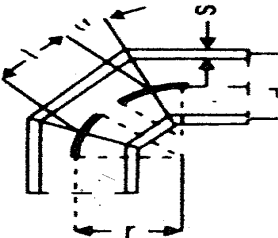
Aus Diagramm 3.4.2.9 wird für $y = 0,58$ mit Kurve 2 ein Wert von $x = 0,65$ abgelesen.

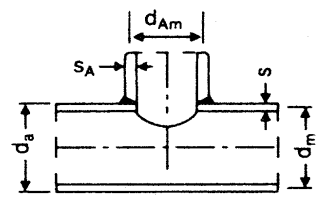
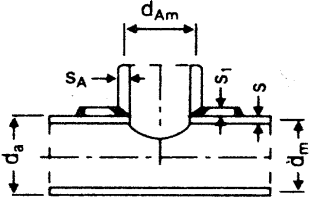
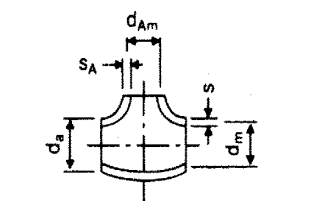
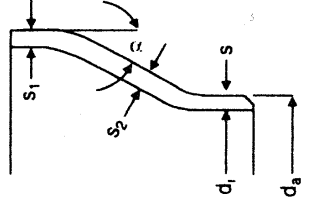
Die zulässige Stützweite beträgt

$$l = x * L = 0,65 * 7,2 \text{ m} = 4,7 \text{ [m]}$$

Die Durchbiegung kann nach Tabelle 3.4.1.5 Fall E mit $l = 4,7\text{m}$ und $q = q^*$ ermittelt werden.

3.4.2.8 Form-, Flexibilitäts-, Spannungserhöhungsfaktoren und Widerstandsmomente

		Formfaktor H	Flexibilitätsfaktor $k_B (\geq 1!)$	Spannungserhöhungsfaktor $i (\geq 1!)$
gerades Rohr		1	1	1
Glattrohrbogen ①		$\frac{4 * r * s}{d_m^2}$	$\frac{1.65}{H}$	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
Segmentbogen ① mit $l \leq \frac{d_m}{2} (1 + \tan \alpha)$		$\frac{4 * r * s}{d_m^2}$ mit $r = \frac{l * \cot \alpha}{2}$	$\frac{1.52}{H^{5/6}}$	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
Segmentbogen ①, ② mit $l > \frac{d_m}{2} (1 + \tan \alpha)$		$\frac{4 * r * s}{d_m^2}$ mit $r = \frac{d_m * (1 + \cot \alpha)}{4}$	$\frac{1.52}{H^{5/6}}$	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
Widerstandsmoment W: $\frac{\pi}{32} * \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$				

		Formfaktor H	Flexibilitätsfaktor $k_B (\geq 1!)$	Spannungserhöhungsfaktor $i (\geq 1!)$
T-Stück mit aufgeschweisstem, eingeschweisstem oder ausgehaltem Stutzen ③		$\frac{2 * s}{d_m}$	1	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
wie vorhergehender Fall, jedoch mit zusätzlichem Verstärkungsring ③		$\frac{2 * (s + 0.5 * s_A)^{5/2}}{d_m * s^{3/2}}$ mit $s_A \leq s$	1	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
gepresstes Einschweis-T-Stück mit s und s_A als Anschlusswanddicken		$\frac{8.8 * s}{d_m}$	1	$\frac{0.9}{H^{2/3}}$
gepresstes Einschweis-Reduzierstück ③		Formbedingungen: $\alpha \leq 60^\circ$ $s \geq d_a / 100$ $s_2 \geq s_1$	1	$0.5 + \frac{\alpha}{100} * \left(\frac{d_a}{s}\right)^{1/2}$ max. 2.0 (α in grad)
Widerstandsmoment W: Rohr: $\frac{\pi}{32} * \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}$ Stutzen: $\frac{\pi}{4} * d_{Am}^2 * s_x$ mit s_x als kleinerem Wert von $s_{x1}=s$ und $s_{x2}=i*s_A$				

Anmerkungen:

① Für Rohrbögen, die in einem kleineren Abstand als $d_m/2$ vom Krümmungsbeginn oder –ende durch einen Flansch oder Ähnliches versteift sind, müssen k_b und i durch

$$k'_b = c * k_b$$

$$i' = c * i$$

ersetzt werden. Dabei gilt:

$$c = h^{1/6} \text{ bei einseitiger Versteifung}$$

$$c = h^{1/3} \text{ bei beidseitiger Versteifung}$$

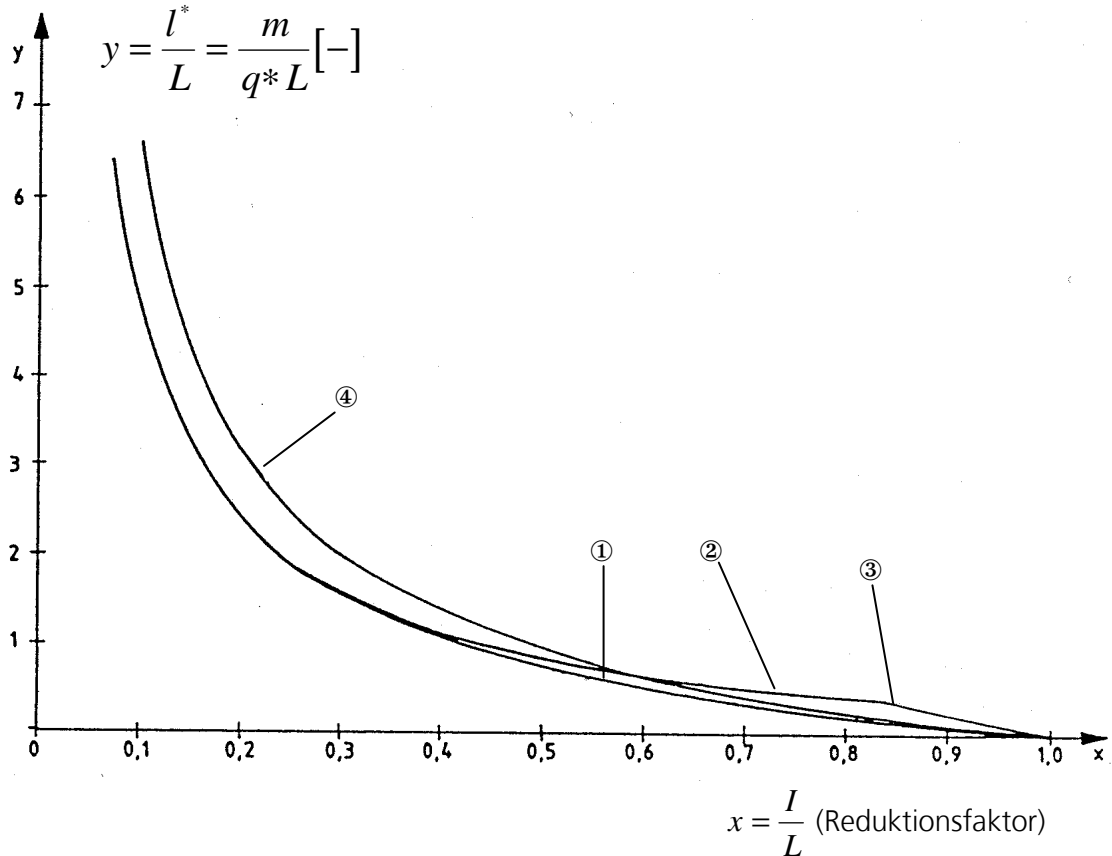
② Diese Bögen werden in Einzelbögen mit dem Radius r und gerade Zwischenstücke der Länge $l_i = 1 - 2 * r * \tan \alpha$ zerlegt. Die Werte für r , k_b und i gelten damit auch für einzelne Segmentnähte.

③ Bei den T-Stücken werden Grundrohr und Stutzen getrennt untersucht. Beim Grundrohr gilt als massgebendes Moment das grössere der beiden resultierenden Momente links und rechts des Achsenschnittpunktes. Für den Stutzen gilt das resultierende Moment seitens des abzweigenden Stranges. Es kann vereinfachend auf den Achsenschnittpunkt oder genauer auf den Punkt im Abstand

$$a = 0.5 \sqrt{d_m^2 * d_{Am}^2}$$

vom Achsenschnittpunkt bezogen werden.

3.4.2.9 Diagramm zur Berücksichtigung von Einzellasten, ausgehend von der zulässigen Spannung



Kurve ①: Träger auf zwei Stützen und Kragarm

$$y = \frac{1 - x^2}{2 * x}$$

Kurve ②: Durchlaufträger mit Einzelmasse

$$y = \frac{2 - x^2}{\frac{1086}{265} * x} \text{ für } y > 0.380$$

Kurve ③: Durchlaufträger mit Einzelmasse

$$y = \frac{1 - x^2}{\frac{252}{265} * x} \text{ für } y < 0.380$$

Kurve ④: Durchlaufträger, Einzelmasse in jedem Feld

$$y = \frac{1 - x^2}{\frac{3}{2} * x}$$

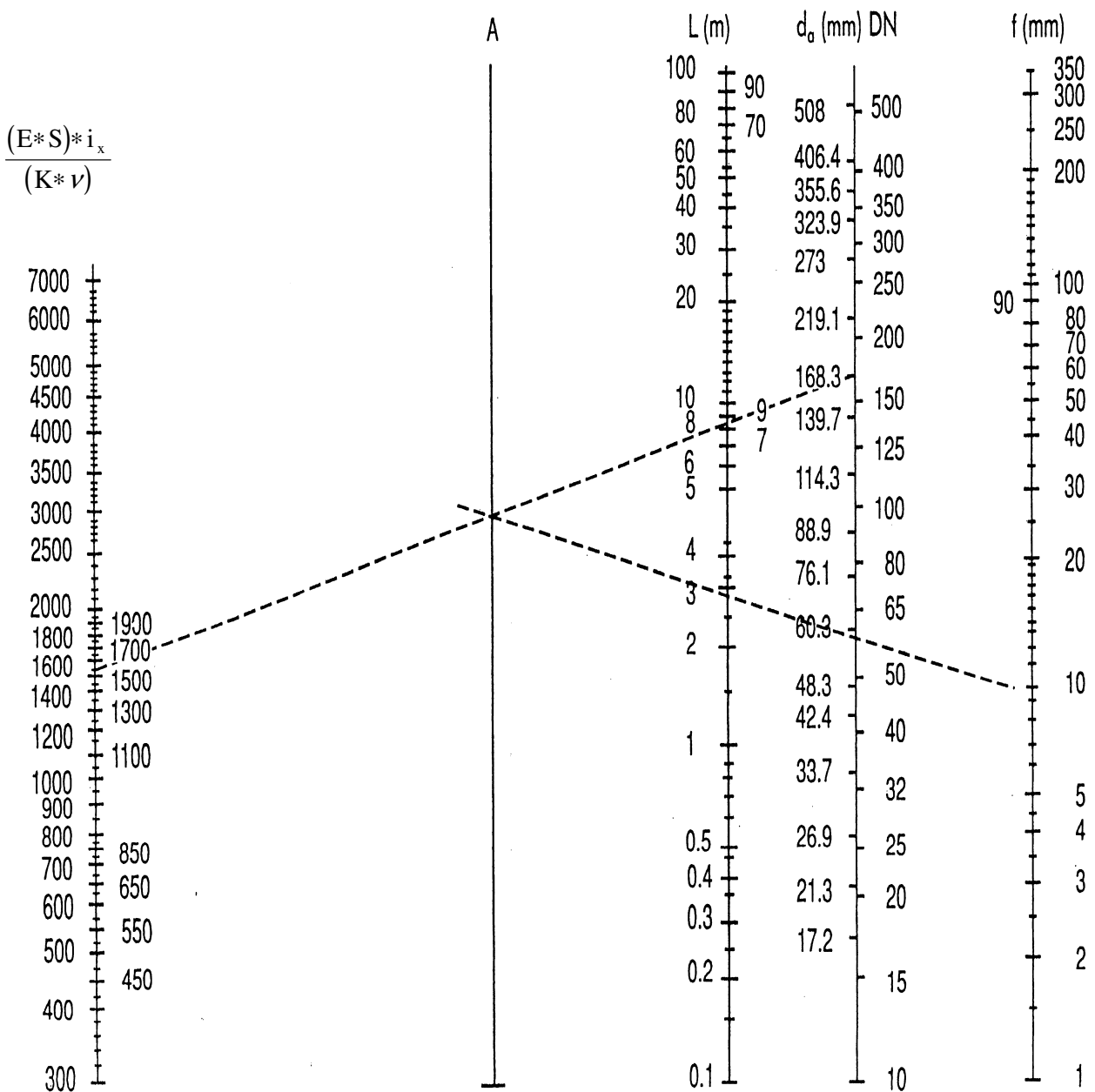
maximales Biegemoment:

- in der Feldmitte bei Fällen ① & ②
- im Stützenbereich bei Fällen ③ & ④

3.5 Dehnungsaufnahme von Rohrschenkeln

3.5.1 Nomogramm

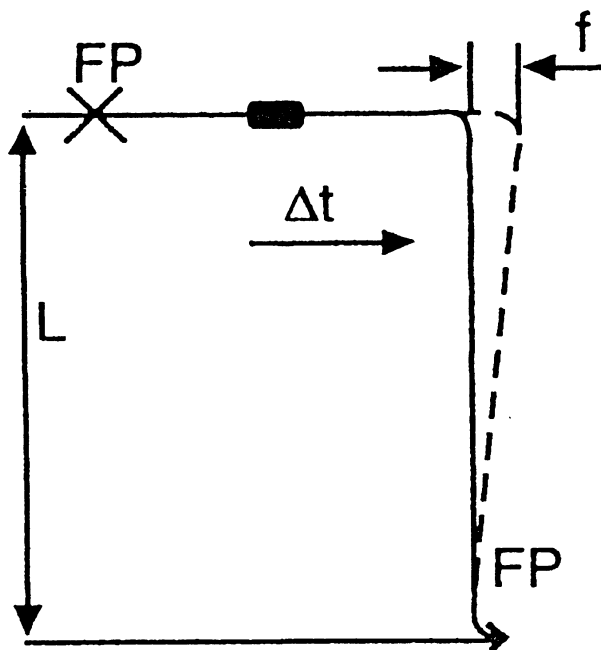
(Erläuterungen siehe 3.5.2)



Beispiel auf folgender Seite

Beispiel:

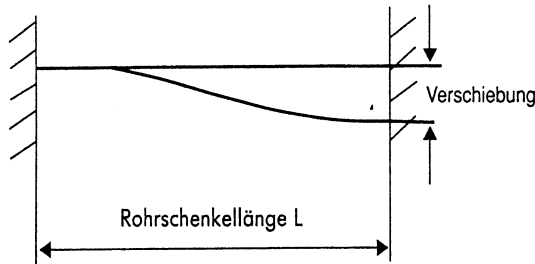
Verbinde Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot v)$ mit Leiter d_a
 dann Schnittpunkt Leiter A mit Leiter f.
 Leiter L ergibt eine erforderliche
 Rohrschenkellänge von 2,8 m



Parameter:	Wert:
Werkstoff:	St 35.8
d_a :	168.3 mm
Δt :	20° C
f:	10 mm (= $10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta t$)
E 20° C:	210.00 N/mm ²
K 20° C:	235 N/mm ²
S:	1.5
v:	0.85
$(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot v)$:	1577
i_x :	1.0

3.5.2 Erläuterungen zum Nomogramm

Bestimmung der Rohrschenkellänge zur Aufnahme der Dehnung durch Temperatur für den Nennweitenbereich von DN 10 – DN 500 mit dem Nomogramm.



Dem Nomogramm liegt das beidseitig eingespannte Rohr als statisches System zugrunde.

Der Einfluss von Rohrbogen auf die Spannung wurde über den Spannungserhöhungsfaktor nach ANSI B31.3 berücksichtigt und in das Nomogramm eingearbeitet.

Abzweige können mit dem Nomogramm erfasst werden, indem das Verhältnis i_x (Abminderungsfaktor) der Spannungserhöhungsfaktoren Rohrbogen/Abzweig berücksichtigt wird.

Das Nomogramm gilt auch für Flanschverbindungen im Rohrschenkel, wenn $F_z = F_{RP}$ (nach DIN 2505) und die Wanddicke des Rohre entsprechend F_R ausgelegt ist.

DN		Nennweite
E	kN/mm ²	Elastizitätsmodul
K	N/mm ²	Festigkeitskennwert
S	-	Sicherheitsbeiwert
v	-	Schweisnahtfaktor
i_x		Abminderungsfaktor
		$i_x = 1,0$ für Rohrbogen mit $R \geq 1,5 * DN$
		$i_x = 2,1$ für geschweisste Rohrabzweige mit gleichem
		Wanddicken-Durchmesser Verhältnis
f	mm	aufzunehmende Dehnung, $f = 10^3 * L * \alpha * \Delta t$
L	m	Rohrschenkellänge
α	K ⁻¹	Längenausdehnungskoeffizient
Δt	K	Temperaturdifferenz
d_a	mm	Rohraussendurchmesser
d_i	mm	Rohrinnendurchmesser
F_{RP}	N	Rohrlängskraft infolge Innendruck
F_R	N	Rohrkraft
F_z	N	Rohrzusatzkraft

$$M = \frac{6 * E * I * f}{L^2}$$

$$M = \frac{K * \nu}{S} * W$$

$$W = \frac{\pi}{32} * \frac{d_a^4 - d_i^4}{DN}$$

$$I = \frac{\pi}{64} * (d_a^4 - d_i^4)$$

$$L = \sqrt{\frac{3 * E * d_a * f * S}{10^6 * K * \nu}}$$

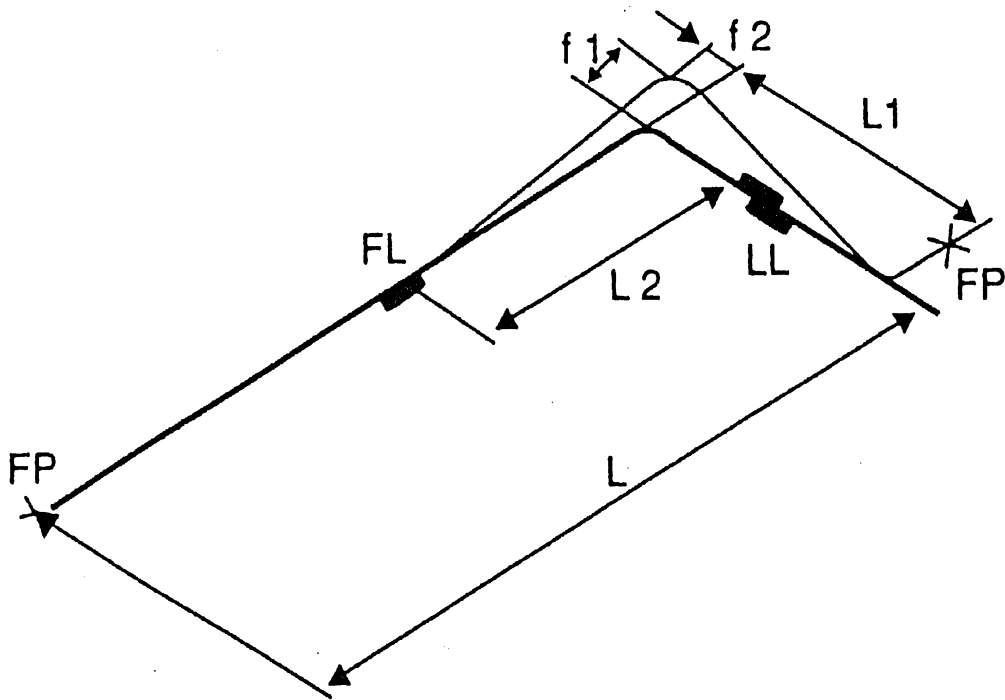
Wird eine Dehnung f von mehr als einem Rohrschenkel aufgenommen, sind die vorhandenen Rohrschenkellängen L_1, L_2, \dots, L_i für die Anwendung des Nomogramms zu einer äquivalenten Rohrschenkellänge L^* wie folgt zusammen zu fassen:

$$L^* = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_i^2}$$

Diese Vorgehensweise wird mit den nachfolgenden Beispielen 2 und 3 näher erläutert.

3.5.3 Beispiele

Beispiel 1: Rohrleitungsdehnungen in zwei Richtungen
Bestimmung der Rohrschenkellängen



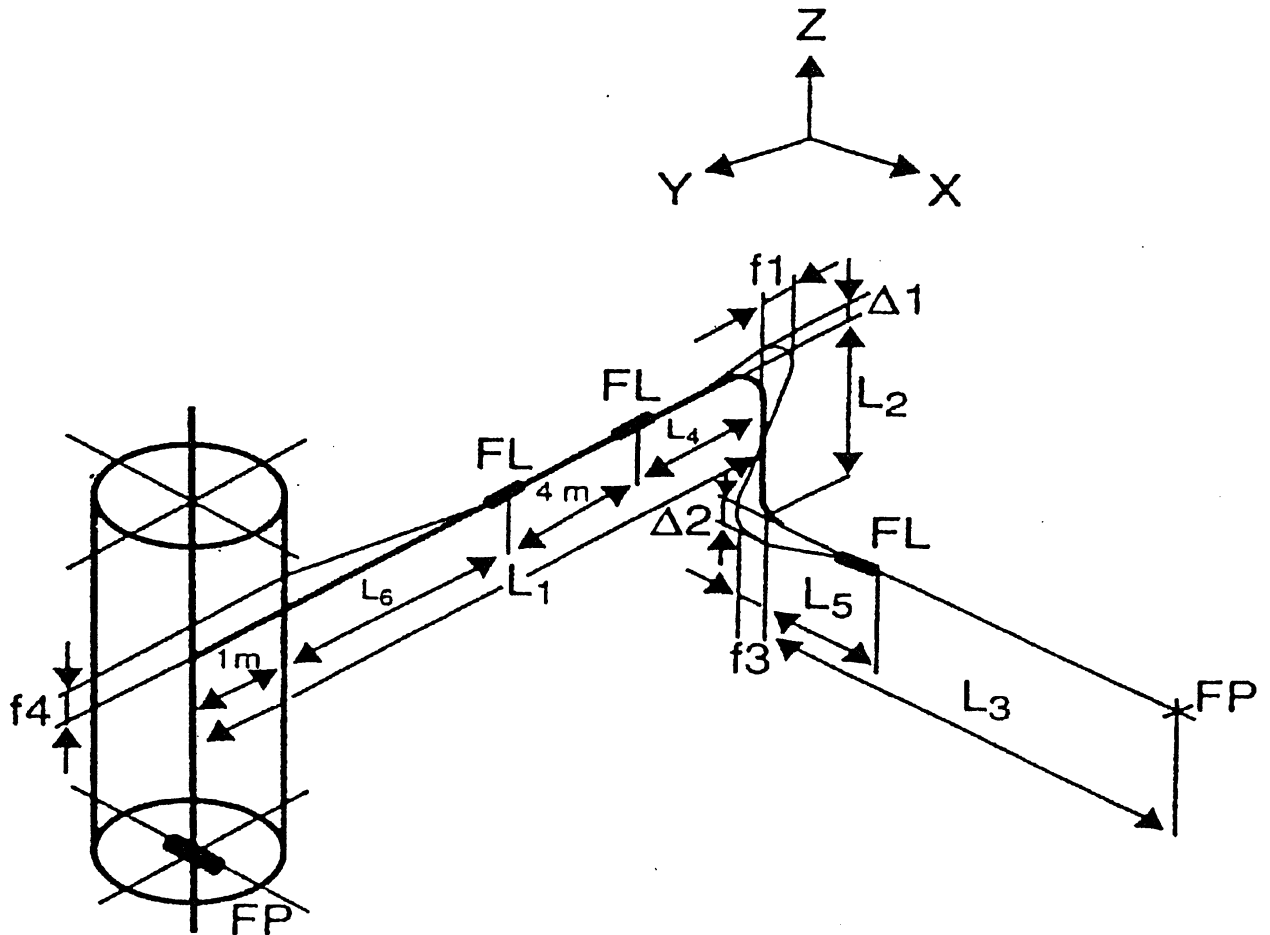
Parameter	Wert	Parameter	Wert
Werkstoff:	St 35.8	ν :	0,85
d_a :	168,3 mm	$(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot \nu)$:	1822
ΔT :	200°C	α :	$12,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
L:	12,3 m	i_x :	1,0
f1:	30 mm aus L_2	FP:	Fixpunkt
$E_{200^\circ\text{C}}$:	191'000 N/mm ²	FL:	Führungslager
$K_{200^\circ\text{C}}$:	185 N/mm ²	LL:	Loslager
S:	1,5	f:	$10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta T$

Erforderliche Rohrschenkellänge L_1 für f_1 aus dem Nomogramm:

Verbinde die Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot \nu)$ mit der Leiter d_a , dann den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f. Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_1 = 5,3 \text{ m}$.

Erforderliche Rohrschenkellänge L_2 für f_2 aus dem Nomogramm: Dehnung $f_2 = 13 \text{ mm}$ aus L_1 . Schnittpunkt auf der Leiter A mit Leiter f verbinden. Leiter L ergibt als erforderliche Rohrschenkellänge: $L_2 = 3,5 \text{ m}$.

Beispiel 2: Rohrleitungsgeometrie in drei Richtungen
 Nachprüfung der vorhandenen Rohrschenkelängen



Parameter	Wert	Parameter	Wert
Werkstoff:	St 35.8	L ₄ :	2,5 m
d _a :	168,3 mm	L ₅ :	3,5 m
ΔT:	200°C	L ₆ :	3,4 m
L ₁ :	9,4 m	E _{200°C} :	191'000 N/mm ²
f ₁ :	23 mm aus L ₁	K _{200°C} :	185 N/mm ²
L ₂ :	3 m	S:	1,5
f ₂ :	7,3 mm aus L ₂	α:	12,2*10 ⁻⁶ K ⁻¹
L ₃ :	7,5 m	i _x :	1,0
f ₃ :	18 mm aus L ₃	v:	0,85
f ₄ :	12 mm aus Dehnung	(E*S)*i _x /(K*v):	1822
FP:	Fixpunkt		
FL:	Führungslager		
LL:	Loslager		
f:	10 ³ *L*α*ΔT		

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_1 aus dem Nomogramm:

Verbinde die Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot v)$ mit der Leiter d_a , dann den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_1). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 4,6$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_2^2 + L_5^2} = 4,6 = L_{\text{erf.}}$$

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_2 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_2). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 2,6$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_4^2 + L_5^2} = 4,3 > L_{\text{erf.}}$$

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_3 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_3). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 4$ m.

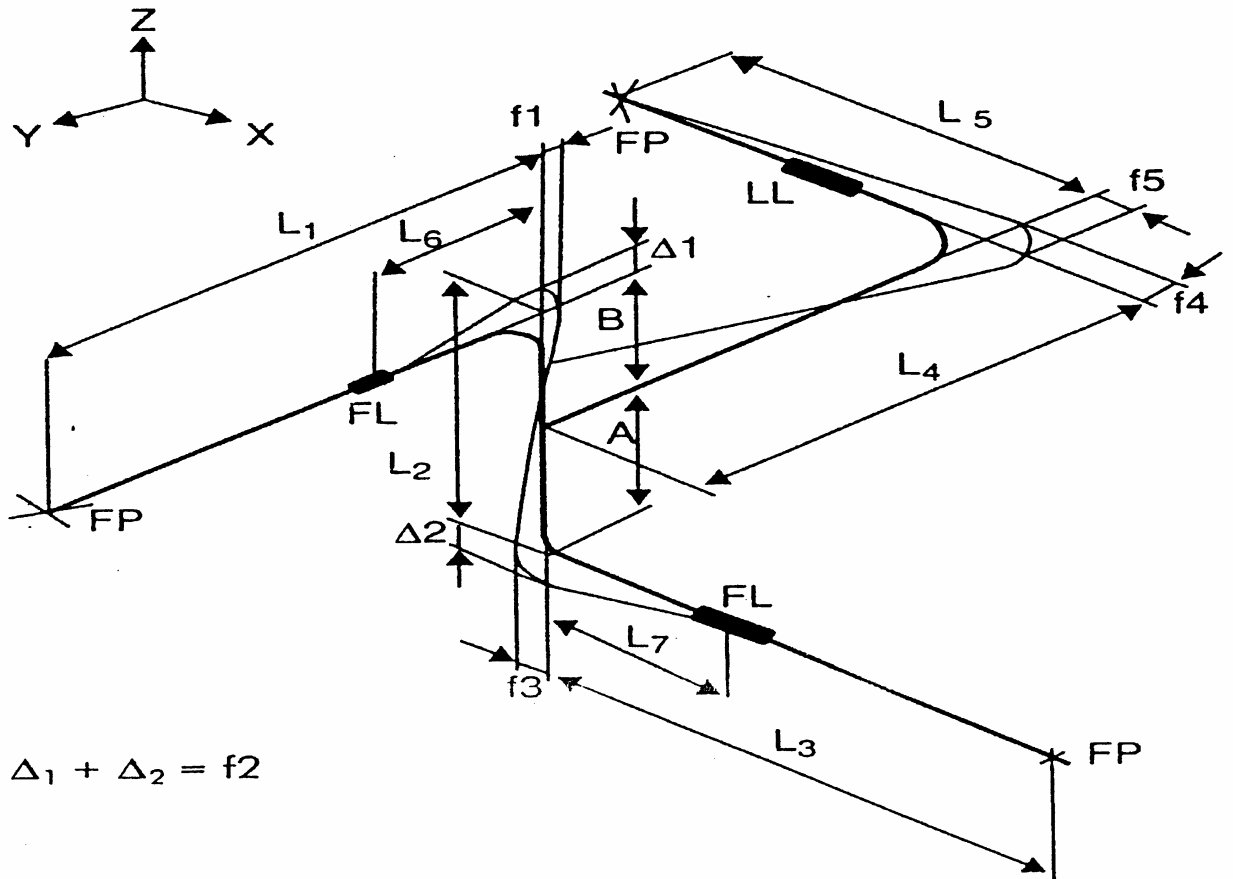
$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_2^2 + L_4^2} = 3,9 \cong L_{\text{erf.}}$$

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_4 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_4). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 3,4$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = 3,4 = L_{\text{erf.}}$$

Beispiel 3: Rohrleitungsführung in drei Richtungen mit Rohrabzweig
 Nachprüfung der vorhandenen Rohrschenkellängen



Parameter	Wert	Parameter	Wert
Werkstoff:	St 35.8	L_5 :	5 m
d_a :	168,3 mm	f_5 :	12 mm aus L_5
Δt :	200°C	L_6 :	4,5 m
L_1 :	7 m	L_7 :	5 m
f_1 :	17 mm aus L_1	$E_{200^\circ\text{C}}$:	191'000 N/mm ²
L_2 :	3,5 m	$K_{200^\circ\text{C}}$:	185 N/mm ²
f_2 :	8,5 mm aus L_2	S :	1,5
L_3 :	7 m	α :	$12,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
f_3 :	17 mm aus L_3	i_x :	2,1
L_4 :	5 m	ν :	0,85
f_4 :	12 mm aus L_4	$(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot \nu)$:	3826
FP:	Fixpunkt		
FL:	Führungslager		
LL:	Loslager		
f :	$10^3 \cdot L \cdot \alpha \cdot \Delta T$		

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_1 aus dem Nomogramm:

Verbinde die Leiter $(E \cdot S) \cdot i_x / (K \cdot v)$ mit der Leiter d_a , dann den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_1). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 5,7$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_2^2 + L_7^2} = 6,1 > L_{\text{erf.}}$$

Für das Beispiel von f_1 ergibt sich damit, dass die erforderliche Elastizität für die Auslenkung f_1 gegeben ist, wenn zusätzlich zu L_7 die die gesamte Länge L_2 wirksam wird. Das kann erreicht werden durch eine möglichst geringe Biegesteifigkeit von L_5 gegenüber L_2 . Die Biegesteifigkeit hängt etwa zur dritten Potenz von der Rohrlänge ab. Im vorliegenden Fall hat damit der Schenkel L_5 nur 1/3 der Biegesteifigkeit von Schenkel L_2 . Damit kann Forderung als erfüllt gelten.

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_2 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_2). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 4,1$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_6^2 + L_7^2} = 6,7 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

Die abzweigende Leitung L_4, L_5 stellt aufgrund der grossen Längen keine Dehnungsbehinderung für f_2 dar.

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_3 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_3). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 5,7$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = \sqrt{L_2^2 + L_6^2} = 5,7 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

Zur Entkoppelung der abzweigenden Leitung gelten hier sinngemäss die Erläuterungen zu f_1 .

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_4 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_4). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 4,8$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = L_5 = 5 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

Erforderliche Rohrschenkellänge für f_5 aus dem Nomogramm:

Verbinde den Schnittpunkt auf der Leiter A mit der Leiter f (f_5). Auf der Leiter L kann nun die erforderliche Rohrschenkellänge abgelesen werden: $L_{\text{erf.}} = 4,8$ m.

$$L_{\text{vorh.}}^* = L_4 = 5 \text{ m} > L_{\text{erf.}}$$

4. Fertigung und Verlegung

4.1 Grundlegende Anforderungen

- 4.1.1** Der Hersteller ist grundsätzlich verantwortlich für die Fertigung und Verlegung.
- 4.1.2** Die Anforderungen von SVTI 501 bis SVTI 505 müssen sinngemäss erfüllt werden.
- 4.1.3** Fertiger/Errichter müssen sachgemässen Transport, Handhabung, Lageung, Fertigung und Verlegung aller Rohrleitungsteile einschliesslich Halterungen sicherstellen.
- 4.1.4** Fertiger/Errichter müssen Zugang zu entsprechenden Einrichtungen für die sachgemässe Handhabung der Rohrleitungsteile, einschliesslich Halterungen haben und die geforderten Prüfungen durchführen können.
- 4.1.5** Fertiger/Errichter müssen für die Fertigung und Verlegung sachkundiges Personal und eigenes verantwortliches Aufsichtspersonal haben.
- 4.1.6** Alle Fertigungsstufen und Montageabschnitte sind so zu überwachen, dass die Integrität der Konstruktion des fertigen Systems gewahrt bleibt.
- 4.1.7** Die Verantwortlichen für die Konstruktion und Fertigung, bzw. die Verlegung, müssen zu jeder Zeit zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die Fertigung und Verlegung den Konstruktionsfestlegungen entsprechen.
- 4.1.8** Während der Fertigung und Verlegung sind alle anwendbaren Sicherheitsvorschriften einschliesslich Feuerverhütungsmassnahmen zu beachten.

4.2 Anforderungen an die Fertigung und Verlegung

- 4.2.1** Vor jedem Arbeitsgang muss eine Kontrolle stattfinden, um sicherzustellen, dass die gelieferten vorgefertigten Rohrleitungen und Rohrleitungsteile mit den einschlägigen Dokumenten (Spezifikationen, Zeichnungen, Bescheinigungen usw.) übereinstimmen.
- 4.2.2** Vorgefertigte Rohrleitungen und Rohrleitungsteile müssen während Handhabung, Transport und Lagerung geschützt sein. Sie sind vor der Verlegung zu überprüfen. Beschädigte Teile dürfen nicht eingebaut werden.

- 4.2.3** Die Kennzeichnungen der vorgefertigten Rohrleitungen und Rohrleitungsteile müssen während den gesamten Fertigungs- und Verlegungsarbeiten bestehen bleiben (siehe Kapitel 8).
- 4.2.4** Fertigung und Verlegung der verschiedenen Rohrleitungsteile müssen, unabhängig davon, ob dies im Werk oder auf der Baustelle erfolgt, so durchgeführt werden, dass die vollständig verlegte Rohrleitung den Anforderungen dieser TRIR und den in den Konstruktionsunterlagen festgelegten Anforderungen entspricht.
- 4.2.5** Bei der Verbindung von vorgefertigten Rohrleitungen oder Rohrleitungsbau teilen dürfen diese weder übermässig beansprucht noch anders verformt werden, als dies durch die Konstruktion vorgesehen ist. Die Montageanweisungen des Konstrukteurs sind zu beachten.
- 4.2.6** Alle vorübergehend montierten Halterungen bzw. Befestigungsmittel, die bei Transport, Verlegung oder Prüfung als Hilfsmittel benutzt werden, müssen vor der Inbetriebnahme entfernt werden.
- 4.2.7** Es sind geeignete Massnahmen zu treffen, um Korrosion zu vermeiden. Falls eine Verunreinigung auftritt, muss diese ungeachtet jeder Schlussbehandlung so bald als möglich vollständig entfernt werden.
- 4.2.8** Der Fertiger/Errichter muss sicherstellen, dass das erstmalige Füllen, Leeren, Belüften und Entwässern der Rohrleitung vorschriftsgemäss erfolgt (Druckprüfung).
- 4.2.9** Rohrleitungen für Fluide, die kondensieren könnten, sind mit ausreichendem Gefälle und Kondensatfallen zu montieren.

4.3 Biegen und Umformen

4.3.1 Kaltumformung

4.3.1.1 Temperatur der Kaltumformung

Die Kaltumformung von ferritischen Stählen muss bei Temperaturen von ca. 30°C unterhalb der maximal zulässigen Temperatur für das Spannungsarmglühen in Übereinstimmung mit SVTI-Regelwerk, Reihe 200 durchgeführt werden.

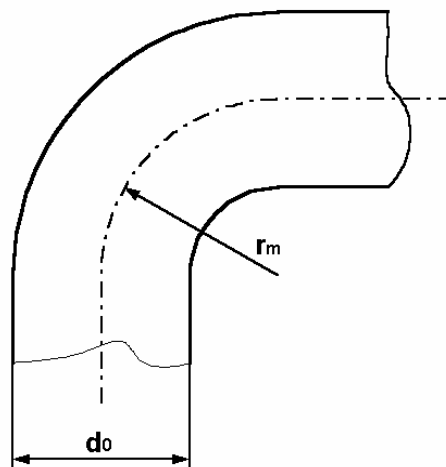
Die Kaltumformung von austenitischen Stählen muss bei Temperaturen unter 300°C durchgeführt werden.

4.3.1.2 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen von Flacherzeugnissen

Flacherzeugnisse müssen, sofern dies in der Konstruktion festgelegt ist (z.B. zyklische Belastung, Spannungskorrosion), nach dem Kaltumformen wärmebehandelt werden. Festlegungen in SVTI 402.

4.3.1.3 Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen von Rohren

Rohre müssen, sofern dies in der Konstruktion festgelegt ist (z.B. zyklische Belastung, Spannungskorrosion), wärmebehandelt werden. Ist nichts anderes festgelegt, muss die Wärmebehandlung der folgenden Tabelle entsprechen.



Stahlgruppen (nach ISO CR 16508)	mittlerer Biegeradius des Rohres r_m	Rohr- Aussendurchmesser d_o	Wärmebehandlung
1.1, 1.2, 1.3 2.1, 2.3 ¹⁾ 2.2 ²⁾ 3 ²⁾ 4 ¹⁾ 5.1, 5.2 ¹⁾ , 5.3 ¹⁾ , 5.4 ¹⁾ 6 ¹⁾ 7 8 9 10, 11	$r_m \leq 1,3 d_o$	alle Durchmesser	ja
	$1,3 d_o < r_m < 2,5 d_o$	$d_o \leq 142 \text{ mm}$	nein ³⁾
		$d_o > 142 \text{ mm}$	ja ⁴⁾
	$2,5 d_o \leq r_m$	alle Durchmesser	nein ³⁾

¹⁾ Eine besondere Wärmebehandlung ist erforderlich, wenn die minimale Temperatur TS (kleinste zulässige Betriebstemperatur) unter -10 °C liegt.

²⁾ Falls auf eine Wärmebehandlung verzichtet wird, sind Eignungsprüfungen erforderlich, um nachzuweisen, dass die Werkstoffeigenschaften nicht beeinträchtigt sind.

³⁾ Bei Betrieb im Kriechbereich muss eine Wärmebehandlung in Erwägung gezogen werden.

⁴⁾ Nicht erforderlich für die Werkstoffgruppe 9.

4.3.2 Warmumformung

4.3.2.1 Allgemeines

Als Warmformung gilt das Umformen bei Temperaturen über den in 4.3.1.1 festgelegten Temperaturen.

4.3.2.2 Wärmebehandlung nach dem Warmumformen

Nach dem Warmumformen kann eine Wärmebehandlung notwendig sein, um sicherzustellen, dass die charakteristischen Eigenschaften den in der Werkstoffnorm genannten Anforderungen entsprechen. Die weitergehenden Details sind in der SVTI 402 beschrieben.

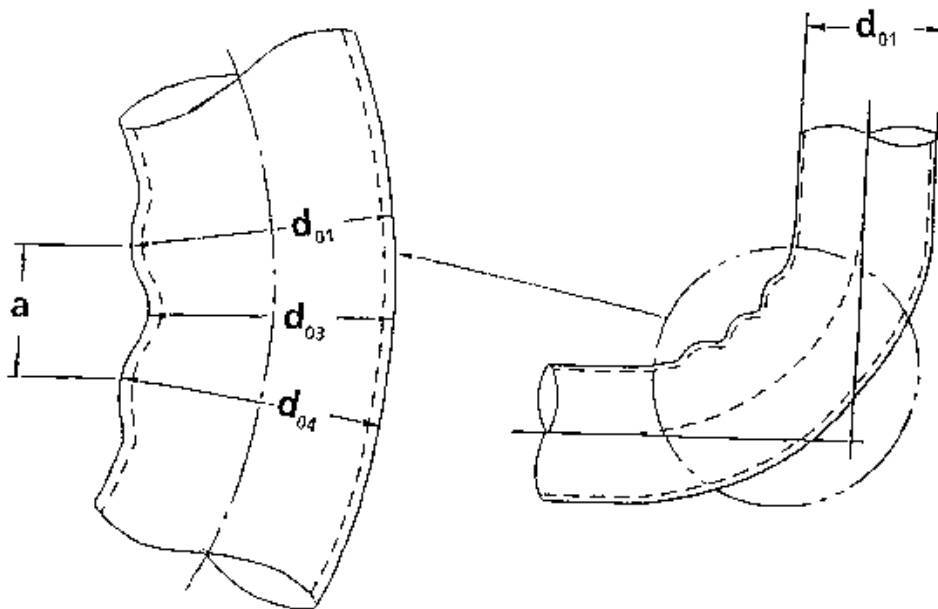
4.3.3 Wellen in Biegungen

Wellen in Biegungen sind zulässig, falls die folgenden beiden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- $h_m = ((d_{02} + d_{04})/2) - d_{03} \leq 0.03 \times d_{01}$

wobei h_m die durchschnittliche Höhe nebeneinander liegender Wellen ist

- Wellenabstand $a \geq 12 \times h_m$



4.3.4 Oberflächenbeschaffenheit

Die Oberfläche der Biegung muss so beschaffen sein, dass eine Sichtprüfung möglich ist.

Alle Biegungen müssen frei von Oberflächenfehlern sein (z.B. Risse, Kerben, Überlappungen und Schuppen). Wenn Oberflächenfehler abgeschliffen werden, darf die Wanddicke nicht unter die errechnete Mindest-Wanddicke fallen.

Flächen, die zur Beseitigung von Fehlern geschliffen werden, müssen einer Oberflächenrissprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass die Mängel vollständig beseitigt wurden. Ausbesserungen durch Schweißen sind nicht zulässig.

4.4 Zusammenbau und Verlegung der Rohrleitung

4.4.1 Klimatische Bedingungen

Der Schweissbereich muss frei von Feuchtigkeit sein (Kondensation, Frost, Eis).

ANMERKUNG 1: Um diesen Zustand zu erreichen, kann es erforderlich sein, den Schweissbereich entsprechend vorzuwärmen.

ANMERKUNG 2: Bei ungünstigen Wetterbedingungen und niedrigen Temperaturen werden sowohl die Arbeitsbedingungen als auch die Werkstoffigenschaften nachteilig beeinflusst.

4.4.2 Fixierung und Ausrichtung

Die Rohrleitung muss in Übereinstimmung mit den Konstruktionsanforderungen verlegt werden. Speziell ist auf das Ausgleichen, die Kaltvorspannung und das Gefälle der Rohrleitung zu achten.

Wo erforderlich müssen beim Zusammenbau von Rohrleitungsabschnitten vorübergehend Halterungen montiert werden, um sicherzustellen, dass in der Rohrleitung und den anschliessenden Komponenten keine unzulässige Beanspruchung oder Verformung infolge des Eigengewichts auftritt.

Halterungen müssen so montiert werden, dass die Kennzeichnung (Last- und Bewegungsbereich) deutlich sichtbar sind. Alle Gewindeteile müssen voll im Eingriff stehen und alle Kontermuttern müssen angezogen sein.

Der Errichter muss sicherstellen, dass alle Klemmteile passend auf dem Rohr sitzen.

Halterungen für grössere Rohre als DN 50 dürfen von der vorgeschriebenen Position an der Rohrleitung um höchstens 1x Rohrdurchmesser entfernt angeordnet sein. Wo erforderlich, muss die Befestigung der Halterung an der Tragkonstruktion so angepasst werden, dass die Schrägstellung der Hängerstangen innerhalb der durch die Berechnung gegebenen Grenzen liegt.

In der Regel müssen Feder- und Konstanthänger während der Verlegung und Montage der Rohrleitungen arretiert sein. Wenn die Arretierung für speziell geregelte Arbeitsgänge, z.B. Einschwimmen oder Vorspannen gelöst wird, muss sie vor der Wasserdruckprüfung und/oder dem chemischen Reinigen erneut arretiert werden. Vorübergehende Verstellung der Federn ist z.B. für die chemische Heissreinigung vorzusehen.

Der Errichter muss sicherstellen, dass die LastEinstellung bei Federhängern den Berechnungen entsprechend vorgenommen wird. Falls eine Lastverstellung notwendig ist, muss der Errichter sicherstellen, dass der erforderliche Wegbereich erhalten bleibt.

Gleit- und Führungslager müssen so angeordnet sein, dass der Gleitschuh bei allen durch die Konstruktion vorgegebenen Bewegungen auf seinen Tragelementen aufliegt.

Vor dem endgültigen Zusammenbau muss die Rohrleitung von allen Bewegungsbehinderungen befreit werden.

Nach der Vorspannung muss der Errichter überprüfen, ob die Rohrleitung die vorgesehene Kaltlage eingenommen hat. Falls bei der Montage der Konstanthänger eine Wegverstellung erforderlich ist (z.B. mittels Spannschraube oder Stange) muss der Errichter nachträglich prüfen, ob der benachbarte Hänger in der Lage ist die Bewegung der Rohrleitung aufzunehmen.

Kompensatoren müssen entsprechend den Berechnungen in vorgespanntem Zustand eingebaut werden.

Nach dem endgültigen Zusammenbau und der Wasserdruckprüfung muss der Errichter sicherstellen, dass alle vorübergehend montierten Halterungen beseitigt wurden.

4.4.3 Baustellenfertigung

Während des Verlegens ist darauf zu achten, dass es bei nachfolgendem Betrieb keinesfalls zu gegenseitigen Behinderungen mit anderen Rohrleitungen und Tragkonstruktion kommt. Die Lage der Rohrleitung während des Betriebs ist hier zu berücksichtigen.

Bei demontierbaren Rohrleitungsteilen, z.B. Armaturen, ist auf leichte Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit zu achten.

4.4.4 Befestigungen

4.4.4.1 Allgemeines

Beim Anschweissen von Befestigungen an Rohrleitungen ist darauf zu achten, dass kein Durchbrennen auftritt.

Eine Oxidation an der Rohrrinnenseite muss vermieden werden.

Wenn nach dem Schweissen eine Wärmebehandlung verlangt wird, muss das direkte Aufschweissen der Rohrhalterung auf die drucktragenden Teile vor dieser Wärmebehandlung durchgeführt werden.

4.4.4.2 Zeitweilige Befestigungen

Wenn zeitweilige Befestigungen (Stäbe, Nocken usw.) an eine Rohrleitung angeschweisst werden, muss dies nach einem genehmigten Verfahren erfolgen. Der Zusatzwerkstoff muss mit dem Rohrwerkstoff kompatibel sein. Solche Befestigungen sind durch Schneiden oder Schleifen und eventuell vorhandenes Schweissgut durch Nachbearbeitung zu entfernen, um glatte Oberflächen sicherzustellen. Durch diese Nachbearbeitung darf die Wanddicke des Rohrleitungsteiles nicht unter den errechneten Mindestwert fallen. Eine Bearbeitung durch Hämmern ist nicht zulässig. Die Qualifikation der Schweisser muss wie bei bleibenden Schweissnähten sein.

4.4.4.3 Nicht lösbare Befestigungen

Rohrhalterungen und andere nicht lösbare Befestigungen, die direkt mit dem Rohr verbunden sind, müssen aus dem gleichen oder einem mit dem Werkstoff des verbundenen Rohres kompatiblen Werkstoff gefertigt werden. Schweissnähte zur Anbringung von Rohrbefestigungen an die Rohrleitung müssen durchgehend sein, sofern durch die Konstruktion nichts anderes vorgegeben ist.

4.4.5 Schutz der Enden von Rohrleitungsteilen

Um die Enden von Rohrleitungsteilen, z.B. Ansträgungen, Gewindeenden, Flanschflächen während Transport, Lagerung und Zusammenbau zu schützen, müssen gegebenenfalls geeignete Massnahmen getroffen werden, z.B. Abdecken, Beschichten. Alle vom Fertiger an den Enden vorgenommenen Schutzmassnahmen dürfen erst unmittelbar vor dem Verbinden der Teile entfernt werden.

4.4.6 Erdung

Beim Lichtbogenschweissen an Rohrleitungen muss durch die Erdung sichergestellt sein, dass keine Schweissströme durch Federhänger, Konstanthänger, Stossbremsen, Maschinen, Armaturen, mechanische Verbindungen usw. geleitet werden, damit kein Schaden oder Funktionsverlust in der Mechanik dieser Teile (z.B. Kugellager) auftritt.

4.4.7 Reinigung vor und nach dem Schweißen

Die zu schweisenden Innen- und Aussenflächen müssen sauber und frei von Farbe, Öl, Rost, Zunder und anderen Stoffen sein.

Beschichtete Teile müssen auf ausreichender Länge beiderseits der Schweissnaht frei von Beschichtungsprodukten sein, um den Schweissprozess nicht zu beeinträchtigen und die Beschichtung selbst zu schützen.

Nach dem Schweißen sind geeignete Massnahmen zu treffen, um den Schweissbereich zu säubern und Schweissrückstände, z.B. Schlacke, Schweisspritze usw. zu beseitigen.

Bei austenitischen, nichtrostenden Stählen sind geeignete Massnahmen zur Behandlung der Schweissfläche durchzuführen.

4.4.8 Flanschverbindungen oder ähnliche mechanische Verbindungen

4.4.8.1 Flanschverbindungen

Vor dem Zusammenbau muss der Errichter sicherstellen, dass alle Flanschflächen sauber sind. Die Verbindungen müssen ohne Kraftanwendung bündig und glatt zusammengefügt werden, so dass die gesamten Dichtflächen gleichmässig auf der Dichtung aufliegen und dann mit gleichmässiger Schraubenspannung fest gezogen werden.

4.4.8.2 Gewindeanschlüsse

Es muss sichergestellt sein, dass die richtige Anzahl Gewindegänge in den Fitting eingreift und der Fitting weder auf dem Rohrende noch am Gewindeauslauf aufliegt.

Falls ein Dichtschweißen der Gewindeverbindung erfolgt, müssen alle freiliegenden Gewindegänge durch die Naht bedeckt sein.

Dichtschweißen von Gewindeverbindungen muss von qualifizierten Schweißern nach entsprechenden Schweissverfahren ausgeführt werden.

4.4.8.3 Schraubkupplungen, Klemmverbindungen, Schweisskegel- und Schneidringverschraubungen

Die Schraubkupplungen, Klemmverbindungen und Schneidringverschraubungen müssen einer Europäischen Norm entsprechen oder für den spezifischen Anwendungsfall typgeprüft sein. Sie müssen entsprechend gekennzeichnet sein. Rohre für Klemmverbindungen müssen den vom Fitting-Hersteller vorgegebenen

Anforderungen entsprechen. Grate und verformte Flächen sind vor dem Zusammenbau zu beseitigen. Der Zusammenbau ist von Personal durchzuführen, das in der Anwendung des Systems geschult ist. Nach dem Anziehen ist der korrekte Sitz und die Dichtheit zu überprüfen.

4.5 Schweissen

4.5.1 Schweißpersonal muss nach SVTI 504, bzw. EN287 oder EN1418 qualifiziert sein.

4.5.2 Schweißverfahren müssen nach SVTI 505 und 506, bzw. EN288 qualifiziert werden.

4.5.3 Die Vorbereitung und die Ausführung der Schweissnaht soll sinngemäss den Festlegungen im SVTI-Regelwerk, Abschnitt 4 erfolgen.

4.5.4 Kantenschutz

Die vorbereiteten Schweisskanten müssen geschützt sein, um während Transport und Zusammenbau der Rohre Schäden zu vermeiden. Beschädigte Schweisskanten sind vor dem Zusammenbau nachzuarbeiten.

4.5.5 Kennzeichnung der Schweissnaht

Die Kennzeichnung der Schweissnaht kann durch entsprechende Angaben in den Fertigungsunterlagen ersetzt werden, falls zwischen dem die Arbeit ausführenden Schweißer, der Schweissanweisung WPS (welding procedure specification) und dem Objekt eine hinreichende Verbindung besteht.

4.6 Ausbesserung

4.6.1 Allgemeines

Falls während der Fertigung oder Verlegung Abweichungen von den Anforderungen festgestellt werden, muss entschieden werden, ob eine Ausbesserung erforderlich und möglich ist.

Falls Ausbesserungen erforderlich sind, müssen diese in Übereinstimmung mit den Konstruktionsunterlagen und gegebenenfalls nach einem speziell anerkannten Verfahren durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die ausgebesserte Rohrleitung oder das Bauteil die Anforderungen erfüllen. Bedeutende Abweichungen oder Ausbesserungen müssen dokumentiert werden.

4.6.2 Ausbesserungen an Schweissnähten

Schweisfehler, die ausgebessert werden müssen, sind durch Schleifen, Abmeisseln, Fugenhobeln, Flammen- bzw. Plasmaverfahren oder Zerspanen eines Teils oder der gesamten Schweissnaht zu entfernen. Bei Anwendung thermischer Prozesse muss sichergestellt werden, dass das Rohr und das Schweissgut nicht nachteilig beeinflusst werden.

Ein Schweisfehler darf höchstens zweimal ausgebessert werden. Jede weitere Ausbesserung muss speziell anerkannt und zwischen Besteller und Hersteller vereinbart werden.

Schweissausbesserungen müssen nach anerkannten Verfahren und mit qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Vor dem Schweißen muss die Oberfläche aller Verbindungen durch eine zerstörungsfreie Prüfung untersucht werden, um sicherzustellen, dass weder Risse noch andere Mängel vorhanden sind.

Falls eine Schweissnaht aufgrund einer Durchstrahlungsprüfung ausgebessert wird, müssen die Aufnahmen, in denen die Mängel aufgezeigt werden, verfügbar sein. Die erste Beurteilung, die zur Ausbesserung geführt hat, muss in die Dokumentation aufgenommen werden. Alle Ausbesserungen an Schweissnähten müssen dokumentiert werden.

Alle ausgebesserten Schweissnähte müssen einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden.

5. Prüfung

5.1 Allgemeines

Der Hersteller ist dafür verantwortlich, dass die Prüfungen wie in dieser TRIR festgelegt, für alle Rohrleitungen durchgeführt werden, und die entsprechenden Zeugnisse ausgestellt werden.

Prüfungen müssen von verfahrensbezogen geschultem Personal durchgeführt werden. Europäische Normen oder schriftliche Verfahrensanweisungen mit genauen Angaben über das Verfahren und die Annahmekriterien müssen allen Prüfpersonen und Prüfungsbeauftragten zur Verfügung stehen. Für den Nachweis, dass alle verlangten Prüfungen durchgeführt wurden und die Ergebnisse zufriedenstellend waren, sind Protokolle zu führen.

5.2 Entwurfsprüfung (Vorprüfung)

5.2.1 Zweck und Umfang

Vor Beginn der Fertigung/Verlegung ist eine Prüfung des Rohrleitungsentwurfs durchzuführen.

Die Entwurfsprüfung umfasst die drucktragenden Bauteile. Einflüsse von Bauteilen, die direkt mit der Rohrleitung verbunden sind, müssen berücksichtigt werden.

Die Entwurfsprüfung muss durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Rohrleitung die Anforderungen der PED, bezogen auf die Werkstoffe, Einzelheiten der Auslegung und der Geometrie erfüllt, und dass die Anforderungen an die Verfahren und das Personal während der Fertigung erfüllt werden können.

5.2.2 Unterlagen für die Entwurfsprüfung

5.2.2.1 Allgemeines

Die Unterlagen für die Entwurfsprüfung müssen in dem Umfang zur Verfügung gestellt werden, wie es für den Nachweis der Übereinstimmung mit dieser TRIR erforderlich ist. Sie müssen beinhalten: Zeichnungen, Stücklisten, Auslegungsdaten, Konstruktionsberechnungen und den Fertigungsplan.

5.2.2.2 Auslegungsberechnungen

Bei Berechnungen müssen folgende Mindestangaben gemacht werden:

- Erläuterung der Formelzeichen
- Eingabedaten für die Berechnung, einschliesslich Werkstoffangaben
- Angabe der verwendeten Berechnungsvorschrift
- berechnete Mindest-Wanddicke oder errechnete Spannung im Vergleich zur zulässigen Spannung,
- Zuschläge z.B. für Korrosion, Verschleiss, besondere konstruktive Gegebenheiten usw., wo zutreffend
- Toleranzen für die Wanddicke
- gewählte Wanddicke

5.2.2.3 Fertigungsplan (sofern erforderlich)

Der Fertigungsplan muss beinhalten:

- genaue Beschreibung des Fertigungs-/Verlegungsplans, wo erforderlich
- Schweissanweisungen (WPS)
- zerstörungsfreie Prüfverfahren
- Wärmebehandlungsverfahren, wo erforderlich
- Dichtheitsprüfverfahren, wo erforderlich
- Druckprüfverfahren
- alle zusätzlichen, speziell verlangten Verfahren

5.2.3 Durchführung der Entwurfsprüfung

5.2.3.1 Prüfung des Entwurfs

Prüfung der Isometrie und/oder Bauzeichnungen einschliesslich Stücklisten und Fertigungsplan unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen:

- Eignung des Werkstoffs für die drucktragenden und nicht drucktragenden Teile
- Art der verlangten Werkstoffprüfbescheinigungen
- Eignung der Schweissanweisungen und Qualifikationen
- vorgesehene Massnahmen für wiederkehrende Prüfungen
- konstruktive Stabilität, einschliesslich Halterungen und Festpunkte
- Art und Anordnung von Sicherheitseinrichtungen

Die Nachprüfung des Anlagenentwurfs muss nach den Anforderungen der vorliegenden TRIR erfolgen.

5.2.3.2 Prüfung der Auslegungsberechnungen

Die Prüfung muss sicherstellen, dass die Anforderungen des Kapitels 3 dieser TRIR erfüllt sind. Es ist zu prüfen, dass Spannungen, Druck und Temperatur miteinbezogen wurden und alle bei Betrieb und Prüfung eventuell einwirkenden Belastungen berücksichtigt worden sind.

5.2.3.3 Unvollständige Unterlagen

Falls zum Zeitpunkt der Entwurfsprüfung nicht alle verlangten Daten zur Verfügung stehen, darf die Fertigung/Verlegung unter der Voraussetzung erfolgen, dass über das entsprechende Fertigungs- und Verlegungs-Stadium nicht hinausgegangen wird, bevor die restlichen verlangten Daten vorhanden und geprüft sind.

5.3 Bauprüfung

5.3.1 Werkstoffe und umgeformte drucktragende Bauteile

5.3.1.1 Werkstoffüberprüfung und Kennzeichnung

Auf der Basis der Entwurfsprüfung werden an den Halbzeugen und Normteilen folgende Punkte geprüft:

- Kennzeichnungen
- Werkstoffprüfbescheinigung
- Übereinstimmung mit der Spezifikation in der Entwurfsprüfung

5.3.1.2 Prüfung umgeformter Teile

Umgeformte Teile müssen im Anlieferungszustand überprüft werden. Folgende Prüfungen können je nach Bauteil erforderlich sein:

- Wanddickenmessungen
- Sichtprüfung
- Nachprüfung von Ovalität, Biegewinkel usw. (Geometrie)
- Härteprüfung
- Ultraschallprüfung
- Magnetpulverprüfung oder Flüssigkeitseindringprüfung
- Abdrücke der Oberflächenstruktur in der Zugspannungszone (für den Fall, dass eine Lebensdauerüberwachung für Anwendungen im Kriechbereich erforderlich ist).

5.3.2 Schweißen

Folgendes muss überprüft werden:

- Schweissanweisung (WPS) nach SVTI 505/506, bzw. EN 288-2, für alle Schweissverfahren einschliesslich Heften und vorübergehender Anschweissungen;
- entsprechende und gültige Prüfbescheinigungen für alle Schweißer nach SVTI 504, bzw. EN287-1 und für alle Schweissbediener nach EN 1418.

Die Prüfungen der Schweissnahtvorbereitung, des Schweissprozesses und nach dem Schweißen erfolgen nach der WPS.

Die Sichtkontrolle beinhaltet die Qualität der Nahtvorbereitung, die eigentliche Schweissarbeit sowie die Verhinderung von Werkstoffverwechslungen. Die Sichtkontrolle soll durch die Schweissaufsicht erfolgen.

5.3.3 Wärmebehandlung

Bei Wärmebehandlung nach dem Umformen oder Schweissen (post weld heat treatment PWHT), soweit vorgesehen, muss durch Überprüfung der Wärmebehandlungsprotokolle und Prüfergebnisse bestätigt werden, dass die durchgeführte Wärmebehandlung mit der Werkstoffspezifikation oder dem geeigneten Wärmebehandlungsverfahren übereinstimmt.

5.4 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweissnähten (NDT non-destructive testing)

5.4.1 Durchführung der zerstörungsfreien Prüfung

Die zerstörungsfreien Prüfungen werden nach SVTI 507 bis 510 durchgeführt.

5.4.1.1 Folgendes gilt für alle Schweissverbindungen:

- Schweissverbindungen sind vor Durchführung der zerstörungsfreien Prüfung einer Sichtprüfung zu unterziehen.
- Der Prüfbereich umfasst das Schweissgut und die Wärmeeinflusszonen.
- Oberflächen-Prüfverfahren müssen auf den Aussenflächen durchgeführt werden.
- Wenn eine Wärmebehandlung oder Umformung der Schweissverbindung nach dem Schweissen vorgesehen ist, dann sind die zerstörungsfreien Prüfungen der Schweissnähte vor der letzten Wärmebehandlung durchzuführen. Sind Schweissnähte nach der letzten Wärmebehandlung oder Umformung nicht mehr zugänglich, dann müssen zwischen den Beteiligten andere Vereinbarungen getroffen werden.
- Annahmekriterien für alle Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung sind nach SVTI 507-SVTI 510.

Zündstellen und Kontaktstellen mit Anschmelzungen müssen glatt geschliffen werden und je nach verwendetem Werkstoff einer Prüfung auf Oberflächenfehler unterzogen werden.

5.4.1.2 Prüfung durch Stichproben

Wenn der geforderte Umfang der zerstörungsfreien Prüfung unter 100 % liegt, muss die Stichprobe so verteilt werden, dass die Aussage repräsentativ für alle Schweissnähte ist.

Die Stichproben müssen:

- zufällig ausgewählt sein und zwischen den Beteiligten vereinbart werden
- für eine Gruppe von Schweissnähten repräsentativ sein (eine Gruppe von Schweissnähten ist die Anzahl von Schweissnähten, die von einem Schweißer oder Bediener nach einer Schweissanweisung ausgeführt wurde)
- die ersten Prüfungen sollten in einer möglichst frühen Phase durchgeführt werden.

Die Stichprobe muss wenigstens eine vollständige Rundnaht enthalten.

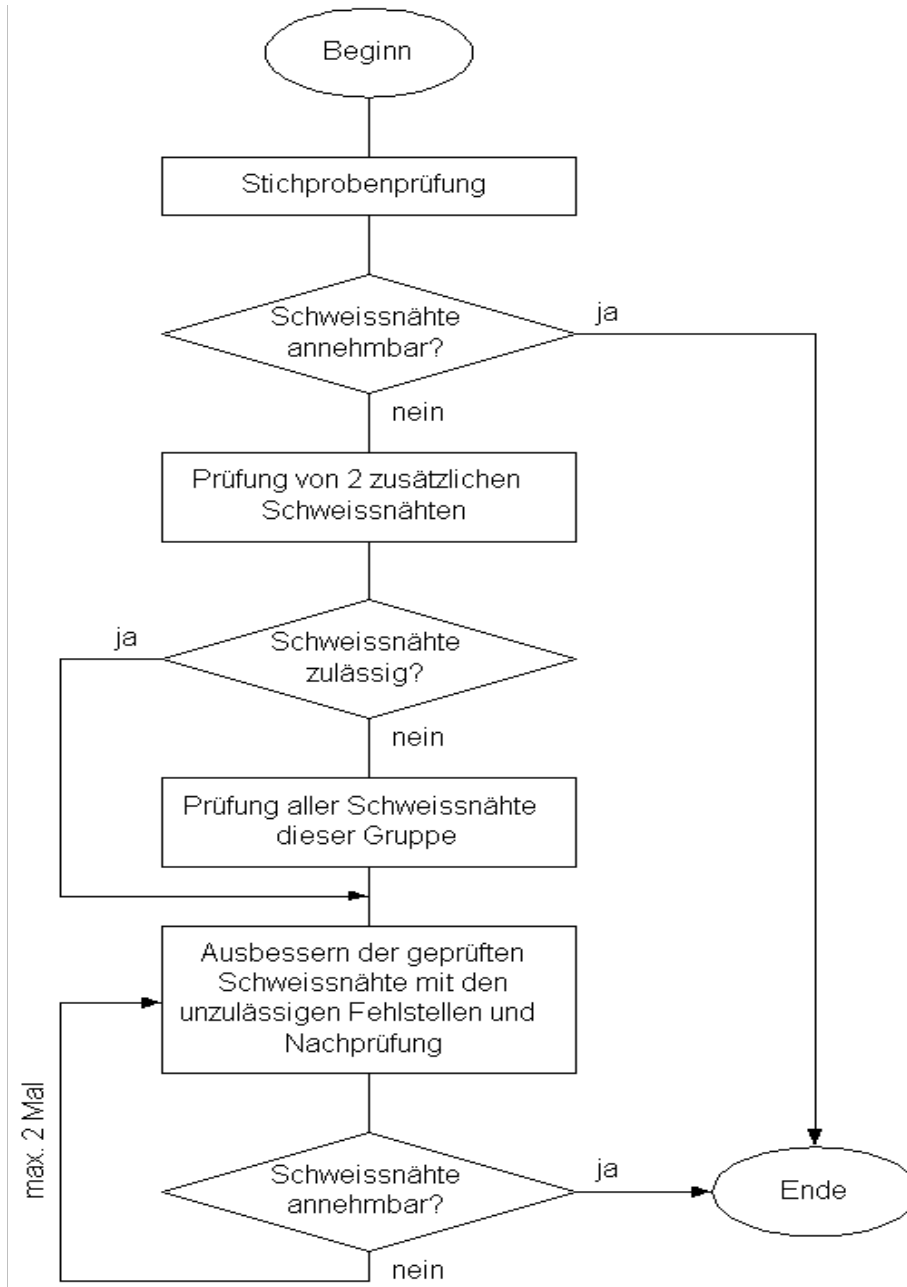
5.4.1.3 Fehler, die durch Stichprobenprüfung aufgedeckt werden

Wenn die Stichprobe Fehlstellen in einer Schweissnaht ergibt, die nach dieser Vorschrift nicht zulässig sind, gilt Folgendes:

- Zwei zusätzliche Schweissnähte derselben Gruppe müssen nach dem gleichen Verfahren untersucht werden.
- Wenn die unter obigem Punkt untersuchten Schweissnähte annehmbar sind, dann muss die anfängliche Schweissnaht ausgebessert bzw. erneuert werden und nach dem ursprünglichen Verfahren überprüft werden.
- Falls jedoch irgend eine dieser zusätzlichen Schweissnähte eine unzulässige Fehlstelle aufweist, dann müssen alle Schweissnähte in dieser Gruppe vollständig überprüft werden und gegebenenfalls ausgebessert oder erneuert und erneut überprüft werden.
- Schweissnähte dürfen maximal zweimal ausgebessert werden. Danach müssen sie vollständig ersetzt werden.

Die im folgenden Bild dargestellte Vorgehensweise muss befolgt werden.

Ablauf für die zusätzlichen Prüfungen sofern Fehlstellen auftreten:



5.4.2 Durchführung der Arbeitsprüfung (AP)

Die Arbeitsprüfungen werden nach SVTI 506 durchgeführt.

5.5 Abnahme

5.5.1 Allgemeines

Vor der abschliessenden Bescheinigung muss eine Abnahme erfolgen. Anschliessend erfolgt eine Zusammenstellung der verlangten Dokumentation.

5.5.2 Abnahmeprüfung

Die Abnahmeprüfung umfasst:

- eine abschliessende Sichtprüfung vor der Druckprüfung
- die Druckprüfung
- eine Sichtprüfung nach der Druckprüfung
- eine Überprüfung der Fertigungsunterlagen

Alle Prüfungen und Inspektionen müssen dokumentiert werden.

5.5.2.1 Sichtprüfung vor der Druckprüfung

Eine Sichtprüfung muss innen und aussen vor Aufbringung der äusseren Beschichtung/Isolation durchgeführt werden. Durch die Sichtprüfung muss nachgewiesen werden, dass Abmessungen und Ausrichtung den Entwurfsanforderungen entsprechen.

5.5.2.2 Sichtprüfung nach der Druckprüfung

Mit der Sichtprüfung wird nachgewiesen, dass die Druckprüfung keine unzulässigen Verformungen hervorgerufen hat.

5.5.2.3 Prüfung der Fertigungsunterlagen

Der Hersteller muss eine Prüfung der Fertigungsunterlagen durchführen, um nachzuweisen, dass alle in den Kapiteln 5.2-5.5 festgelegten anwendbaren Prüfungen und Versuche zufriedenstellend durchgeführt und aufgezeichnet werden.

5.5.3 Druckprüfung

Die Druckprüfung erfolgt nach SVTI 512.

Nach der Druckprüfung müssen alle Blindflansche, die zum Absperren von Bauteilen eingebaut wurden, die keiner Druckprüfung unterzogen werden, z.B. Abblaseleitung des Sicherheitsventils, Faltenbalge oder Dehnungsausgleicher usw., entfernt werden.

5.5.4 Dichtheitsprüfung

Ist eine Dichtheitsprüfung erforderlich, kommt eines der folgenden Verfahren zur Anwendung:

- Blasenprüfung mit Seifenlösung (Methode mit direktem Druck oder Vakuumkammer)
- Methode mit Halogendiodensensor
- Methode des Heliumnachweises
- Druckänderungsverfahren

Die Wahl des Verfahrens hängt von dem zu prüfenden System ab. Die Empfindlichkeit der gewählten Technik muss mindestens gleichwertig oder besser sein, als die Anforderung an die Dichtheit des Systems.

Das zu prüfende System muss frei von Öl, Fett, Anstrichen oder Verunreinigungen sein, die die Prüfergebnisse verfälschen würden. Alle Verbindungen müssen zugänglich sein.

Schriftlich festgelegte Verfahrensanweisungen für die Ausführung, die Beurteilung und den Annahmestandard müssen verfügbar sein.

5.5.5 Prüfung der Sicherheitssysteme

Bei Baugruppen umfasst die Abnahme auch eine Prüfung der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, bei der überprüft wird, dass die Anforderungen vollständig erfüllt sind.

Sicherheitsventile (direkt belastet, pilotgesteuert oder eine Kombination von beidem) und das Hauptventil eines gesteuerten Sicherheitsventils (CSPRS) müssen auf folgende Merkmale geprüft werden:

- Gängigkeit aller beweglichen Teile
- Ansprechdruck
- Höhe des vollen Hubes wie angegeben
- äussere und innere Dichtheit
- alle anderen Parameter wie in der technischen Dokumentation des Herstellers angegeben.

6. Sicherheitssysteme

6.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der TRIR legt die Anforderungen an Sicherheitssysteme zum Schutz von industriellen Rohrleitungen vor unzulässigem Überschreiten der zulässigen Grenzen (Druck, Temperatur) fest.

Sicherheitssysteme, wie sie in diesem Teil der TRIR angesprochen werden, schliessen die Verbindung mit dem abzusichernden Gerät und die gesamte Abblaseleitung zur nächstgelegenen sicheren Entsorgungsstelle ein. Es kann sich dabei um eine Ableitung in die Atmosphäre oder in ein sicheres Auffangsystem handeln.

6.2 Definitionen

Für die Anwendung dieser TRIR gelten die folgenden Begriffe und Abkürzungen zusätzlich zu der Definition im SVTI-Regelwerk, Band 1.

6.2.1 Fehlersicher:

Bei Versagen der Funktion eines Bauteils der Sicherheitseinrichtung oder der Energieversorgung verbleibt das System in einem sicheren Zustand.

6.2.2 Selbstüberwachung:

Regelmässige und automatische Überprüfung, ob alle Bauteile einer Sicherheitseinrichtung im Sinne der Anforderungen noch funktionstüchtig sind.

6.2.3 Redundanz:

Verwendung von mehr als einer Einrichtung oder eines Systems, so dass trotz Ausfall einer oder mehrerer dieser Einrichtungen die erforderliche Funktion noch erhalten bleibt.

6.2.4 Regler:

Einrichtung zur Abstimmung oder Steuerung eines bestimmten Parameters, um den Betriebsablauf in vorgegebenen Grenzen zu halten.

6.2.5 Sicherheitseinrichtungen der Mess-, Steuer- und Regeltechnik (SRMSR-Einrichtungen):

System, das unabhängig von anderen Regelfunktionen des normalen Betriebs über automatische Regeleinrichtungen verhindert, dass Betriebsparameter in Druckgeräten die zulässigen Grenzen überschreiten.

6.2.6 Begrenzer:

Einrichtung, die die entsprechenden Parameter in vorbestimmten Grenzen hält.

6.2.7 Gesteuerte Sicherheitsventile (controlled safety pressure release valves CSPRS):

System, bestehend aus einem Hauptventil in Verbindung mit Steuereinrichtungen. Bei Erreichen des Ansprechdrucks werden die Steuerkräfte des Hauptventils über die Steuereinrichtung selbsttätig wirksam, aufgehoben oder soweit verringert, dass das Hauptventil eine bestimmte Menge des Mediums freisetzt, um dadurch zu verhindern, dass der vorgegebene Druck überschritten wird. Das System ist so ausgelegt, dass das Hauptventil wieder schliesst und ein weiteres Ausströmen des Mediums verhindert, nachdem normale Arbeitsbedingungen wieder hergestellt sind.

6.3 Begrenzungseinrichtungen und -systeme

6.3.1 Allgemeines

Um zu verhindern, dass die zulässigen Grenzen überschritten werden, muss die Rohrleitung mit geeigneten Schutzvorrichtungen ausgestattet werden, bzw. für eine entsprechende Ausstattung vorbereitet werden, sofern die Rohrleitung nicht als Teil einer Baugruppe durch andere Schutzvorrichtungen geschützt ist. Folgende Ausrüstungsteile kommen dafür in Frage:

- Sicherheitseinrichtungen wie Sicherheitsventile, Berstscheibeneinrichtungen, gesteuerte Sicherheitsventile, Knickstabeinrichtungen usw., die als letzte Gefahrenabwehrmassnahme sicherstellen, dass die zulässigen Betriebsgrenzwerte nicht überschritten werden;

und

- Überwachungseinrichtungen zur Überwachung der Betriebsparameter - wie z.B. Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (MSR), Messwertanzeigen, Alarminrichtungen, Druck-, Temperatur-, Standschalter, die ein manuelles oder automatisches Eingreifen ermöglichen, Korrekturmassnahmen auslösen und/oder für das Abfahren und Verriegeln sorgen, um die Rohrleitung innerhalb zulässiger Betriebsgrenzwerte zu halten;

Sicherheitseinrichtungen müssen:

- entweder fehlersicher, redundant oder selbstüberwachend sein.
- unabhängig von anderen Funktionen sein, es sei denn, ihre Sicherheitsfunktion wird von den anderen Funktionen nicht beeinträchtigt.

Das Sicherheitssystem muss so ausgelegt sein, dass es unter allen bekannten Betriebsbedingungen, Anfahr-, Abfahr-, Wartungs- und Instandsetzungsbedingungen, zuverlässig arbeitet.

Druckentlastungseinrichtungen müssen so eingebaut werden, dass Verletzungen von Personen durch den Abblasevorgang verhindert werden. Fluide müssen deshalb in eine sichere Zone abgeblasen werden. Auswirkungen des abgeblasenen Mediums auf die Umgebung müssen beachtet werden.

Soweit möglich, sollte die Druckentlastung auf kurzem, geradem Weg erfolgen. Reaktionskräfte infolge der Druckentlastung müssen berücksichtigt werden.

Bei gemeinsamen Abblaseleitungen für Mehrfachdruckentlastungseinrichtungen muss die Leistung gross genug sein, damit kein Fremdgedruck oder überlagerte Belastungen auf die verbleibenden Einrichtungen einwirken können und der Durchfluss durch das System nicht beeinträchtigt wird, wenn eine oder mehrere Einrichtungen abblasen.

Besteht die Möglichkeit, dass sich auf der Abblaseseite des Sicherheitsventils oder in der Abblaseleitung eine Flüssigkeitssäule bilden kann, dann muss eine Drainage vorgesehen werden, die nach einer sicheren Stelle entwässert, und so die Ansammlung von Flüssigkeit verhindert. Gegebenenfalls müssen Vorkehrungen gegen ein Einfrieren getroffen werden.

Werden Abblaseleitungen mit Einrichtungen ausgerüstet, die ein Eindringen von Regenwasser oder Fremdkörpern verhindern, dann dürfen diese Einrichtungen nicht das freie und vollständige Abblasen der Sicherheitseinrichtungen behindern.

Kann ein brennbares Medium abgeblasen werden, dann ist die Gefahr einer Entzündung in der Abblaseleitung zu berücksichtigen und es sind Massnahmen zu ergreifen, um die potentielle Gefährdung möglichst gering zu halten.

Temperatur- und Druckbegrenzer müssen so ausgeführt sein, dass ein Fehler in irgendeinem zugeordneten Teil nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt. Dies kann durch fehlervermeidende Techniken, Selbstüberwachung, Redundanz, Modifikation oder eine Kombination dieser Methoden erreicht werden. Die Fehlerbewertung für elektrische Bauteile muss in Übereinstimmung mit den Verfahren der Fehleranalyse-Diagramme aus prEN 50156-1 erfolgen.

6.3.2 Elektrische Ausrüstung

Die elektrische Ausrüstung muss EN 50156-1 entsprechen.

Sicherheitseinrichtungen müssen mindestens der Schutzart IP54 (siehe IEC 529) entsprechen. Befinden sich Bauteile innerhalb eines Gehäuses, muss dessen Schutzart entsprechend gewählt werden.

6.4 Druckbegrenzung

6.4.1 Allgemeine Anforderungen:

- Wenn unter nach vernünftigen Ermessen vorhersehbaren Bedingungen der zulässige Druck PS überschritten werden könnte, muss die Rohrleitung mit einem Sicherheitssystem gegen Drucküberschreitung abgesichert werden.
- Während des Betriebes der Rohrleitung muss der Druck auf den zulässigen Druck PS begrenzt werden.
- Die Dimensionierung muss so gross sein, dass der auftretende maximale Massenstrom so abgeführt wird, dass der Druck in der Rohrleitung $1,10 \cdot PS$ nicht überschreitet.
- Der Einfluss von Gegendruck auf den Ausflussmassenstrom eines Sicherheitsventils ist zu beachten.
- Es ist ein Nachweis der korrekten Auslegung erforderlich. Dieser kann durch die Typenprüfung, Versuche vor Ort oder im Einzelfall durch eine Berechnung erbracht werden.
- Wenn bei vollständig flüssigkeitsgefüllten, absperrbaren Rohrleitungssystemen die Gefahr einer Drucküberschreitung wegen der thermischen Ausdehnung besteht, müssen sie mit einer Druckentlastungseinrichtung ausgerüstet sein, sofern sie nicht auf andere Weise gegen die Drucküberschreitung abgesichert sind.
- Könnte ein Unterdruck auftreten und ist eine Rohrleitung hierfür nicht geeignet, muss eine Belüftungseinrichtung angebracht werden, die die Rohrleitung automatisch mit einem geeigneten Medium belüftet.
- Sicherheitseinrichtungen zur Druckbegrenzung sind Sicherheitsventile, Berstscheibeneinrichtungen, Sicherheitsventile und Berstscheibeneinrichtungen in Kombination, gesteuerte Sicherheitsventile oder im Einzelfall andere Sicherheitseinrichtungen.
- Die für die Sicherheitseinrichtungen verwendeten Werkstoffe müssen für die jeweiligen Betriebsbedingungen (einschliesslich Druck, Temperatur und Korrosion) zweckmässig sein.

6.4.2 Sicherheitsventile

6.4.2.1 Ausführung

- Sicherheitsventile müssen folgenden Normen entsprechen:
 - EN ISO 4126-1 für direkt belastete Sicherheitsventile
 - EN ISO 4126-4 für pilotgesteuerte Sicherheitsventile
 - SVTI 602
- Sicherheitsventile müssen so ausgeführt sein, dass der Einstelldruck nicht unabsichtlich verstellt werden kann.
- Sicherheitsventile für Dampf und Druckluft müssen mit einem Anlufthebel ausgerüstet sein, der so angeordnet ist, dass ein Anlüften des Ventiltellers unter Betriebsdruck möglich ist. Er darf nicht blockieren oder den Ventilteller am Schliessen hindern, wenn die äussere Öffnungskraft wieder weggenommen wird.
- Bei der Konstruktion von Sicherheitsventilen und deren Werkstoffauswahl müssen die Verträglichkeit mit den Beschickungsgütern und der mögliche Einfluss unterschiedlicher Dehnungen und Schwindungen, sowie Verklebungen und Produktablagerungen beachtet werden.

6.4.2.2 Einstellung

- Der Einstelldruck eines Sicherheitsventils darf den zulässigen Druck PS nicht überschreiten.
- Der maximal zulässige Druck PS wird für eine vom Hersteller vorgegebene Stelle festgelegt. Hierbei handelt es sich um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgerätes oder, falls nicht geeignet, um eine andere Stelle.
- Einflüsse einer statischen Säule sowie konstante oder veränderliche maximale Gegendrücke müssen berücksichtigt werden.
- Direkt belastete Sicherheitsventile für Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten müssen eine Schliessdruckdifferenz nach EN ISO 4126-1 besitzen.
- Werden mehrere Sicherheitsventile eingesetzt, muss nur bei einem der Sicherheitsventile der Einstelldruck auf PS eingestellt sein.
- Die Einstellung muss bescheinigt werden.

6.4.3 Berstscheibeneinrichtungen

6.4.3.1 Ausführung

Berstscheibeneinrichtungen müssen EN ISO 4126-2 und SVTI 603 entsprechen.

6.4.3.2 Auswahl, Verwendung und Einbau

Auswahl, Verwendung und Einbau von Berstscheibeneinrichtungen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 4126-6 und den Angaben des Herstellers erfolgen. Der spezifizierte Mindest-Berstdruck darf den zulässigen Druck PS nicht überschreiten.

6.4.4 Sicherheitsventile und Berstscheibeneinrichtungen in Kombination

6.4.4.1 Ausführung

Sicherheitsventile und Berstscheibeneinrichtungen in Kombination müssen prEN ISO 4126-3 und SVTI 602 entsprechen.

6.4.4.2 Verwendung

- Werden Berstscheiben der Sicherheitseinrichtungen vorgeschaltet, müssen sie den in 6.4.3.2 festgelegten Anforderungen entsprechen. Wird eine Berstscheibeneinrichtung mit Sicherheitsventilen in Reihe geschaltet, muss der Raum dazwischen mit einer Einrichtung versehen sein, die mögliche Leckagen anzeigt.
- Werden Berstscheibeneinrichtungen mit Sicherheitsventilen parallel geschaltet, um ein Rohrleitungssystem vor der Gefährdung durch eine durchgehende Reaktion zu schützen, muss die Berstscheibe für einen Berstdruck von höchstens $1,10 \cdot PS$ bei normaler Betriebstemperatur bemessen sein. Das Sicherheitsventil muss in Übereinstimmung mit 6.4.2.2 eingestellt werden.

6.4.5 Gesteuerte Sicherheitsventile (CSPRS)

Gesteuerte Sicherheitsventile müssen prEN ISO 4126-5 und SVTI 602 entsprechen.

6.4.6 Sonstige Sicherheitseinrichtungen

Sonstige Sicherheitseinrichtungen (z.B. MSR-Einrichtungen) sind zulässig, vorausgesetzt, es wurde durch Prüfung oder Berechnung nachgewiesen, dass sie für eine sichere Druckbegrenzung zweckmässig und zuverlässig sind.

6.5 Temperaturbegrenzung

6.5.1 Allgemeines

Ein Temperaturbegrenzer ist eine Sicherheitseinrichtung, die die Energieeinspeisung abfährt und verriegelt, wenn die Temperatur ausserhalb vorgegebener Grenzen liegt. Der Temperaturbegrenzer muss so gebaut sein, dass er nur von Hand entriegelt werden kann.

Temperaturmessstellen sind so auszuwählen, dass die gemessenen Temperaturen repräsentativ sind.

6.5.2 Werkstoff und Konstruktion

Temperaturbegrenzer müssen den auftretenden Betriebsbedingungen (z.B. thermische, mechanische und elektrische Beanspruchungen) standhalten.

Kammern, Verbindungsleitungen und Schutzhülsen für Temperaturbegrenzer müssen so ausgeführt sein, dass Ablagerungen in den Kammern/Rohren verhindert werden und dass sie gereinigt und überprüft werden können.

6.6 Anzeigen

6.6.1 Druckanzeiger

Alle druckbeaufschlagten Systeme müssen mit mindestens einem Druckanzeiger ausgerüstet sein.

Verbindungsleitungen müssen einen Durchmesser besitzen, der unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Beschickungsgutes eine Verstopfung unwahrscheinlich macht und so angeordnet sein, dass der Anzeiger vor unzulässigen Temperaturen geschützt ist.

Bei Druckanzeigern, die sich auf einem anderen Niveau als der Messpunkt befinden, muss die Differenz der Druckhöhe angeglichen werden.

In der Nähe des Druckmessers muss zur Kontrolle ein Prüfmanometer angebracht werden können.

Überdrücke müssen als positive Drücke angezeigt werden und die Anzeige muss eine dauerhafte und leicht erkennbare Marke für den zulässigen Druck PS besitzen.

Bei allen analogen arbeitenden Druckmessern muss sich der normale Ablesebereich im mittleren Drittel der Skala befinden.

Bei digitaler Anzeige muss der zulässige Druck PS neben der laufenden Anzeige abzulesen sein, um einen einfachen Vergleich zu ermöglichen.

Druckanzeiger müssen regelmässig auf ihre Genauigkeit überprüft werden.

6.6.2 Temperaturanzeiger

Wenn die Temperatur sicherheitsrelevant ist, dann muss jede Rohrleitung mit einem Temperaturanzeiger ausgerüstet sein, der sicherstellt, dass die Temperatur jederzeit bekannt ist und deutlich angezeigt wird.

Der Temperaturanzeiger muss die entsprechende Temperatur in Grad Celsius anzeigen und eine dauerhaft und leicht erkennbare Marke für die zulässige Temperatur TS besitzen.

Bei digitaler Anzeige muss die zulässige Temperatur TS neben der laufenden Anzeige abzulesen sein, um einen einfachen Vergleich zu ermöglichen.

Temperaturanzeiger müssen regelmässig auf ihre Genauigkeit überprüft werden.

6.7 Einbau

6.7.1 Allgemeines

6.7.1.1 Spannungsbetrachtungen

Zusätzliche Beanspruchungen der Sicherheitseinrichtungen durch äussere Kräfte (z.B. Reaktionskräfte, Wärmedehnungen, mechanische Schwingungen, usw.) müssen zuverlässig verhindert werden.

6.7.1.2 Verbindung zwischen Sicherheitseinrichtung und Rohrleitung

Die Verbindung zwischen der Sicherheitseinrichtung und der Rohrleitung muss so kurz wie möglich sein und einen Querschnitt haben, der mindestens so gross ist wie der Eintrittsquerschnitt des Sicherheitsventils. Treten in der Anlage Druckschwankungen auf, dann empfiehlt es sich, das Sicherheitsventil oder die Anbindung an eine Stelle zu verlegen, an der die Auswirkungen der Druckschwankungen am geringsten sind und die einwandfreie Funktion des Sicherheitsventils erhalten bleibt. Bei allen Installationen muss der Druckabfall in der Zulaufleitung des Sicherheitsventils beachtet werden.

Die Zulaufleitung muss so ausgeführt sein, dass der Gesamtdruckabfall bis zum Eintritt des Sicherheitsventils 3 % des Einstelldruckes oder ein Drittel der maximal zulässigen Schliessdruckdifferenz nicht überschreitet. Es gilt der jeweils kleinere Wert bei tatsächlichem Durchfluss.

6.7.1.3 Einbauposition

Der Einbau von Sicherheitseinrichtungen muss nach den Angaben des Herstellers erfolgen.

6.7.1.4 Zugänglichkeit

Für Wartung und Ausbau von Sicherheitseinrichtungen muss auf leichte Zugänglichkeit sowie ausreichenden Arbeitsraum und Höhe geachtet werden.

6.7.2 Abblaseleitung

Abblaseleitungen müssen so kurz wie möglich sein und einen Durchmesser haben, der mindestens so gross ist wie der Ventilaustritt. Die Abblaseleitung muss sicher verankert sein. Kräfte, die während dem Abblasevorgang entstehen, muss die Leitung auffangen können.

6.7.3 Absperren von Druckentlastungseinrichtungen

Zwischen Rohrleitung und Sicherheitseinrichtung darf es kein Absperrventil geben. Ausnahmen sind möglich, wenn z.B. der Druckerzeuger mit dem gleichen Absperrventil ebenfalls abgesperrt wird oder wenn Wechselventile verwendet werden. Beim Einbau von Wechselventilen oder Verblockungseinrichtungen muss zwangsläufig sichergestellt sein, dass jederzeit der erforderliche Abblasequerschnitt offen ist. Absperr- oder Wechselventile müssen so gebaut und bemessen sein, dass der im Ventil auftretende Druckabfall die Abblaseleistung nicht unter den geforderten Wert reduziert und dass die einwandfreie Funktion der Druckentlastungseinrichtungen nicht beeinträchtigt wird.

6.7.4 Blockieren von Absperrventilen

Hat es ausnahmsweise Absperrventile in einem Druckentlastungssystem (die nicht unter 6.7.3 fallen), müssen sie so blockiert sein, dass sichergestellt ist, dass sie in der richtigen geöffneten oder geschlossenen Stellung bleiben und eine unbeabsichtigte Veränderung unmöglich ist.

6.7.5 Entlüftung

Der Raum zwischen einem Absperrventil und einer Sicherheitseinrichtung muss mit einem Entlüftungsventil versehen sein, damit der Zwischenraum druckentlastet werden kann, bevor mit dem Ausbau der Sicherheitseinrichtung begonnen wird.

6.8 Überprüfung und Wartung

Sicherheitseinrichtungen und ihre Funktion müssen regelmässig gemäss den einschlägigen Regeln (z.B. SVTI 602/603) überprüft und gewartet werden, um das geforderte Sicherheitsniveau sicherzustellen.

6.9 Kennzeichnung

Zur genauen Kennzeichnung von Bauteilen, die als Teil einer Sicherheits-einrichtung dienen, wird auf die jeweilige Produktnorm bzw. SVTI 602 und 603 verwiesen.

7. Schlauchleitungen

7.1 Allgemeines

Betreffend der Einteilung von Fluiden, Einstufung und Konformitätsbewertung gelten dieselben Vorgaben wie bei Rohrleitungen, siehe Kapitel 1.

Eine Schlauchverbindung ist nur dann einer festen Rohrleitungs-Installation vorzuziehen, wenn zwingende Gründe (Installationstechnik, Bedienungsfreundlichkeit usw.) dies erfordern, und das Resultat einer Risikobetrachtung dies erlaubt.

Eine Schlauchleitung besteht aus dem Schlauchteil und den Anschluss-Armaturen.

Für das Bestimmen der Nennweite einer Schlauchleitung ist die Nennweite der Anschluss-Armatur massgebend.

7.2 Anforderungen

Für Elastomer- und Kunststoffschläuche und –schlauchleitungen für flüssige oder gasförmige Chemikalien darf der höchste Betriebsdruck 10 bar nicht übersteigen (EN 12115).

Schlauchleitungen müssen den nachfolgend angegebenen Beanspruchungen standhalten:

- dem zu fördernden Produkt (Durchflussmedium), (Beiblatt 1 zu EN 12115, Entwurf)
- dem minimal bzw. maximal auftretenden Druck und Temperatur
- den zu erwartenden Einflüssen der Umgebung (z.B. UV-Strahlung, Ozon usw.)
- den mechanischen Einwirkungen
- sie müssen so beschaffen sein, und so eingesetzt werden, dass betriebsmässige Vorgänge keine gefährlichen elektrostatischen Aufladungen hervorrufen können.

Schlauchleitungen sind eindeutig und zweckmässig zu kennzeichnen. So u.a. mit Herstellerzeichen, zulässigem Betriebsüberdruck, zulässiger Betriebstemperatur usw. Prüfdruck und Prüfdatum sind zu dokumentieren. Weitere Details sind im Kapitel 8 ersichtlich.

Armaturen müssen für die zu erwartenden Beanspruchung geeignet sein und dürfen nur von sachkundigen Personen montiert werden.

Schlauchleitungen sind sachgemäss zu lagern:

- Lagerung in mässig gelüfteten Räumen, getrennt von Stoffen, die die Güte der Schlauchleitungen beeinträchtigen können (z.B.: Lösungsmitteldämpfe). Einen witterungsgeschützte Lagerung im Freien ist nicht zulässig.
- Die Lagerung ist so zu organisieren, dass bei der Entnahme die jeweils älteste Lieferung verwendet wird.
- Die Schlauchinnenseite ist vor Verschmutzung zu schützen, gegebenenfalls durch Verschluss der Enden.
- Die Lagerung soll möglichst spannungsfrei, ohne Knickung und in nicht zu kleinen Biegeradien erfolgen.
- Schlauchleitungen aus Elastomeren sollen vor Licht und Wärme geschützt gelagert werden. Die ideale Temperatur liegt zwischen 15 und 25°C. Temperaturen unter -30°C und über 30°C sollen vermieden werden.

Schlauchleitungen sind sachgemäss zu verlegen:

- Sie sind so anzuschliessen, dass sie sich in Längsrichtung nicht verdrehen.
- Unnötige Überlängen sind zu vermeiden.
- Der vom Hersteller angegebene Mindestbiegeradius darf nicht unterschritten werden. Gegebenenfalls sind Haltevorrichtungen vorzusehen.
- Schlauchleitungen sind vor zu erwartenden chemischen, mechanischen und thermischen Einflüssen zu schützen.

Schlauchleitungen sind periodisch zu überprüfen und gegebenenfalls durch Fachkundige oder Fachbetriebe instand zu stellen oder zu ersetzen.

7.3 Druckprüfung

Grundsätzlich ist jede Schlauchleitung vom Hersteller einer Druckprüfung zu unterziehen.

Die Druckprüfungen soll grundsätzlich mit Wasser durchgeführt werden. Gasdruckprüfungen erfordern besondere Sicherheitsmassnahmen. Nach der Druckprüfung sind die Schlauchleitungen zu trocknen.

7.3.1. Schlauchleitungen aus Elastomeren

- Die Druckprüfung hat nach EN ISO 1402 zu erfolgen:
- Der Prüfdruck muss für Dampf und Heisswasser mindestens dem 5fachen des maximal zulässigen Betriebsdruckes bei Raumtemperatur entsprechen.

Für alle anderen Medien muss der Prüfdruck mindestens dem 1,5fachen des maximal zulässigen Betriebsdruckes bei Raumtemperatur entsprechen.

- Die Längenänderung von Schlauchleitungen darf beim Prüfdruck höchstens +/- 4% betragen.
- Die Verdrehung darf beim Prüfdruck höchstens 5° pro Meter Schlauchlänge betragen.

7.3.2. Schlauchleitungen aus nichtrostenden Stählen für chemische Stoffe

- Vor der Druckprüfung ist eine Dichtheitsprüfung mit mindestens 2 bar mit Luft unter Wasser durchzuführen.
- Die Druckprüfung erfolgt sinngemäss nach SVTI 512.

8. Identifikation und Dokumentation

8.1 Kennzeichnung von vorgefertigten Rohrleitungsteilen für die Verlegung

Alle vorgefertigten Rohrleitungsteile müssen zur Identifizierung mit einer Kennzeichnung versehen sein. Die Kennzeichnung kann mittels Farbe, Stempelung oder Etiketle erfolgen. Bei Werkstoffen, die im Kriechbereich oder unter Wechselbeanspruchung arbeiten, dürfen nur Stempelungen mit geringer Kerbwirkung verwendet werden.

Diese Identifizierung muss während der ganzen Verlegung sichtbar sein.

8.2 Kennzeichnung von verlegten Rohrleitungen

Zur deutlichen Identifizierung einer Rohrleitung oder eines Rohrleitungsabschnittes muss die verlegte Rohrleitung z.B. durch Anstrich, Beschriftung, Etikettierung usw. gekennzeichnet werden. Aufgrund der Kennzeichnung muss es möglich sein, das System zu erkennen, zu dem die Rohrleitung gehört.

Alle Rohrleitungen müssen zum Beispiel mittels Dokumentation eindeutig identifiziert werden können:

- eindeutige Identifizierung bezogen auf den jeweiligen Teil des Rohrleitungssystems und die Enddokumentation
- Name und Adresse des Herstellers
- Beschreibung der Rohrleitung einschliesslich des enthaltenen Fluids
- DN (Nennweite)
- maximal zulässiger Druck PS in bar
- maximale/minimale Temperatur TS in °C
- Prüfdruck in bar und Fluid der Druckprüfung, falls nicht Wasser verwendet wurde
- Datum der Druckprüfung
- Einstelldruck der Sicherheitseinrichtung in bar, falls zutreffend
- Hinweis auf diese TRIR
- CE-Kennzeichnung auf dem Objekt einschliesslich der Kenn-Nummer der zugelassenen Prüfstelle, wo zutreffend.

ANMERKUNG: Farbkennzeichnungen von bestimmten Rohrleitungsgruppen (Luft, Wasserdampf, Säuren etc.), wie sie zum Beispiel die

VSM 18575 vorschlägt, dienen der Übersicht und helfen Verwechslungen zu vermeiden.

8.3 Schlusdokumentation

8.3.1 Allgemeines

Die Schlusdokumentation muss die Konstruktions- und Fertigungsunterlagen enthalten sowie die Betriebsanleitungen. Der Umfang der Schlusdokumentation muss den Festlegungen in der folgenden Tabelle genügen. Die Schlusdokumentation muss vom Hersteller zehn Jahre aufbewahrt werden.

Schlussdokumentation

Unterlagen	Gefahrenkategorie: (siehe 1.6.4)	
	I	II & III
Rohrleitungs- und Instrumentierungsschaltbild	X	X
Zusammenstellung der Auslegungs- und Betriebsbedingungen	X	X
Zeichnungen des Anlagenschemas der Rohrleitung und Rohrunterstützungen mit Massen (kann isometrische Darstellungen enthalten, Ausführungsskizzen, Schnittzeichnungen, Grundrisspläne)	X	X
Berechnungsunterlagen	X	X
Entwurfsprüfung	X	X
Stückliste für Rohrleitungsbauteile mit Massen, Normen, Werkstoffen		X
Werkstoffbescheinigungen für Grundwerkstoffe und Schweisszusätze und Hilfsstoffe, falls verlangt		X
Unterlagen für verschiedene Bauteile, z.B. Armaturen, Sicherheitseinrichtungen		X
Schweissunterlagen (WPS, Schweisserausweise)		X
NDT Unterlagen	X	X
Unterlagen über die Wärmebehandlung	X	X
Verfahrensanweisung für die Druckprüfung und die Dichtheitsprüfung	X	X
Kennzeichnungsangaben	X	X
Entwurfsbescheinigung	X	X
Bescheinigung der Druckprüfung	X	X
Konformitätserklärung nach PED	X	X
Betriebsanleitungen	X	X

8.3.2 Konformitätserklärung nach PED

Der Hersteller muss eine Konformitätserklärung ausstellen und dem Betreiber abgeben.

8.3.3 Betriebsanleitung

Der Hersteller muss eine Benutzeranweisung zusammenstellen, in der für die Rohrleitung und deren Sicherheitseinrichtungen alle erforderlichen Angaben über die Inbetriebnahme, den Betrieb, die empfohlene Instandhaltung sowie Prüfungen von Seiten des Anwenders im Betrieb enthalten sind.

Bei Sicherheitssystemen, die Berstscheiben enthalten, muss festgelegt sein, wann die Berstscheibe ersetzt werden muss.

Alle anderen Sicherheitssysteme und ihre Funktion müssen periodischen Prüfungen unterzogen werden, um sicherzustellen, dass die angegebenen Eigenschaften noch gegeben sind. Protokolle der Versuche und Versuchsergebnisse müssen dokumentiert werden.

Die Anweisungen müssen die Auslegungsdaten und Hauptabmessungen der gelieferten Rohrleitung sowie alle Angaben der Kennzeichnung enthalten. Wo zutreffend, müssen diese Anweisungen auch die Dokumente, Zeichnungen und Diagramme umfassen, die für das deutliche Verständnis der Betriebsanleitungen erforderlich sind.

Die Betriebsanleitung muss dem Betreiber abgegeben werden.

9. Hinweise für Betreiber von Rohrleitungen

9.1 Planung von Rohrleitungen

9.1.1 Allgemeines

Sinnvollerweise wird unterschieden, ob ein Betreiber Rohrleitungen nur einzelfallweise erstellt/installiert oder wie ein Chemiebetrieb, sehr häufig. Im zweiten Fall bietet sich ein Rohrklassensystem an, das wie ein Baukastensystem funktioniert. Man muss dann für eine Rohrklasse das ganze Prozedere der Überlegung, welche Werkstoffe, Dichtungen, Armaturen mit welchen Fluiden zusammen passen, nur einmal machen.

9.1.2 Einzelne Rohrleitung

In diesem Fall wird die Rohrleitung Stück für Stück aus einzelnen Elementen (Rohre, Bögen, Armaturen) zusammengesetzt. Die Auswahl erfolgt nach den Parametern Druck, Temperatur, Nenngrösse und Fluid. Die Auswahl der Werkstoffe, Durchmesser, Armaturen, Dichtungen usw. erfolgt für den Einzelfall. Abstützungen/Stützweiten usw. müssen für den speziellen Fall bestimmt werden.

9.1.3 Rohrklassensystem

Im Rohrklassensystem werden ganze Rohrleitungssysteme gebildet mit definierten Auslegungsdaten. Eine Rohrklasse ist dann für eine bestimmte Palette von Medien zugelassen. Damit muss die Eignung der ausgewählten Elemente für die Fluide nur einmal überprüft werden.

Im Rohrklassensystem sollen folgende Parameter berücksichtigt werden:

- Bezeichnung der Rohrklasse
- Zulässige Medien
- Nennweite DN
- Nenndruck PN
- Maximal zulässiger Druck PS
- Zulässige minimale/maximale Temperatur TS

- Verbindungsart (geschweisst, geflanscht, verschraubt etc.)
- Korrosionszuschlag
- Schweissfaktor
- Werkstoff (Rohr, Dichtungen, Armaturen etc.)
- Fluidgruppe nach PED
- Gefahrenkategorie nach PED

Unter Umständen ist es sinnvoll, wenn je nach Anwendung einzelne Gruppen von Rohrklassen voneinander unterschieden werden.

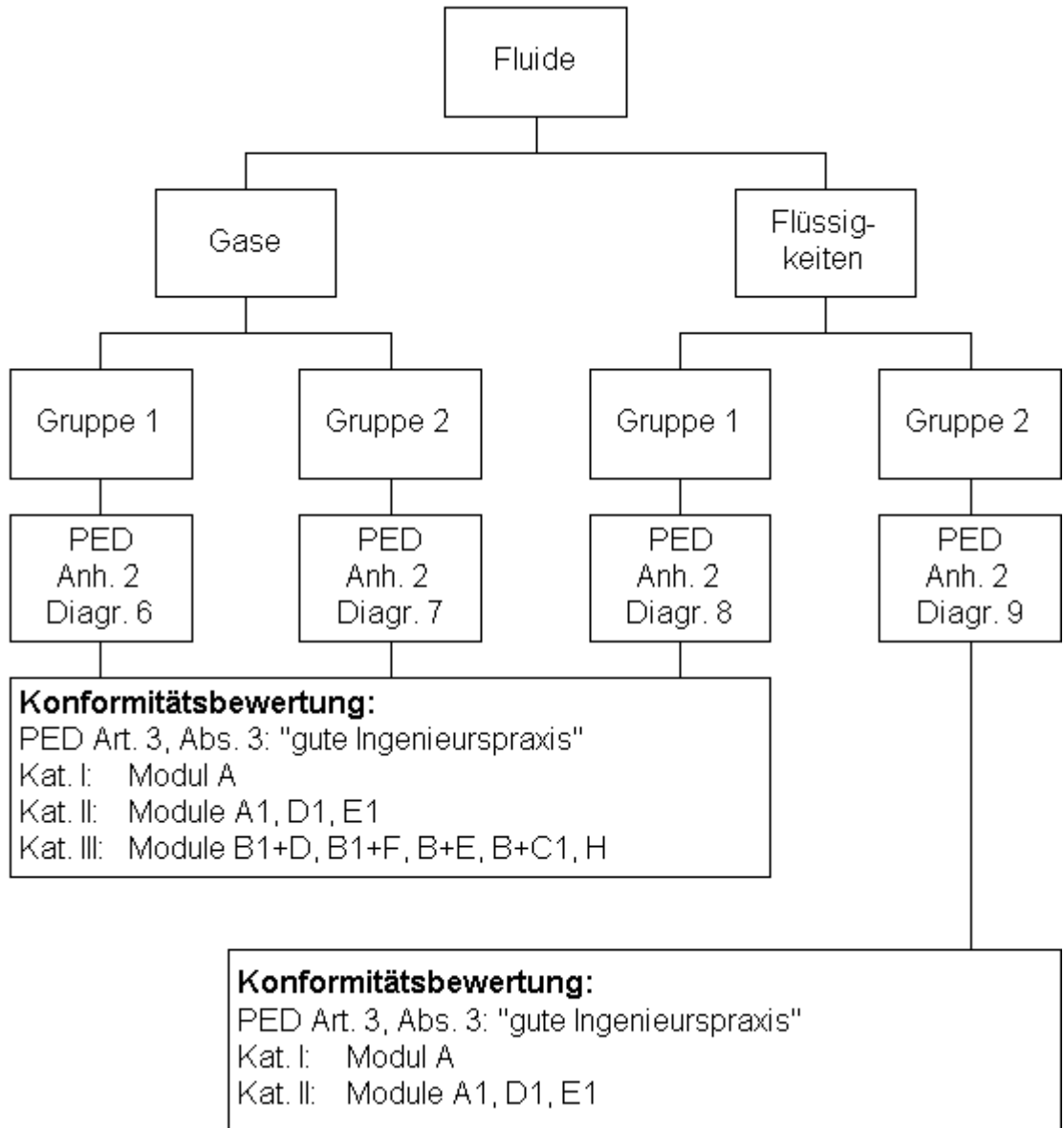
Zum Beispiel je eine Gruppe für:

- Dampf und Heisswasser
- Kühlsysteme
- Druckluft
- Medien/Fluide (ev. unterteilt nach verwendeten Werkstoffen wie Stahl, Stahl rostfrei, Kupfer, Kunststoff, Stahl emailiert, Stahl gummiert oder Glas)

9.1.4 Klassifizierung von Rohrleitungen nach der PED

Massgebend für die Einteilung ist der Artikel 3 und der Anhang II der PED (Siehe auch TRIR, Kapitel 1.6).

9.1.4.1 Schematische Darstellung



Es ist zweckmässig, wenn der Betreiber eine Medienliste führt, in der die Zuordnung zur Fluidgruppe 1 oder 2 ersichtlich ist.

9.2 Änderungen und Instandsetzungen an Rohrleitungen

Grundsätzlich ist bei Änderungen und Instandsetzungen an Rohrleitungen wie bei der Ersterstellung von Rohrleitungen vorzugehen. Auswirkungen von Änderungen an einer Rohrleitung müssen überprüft werden. Ist eine Rohrleitung hinsichtlich ihrer Beschaffenheit, Anordnung oder Betriebsweise wesentlich geändert worden (betrifft jede Änderung, die die Sicherheit der Rohrleitung beeinträchtigen kann), so darf die Rohrleitung erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem sie in dem durch die Änderung oder Instandsetzung bestimmten Umfang auf ihren ordnungsgemässen Zustand überprüft worden ist.

Die durchgeführten Prüfungen sind zu bescheinigen.

Die Änderungen und Instandsetzungen müssen in der Dokumentation nachgeführt werden.

9.3 Wiederkehrende Prüfungen

Rohrleitungen sind in den Zeitabständen, die aufgrund der Erfahrungen mit der Betriebsweise und dem Beschickungsgut und unter Berücksichtigung der Vorgaben des Herstellers vom Betreiber festzulegen sind, wiederkehrenden Prüfungen zu unterziehen.

Die wiederkehrende Prüfung kann bestehen aus:

- der äusseren Prüfung
- der Dichtheits-/Druckprüfung
- einer Prüfung mit anderen geeigneten Verfahren, z.B. zerstörungsfreien Prüfverfahren, falls eine Druckprüfung nicht möglich oder nicht zweckmässig ist.

Die durchgeführten Prüfungen sollen dokumentiert werden.