



TUBETEC
ROHRVERFORMUNGSTECHNIK

TT-WN 023-D

TUBE-TEC Werknorm

Rev. 04: Juni 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines:	3
1.1 Geltungsbereich und Zweck	3
1.2 Verknüpfte Unterlagen.....	3
1.3 Begriffe	4
1.4 Formelzeichen	5
2. Konstruktion und Berechnung	6
2.1 Maßgebliche Unterlagen.....	6
2.2 (Design) Verantwortung / Auslegung und Berechnung	6
2.3 Mindestwanddicken	6
2.4 Schweißnahtdicken.....	7
2.5 Verfahrenstechnische Auslegung	7
2.6 Zeichnungen / Unterlagen zur Abnahme	7
2.7 Sicherheitseinrichtungen	7
3. Werkstoffe und Halbzeuge	8
3.1 Waren für gesetzlich unregelte Bereiche.....	8
3.2 Waren für gesetzlich geregelte Bereiche (Drucktragende Teile).....	8
3.3 C-Stahl, legierte Stähle, rostfreie Stähle, NE-Werkstoffe	8
3.4 zugekaufte Halbzeuge (Rohre, Fittings, Flansche, Bleche, Formstahl, Muttern)	8
3.5 Eigengefertigte Halbzeuge (Bleche und Flansche)	9
3.6 Schweißzusätze.....	9
3.7 Abnahmeprüfzeugnisse (APZ).....	10
4. Fertigung.....	11
4.1 Wareneingang und Lagerung	11
4.2 Zuschnitt	11
4.3 Um-Formen (Biegen)	11
4.4 Schweißen	12
4.5 Anziehen Schrauben / Flansche Montieren	13
4.6 Wärmenachbehandlung	13
4.8 Nacharbeit / Ausbesserung	14
4.9 Oberflächenbehandlung	14
4.10 Isolierung	15
5. Baumaßkontrolle	16
5.1 Zuschnitte Blech / gerade Rohre	16
5.2 Fräs- und Drehteile	16
5.3 Gebogene Rohre (Dorn- und Biegedrückverfahren)	16
5.4 Gebogene Rohre (Pressbogen).....	17
5.5 Gebogene Rohre (Sonder- / Förderrohrbogen).....	17
5.6 Flachschnagen.....	18
5.7 Zyl. Rohrschnagen und gerollte Biegungen (3-Rollen Biegeverfahren)	18
5.8 Sammler.....	18
5.9 Behälter (drucklos).....	18
5.10 Druckbehälter.....	18
6. Zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP).....	19
6.1 Sichtprüfung VT	19

6.2 Oberflächenrissprüfung (MT und PT)	20
6.3 Volumetrische Prüfung (RT und UT)	20
6.4 Druckprüfungen	20
6.5 Dichtheitsprüfungen	21
6.6 Kugeldurchlaufprobe	21
6.7 Waddickenmessung	21
6.8 Ovalität / Unrundheit	22
6.9 Wellenbildung	22
6.10 Weitere Prüfungen	23
6.11 Prüfmittel (Kalibrierung)	24
7. Zerstörende Prüfungen (Labortests)	25
8. Abnahme	26
9. Verpackung	27
10. Dokumentation	27

1. Allgemeines:

1.1 Geltungsbereich und Zweck

Die TT-WN gilt für alle bei TUBE-TEC hergestellten oder gelieferten WAREN. Es muss sichergestellt werden, dass diese WAREN sich innerhalb bestimmter, definierter Toleranzgrenzen bewegen und einer einheitlichen Qualität entsprechen.

Zu diesem Zweck kann die TT-WN auf zwei Arten verwendet werden.

- a. Bei Produkten des gesetzlich geregelten Bereichs (z.B. Druckgeräten nach PED / DGRL oder Stahlbauten nach EUROCODE) als Ergänzung zur maßgeblichen Herstellnorm (z.B. EN12952 oder EN1090), z.B. bei Baumaßtoleranzen. Die Forderungen der Herstellnorm sind denen der TT-WN übergeordnet
- b. Bei Produkten ohne erkennbaren Verwendungszweck innerhalb eines gesetzlich geregelten Bereichs kann die TT-WN auch als Herstellnorm verwendet werden. In diesem Falle ist es Aufgabe des KUNDEN zu prüfen ob die TT-WN den Anforderungen genügt.

1.2 Verknüpfte Unterlagen

In der TT-WN verknüpften Normen werden im Text nur als Norm angegeben. Das gültige Ausgabedatum wird in Tabelle 1: „Verknüpfte Unterlagen“ gepflegt.

Tabelle 1: Verknüpfte Unterlagen

	Norm	Ausgabe	Beschreibung
1	AD2000	05.2020	AD 2000 Regelwerk
2	DGRL	2014/68/EU	Druckgeräterichtlinie (Umsetzung der PED)
3	PED	2014/68/EU	Pressure Equipment Directive
4	VGB-S-013-00	2014-12-DE	VGB-Richtlinie (vormals VGB R-501)
5	DIN 8580	2022-12	Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung
6	DIN 28182	2007-09	Rohrbündel-Wärmeaustauscher - Rohrteilungen, Durchmesser der Bohrungen
7	DIN 28187	2009-09	Rohrbündel-Wärmeaustauscher - Rohr/Rohrboden-Befestigung
8	DIN ISO 2768-1	1991-01	Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße
9	DIN ISO 2768-2	1991-04	Allgemeintoleranzen für Form und Lage
10	DIN EN 1708-1	2010-05	Schweißen - Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl
11	DIN EN 1779		
12	DIN EN 10028	2017-10	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen (Teil 1 – 7)
13	DIN EN 10160	1999-09	US-Prüfung von Flacherzeugnissen
14	DIN EN 10204	2005-01	Arten von Prüfbescheinigungen
15	DIN EN 10216	2014-03	Nahtlose Stahlrohre Druckbeanspruchungen (Teil 1 – 5)
16	DIN EN 10217	2019-08	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen (Teil 1 – 7)
17	DIN EN 10220	2003-03	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre: Tabellen für Maße
18	DIN EN 10228	2016-10	ZfP von Schmiedestücken aus Stahl (Teil 1 - 4
19	DIN EN 10222	2017-06	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbeanspruchung (Teil 1 – 5)
20	DIN EN 10253	2021-11	Formstücke zum Einschweißen (Teil 2 - 4)
21	DIN EN 10272	2016-10	Stäbe aus nichtrostendem Stahl für Druckbehälter
22	DIN EN 10273	2016-10	Schweißgeeignete Stäbe aus Stahl bei erhöhten Temperaturen
23	DIN EN 10307	2002-03	Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl
24	DIN EN ISO 3834	2021-08	Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen
Tabelle 1 fortgeführt			
25	DIN EN ISO 4017	2022-10	Metrische Sechskantschrauben (ehem. DIN 933)
26	DIN EN ISO 4032	2013-04	Metrische Sechskantmuttern (ehem. DIN 934)
27	DIN EN ISO 4063	2023-07	Schweißen, Hartlöten, Weichlöten und Schneiden - Liste der Prozesse und Ordnungsnummern
28	DIN EN ISO 5817	2023-07	Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten
29	DIN EN ISO 7089	2000-11	Unterlegscheiben (ehem. DIN 125)
30	DIN EN ISO 9692-1	2013-12	Arten der Schweißnahtvorbereitung - Teil 1
31	DIN EN ISO 10893	2020-10	ZfP von Stahlrohren (Teil 1 – 10)

32	DIN EN ISO 13920	2023-08	Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen
33	DIN EN ISO 14175	2008-06	Schweißzusätze - Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse
34	DIN EN ISO 14343	2017-08	Schweißzusätze - Drahtelektroden, Bandedelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen
35	DIN EN ISO 14731	2019-07	Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung
36	DIN EN ISO 14732	2023-04	Schweißpersonal - Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen
37	DIN CEN ISO 15608	2020-07	Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen
38	DIN EN ISO 15609-1	2019-12	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißanweisung
39	DIN EN ISO 15614-1	2020-05	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißverfahrensprüfung
40	DIN EN ISO 22081	2022-10	Allgemeine geometrische und Größenmaßspezifikationen (Ersatz von DIN ISO 2768-2:1991-04)
41	TT-AA_07_002	Rev. 01	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung Versand
42	TT-AA-7.5	n.a.	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung für die Schweißnahtvorbereitung und das Schweißen von Werkstoffen
43	TT-AA-7.7	n.a.	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung zur Lagerung von Schweißzusätzen
44	TT-AA_07_009	Rev. 01	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung Zwischen- und Endprüfung
45	TT-AA_07_015	Rev. 01	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung Reparatur von Schweißnähten
46	TT-AA_07_017	Rev. 01	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung Lackieren von Bauteilen
47	TT-AA_07_017	Rev. 01	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung Beizen und Passivieren
48	TT-AA-7.33	n.a.	TUBE-TEC interne Arbeitsanweisung zur Übertragung von Materialkennzeichnungen
49	TTS-P	n.a.	Auftragsspezifische TT-Prüfanweisung für Rohr-Rohrboden-Verbindungen

1.3 Begriffe

In dieser Werknorm werden untenstehende Begriffe, teilweise als Abkürzung, gemäß Tabelle 2: „Begriffe der TT-WN 023“ verwendet.

Tabelle 2: Begriffe der TT-WN 023

	Begriff	Erklärung
1	TUBE-TEC	Tube-Tec Rohrverformungstechnik GmbH in 57647 Nistertal – Deutschland
2	KUNDE	Auftraggeber der aufgrund Bestellung einen Liefervertrag mit TUBE-TEC hat
Tabelle 2 fortgeführt		
3	ENDKUNDE	Verwender der durch TUBE-TEC gelieferten WAREN
4	WAREN	von TUBE-TEC gelieferte Waren und Dienstleistungen, sowohl aus Eigenfertigung als auch als gehandelte Waren
5	QS	Qualitätssicherung
6	Qualitätsstelle	Zuständige Abteilung für Qualitätssicherung, -management und Schweißtechnik
7	ZfP	Zerstörungsfreie Prüfung von Waren und Vormaterialien
8	TT-WN	TUBE-TEC Werknorm TT-WN-023
9	VGB-R501H	VGB – Richtlinie R501H / VGB – Richtlinie S013
10	VGB-R110L	VGB – Richtlinie R110L
11	APZ	Abnahmeprüfzeugnis / Materialzeugnis gemäß EN10204:2004
12	Herstellnorm	Fertigungs- und Prüfgrundlagen (z.B. EN 12952, ASME BPVC, EN1090)
13	Drucktragende Teile	Waren mit einem Betriebsüberdruck $P \geq 0,5$ bar(g)
14	Drucklose Teile	Waren mit einem Betriebsdruck $P < 0,5$ bar(g) und solche die nicht explizit als Drucktragende Teile definiert sind.
15	Schweißtechnik	Für Schweißtechnische Fragen verantwortliche Abteilung / Schweißaufsicht
16	WPS	Schweißanweisung
17	WPQR	Schweißverfahrensprüfung

18	Rohrbogen	Einschweißfertiges Standard-Rohrfitting nach EN10253 oder ASME B16.9
19	Gebogenes Rohr	Gebogener Rohrbogen in zwei- oder dreidimensionaler Ausführung, mit frei wählbaren Radien und Winkelmaßen und geraden Schenkeln
20	Biegung	Geformter Bereich eines Rohres, z.B. Innerhalb einer Flachschnalle

1.4 Formelzeichen

In dieser Werknorm werden für Formeln und Zeichnungen folgende Formelzeichen gemäß Tabelle 3: „Formelzeichen in TT-WN 023“ verwendet.

Tabelle 3: Formelzeichen in TT-WN 023

	Formelzeichen	Erklärung
1	a	Kehlnahtdicke
2	a _{min}	min. nominale Schweißnahtdicke abzüglich zulässiger Toleranzen gemäß DIN EN ISO 5817:2014 Bewertungsgruppe D
3	a _{max}	max. nominale Schweißnahtdicke abzüglich zulässiger Toleranzen
4	D	Nenn-Außendurchmesser Rohr
5	D _i	Innendurchmesser Rohr
6	D _B	Bohrungsdurchmesser
7	L	Leckage-Rate bei Dichtheitsprüfungen in mbar l/s
8	t	Norm-Wanddicke Rohr
9	t	Ist-Wanddicke Rohr
10	t _{klein}	dünnere nominale Wanddicke der zu verschweißenden Teile
11	t _{min}	Mindestwanddicke Rohr (nach dem Formen)
12	t _{SR}	nominale Wanddicke des Sammlerstutzens im Anschlussbereich Sammler
13	e	Norm-Dicke Blech
14	R _m	Mittlerer Biegeradius
15	OV _B	Unrundheit respektive Ovalität im Bogenbereich
16	OV _R	Unrundheit respektive Ovalität im geraden Rohr
17	P _T	Prüfdruck in bar(g)
18	P _B	Betriebsdruck in bar(g)
19	SVL	Schenkelverlängerung eines gebogenen Rohres
20	L1	Aufweitlänge beim Anlegen von Rohren in Rohrplatten

Tabelle 3 fortgeführt

21	L2	Einwalzlänge beim Einwalzen von Rohren in Rohrplatten
22	HQ	Haftaufweitung beim Einwalzen nach Kotthaus&Busch
23		
24		
25		
26		

2. Konstruktion und Berechnung

2.1 Maßgebliche Unterlagen

Als für Fertigung, Prüfung und Abnahme maßgebliche Unterlagen gelten ausschließlich solche, die in der Auftragsbestätigung von TUBE-TEC explizit genannt sind. Hierzu gehören u.a. Zeichnungen, Stücklisten, Spezifikationen und, soweit genannt, die Herstellnorm.

Es ist Aufgabe des KUNDEN die entsprechenden Unterlagen zu erstellen und gegebenenfalls durch eine benannte Stelle prüfen zu lassen.

Es gilt folgende Rangfolge der Dokumente gemäß Tabelle 4: „Unterlagen“

Tabelle 4: Unterlagen

	Rangfolge	Bezeichnung
1	1	TUBE-TEC Auftragsbestätigung
2	2	In der TUBE-TEC Auftragsbestätigung genannte Unterlagen
3	3	Gesetzliche Vorschriften
4	4	Diese Werknorm TT-WN
5	5	Kundenbestellung
6	6	In der Kundenbestellung genannte Unterlagen

2.2 (Design) Verantwortung / Auslegung und Berechnung

TUBE-TEC übernimmt keine Verantwortung dafür, dass die zu liefernden WAREN dem vom KUNDEN beabsichtigten Verwendungszweck entsprechen. TUBE-TEC garantiert im Rahmen der deutschen Gesetze die einwandfreie Ausführung der Arbeiten gemäß den maßgeblichen Unterlagen wie in der TUBE-TEC Auftragsbestätigung beschrieben.

Es ist Aufgabe des KUNDEN die zu liefernden Waren ausreichend und entsprechend Verwendungszweck und Lebensdauer zu dimensionieren und die entsprechenden Informationen eindeutig, unmissverständlich und übersichtlich in den maßgeblichen Unterlagen zu definieren. Dazu gehören z.B. Mindestwanddicken inkl. Korrosions- und anderen Abnutzungszuschlägen und dem Anwendungsfall und Einsatzdauer entsprechende Werkstoffe.

Eine Kontrolle und / oder Plausibilitätsprüfung der Vorgaben durch TUBE-TEC erfolgt nicht. Ebenso übernimmt TUBE-TEC keine Verantwortung für missverständliche oder gegensätzliche Angaben in den maßgeblichen Unterlagen.

Wird seitens des KUNDEN eine Design-Verantwortung durch TUBE-TEC gewünscht, so ist es Aufgabe des KUNDEN die Möglichkeit vor Auftragsvergabe mit TUBE-TEC zu klären und den Umfang der Verantwortung explizit in der Bestellung anzugeben.

Drucklose Teile werden, soweit nicht separat vereinbart und bestellt, seitens TUBE-TEC nicht ausgelegt und berechnet. Zu den Drucklosen Teilen gehören auch alle nicht drucktragenden Anbau- und Anschweißteile an Druckbehälter wie z.B. Haltflossen oder Stützkonstruktionen.

Falls nicht anders in den maßgeblichen Unterlagen vereinbart, werden bei der Fertigung die Schweißnahtdicken gemäß Tabelle 5: „Schweißnahtdicken“ als Vorgaben eingehalten.

2.3 Mindestwanddicken

Bei ungeformten Teilen gelten die Mindestwanddicken der jeweiligen Halbzeug-Norm. Diese dürfen durch lokale Beschädigungen um max. 0,3 mm unterschritten werden. Bei geformten Teilen können je nach Fertigungsverfahren folgende Mindestwanddicken zugesagt werden:

Für gebogene Teile können die fertigungstechnisch erreichbaren Mindestwandstärken anhand Tabelle 7: „Mindestwandstärken“ folgendermaßen berechnet werden:

Tabelle 5: Schweißnahtdicken

Tabelle 6: Mindestwandstärken

	Verfahren	Biegezugzone	Biegedruckzone
1	Dornbiegen	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) - \frac{t \times 0,875 \times (D+2)}{4 \times Rm})$ [mm]	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) + \frac{t \times 0,875 \times (D-2)}{4 \times Rm})$ [mm]
2	Biege-Drück	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) - \frac{t \times 0,875 \times (D+2)}{4 \times Rm})$ [mm]	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) + \frac{t \times 0,875 \times (D-2)}{4 \times Rm})$ [mm]
3	3-Rollen	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) - \frac{t \times 0,875 \times (D+2)}{4 \times Rm})$ [mm]	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) + \frac{t \times 0,875 \times (D-2)}{4 \times Rm})$ [mm]
4	Sonderbogen	$t_{\min} = 0.6 \times ((t \times 0,875) - \frac{t \times 0,875 \times (D+2)}{4 \times Rm})$ [mm]	$t_{\min} = 0.9 \times ((t \times 0,875) + \frac{t \times 0,875 \times (D-2)}{4 \times Rm})$ [mm]
5	Blech, gerollt	Keine Angabe	
6	Blech, gekantet	Keine Angabe	

Achtung: Die genannten Mindestwanddicken sind ausschließlich fertigungstechnisch bedingt und sind nicht entsprechend der Betriebsbedingungen berechnet. Eine ausreichende Dimensionierung ist durch den KUNDEN zu prüfen.

2.4 Schweißnahtdicken

Eine Schweißnahtauslegung durch Tube-Tec erfolgt nicht, sofern nicht explizit vereinbart. Siehe auch Kapitel 4.4

2.5 Verfahrenstechnische Auslegung

TUBE-TEC garantiert, soweit nicht separat vereinbart und bestellt, keine Verfahrens- oder leistungstechnischen Parameter wie z.B. Dampfleistung, Wärmeleistung oder das Funktionieren chemischer Prozesse.

2.6 Zeichnungen / Unterlagen zur Abnahme

Soweit nicht anders in der Bestellung schriftlich vereinbart fertigt TUBE-TEC ausschließlich auf Grundlage der vom KUNDEN beigestellten Unterlagen. Diese sind vom KUNDEN innerhalb der in Kapitel 1.4 (DOKUMENTEN-) FRISTEN genannten Zeiträume beizustellen.

Von TUBE-TEC zur internen Verwendung erstellte Fertigungszeichnungen und -Unterlagen sind nicht Grundlage der Konstruktion und / oder Abnahme.

Es ist Aufgabe des KUNDEN dafür Sorge zu tragen, dass die beigestellten Unterlagen alle notwendigen Anforderungen enthalten und dass diese eindeutig und unmissverständlich sind. Eine Plausibilitätsprüfung der beigestellten Unterlagen (z.B. Abweichungen zwischen Zeichnung und Entwurfsprüfbericht) durch TUBE-TEC erfolgt nicht. Dadurch entstehende Fehler an WAREN gehen zu Lasten des KUNDEN

2.7 Sicherheitseinrichtungen

Im Zuge dieser Werknorm sind keine Sicherheitseinrichtungen z.B. zum Schutz von Überdruck oder Überhitzung vorgesehen. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass diese bauseits vorgesehen sind.

3. Werkstoffe und Halbzeuge

Für die Herstellung der WAREN werden ausschließlich die in den maßgeblichen Unterlagen genannten Werkstoffe gemäß den dort genannten Halbzeug-Normen verwendet. Die Auswahl hinsichtlich Anwendungszweck und Lebensdauer geeigneter Werkstoffe obliegt ausschließlich dem KUNDEN, ebenso deren Umsetzung in die maßgeblichen Unterlagen.

Schlägt TUBE-TEC im Zuge der Auftragsklärung alternative Werkstoffe vor, sind diese durch den KUNDEN auf Verwendbarkeit zu prüfen und freizugeben. In diesem Falle übernimmt TUBE-TEC keine Gewähr, dass die vorgeschlagenen Werkstoffe für den vom KUNDEN beabsichtigten Anwendungsfall geeignet sind.

Sofern nicht anders in der Bestellung und den maßgeblichen Unterlagen vereinbart, werden vorzugsweise Werkstoffe nach EN-Regelwerken mit Prüfzeugnissen gemäß Kapitel 3.7 verwendet.

Einschränkungen der Lieferanten sowie der Ursprungsländer gibt es nicht.

3.1 Waren für gesetzlich unregelte Bereiche

Für Waren, die nicht in einem gesetzlich geregelten Bereich Anwendung finden (z.B. EUROCODE oder DGRL) und nicht in den maßgeblichen Unterlagen explizit Vorgaben aufgeführt sind, steht TUBE-TEC die Wahl der Halbzeug-Norm und des Werkstoffes frei (s.a. Kapitel 3.4)

3.2 Waren für gesetzlich geregelte Bereiche (Drucktragende Teile)

Im Rahmen gesetzlich geregelter Bereiche ist diese Norm als Ergänzung zu verstehen. Es gelten die Anforderungen des zur Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen herangezogenen Regelwerks und der u.a. zusätzlich geltenden gesetzlichen Bestimmungen.

Es gilt generell, dass alle nicht explizit in den maßgeblichen Unterlagen definierten Forderungen und Optionen für Werkstoffe nicht vereinbart sind. Ihre Erfüllung oder nicht Erfüllung obliegt TUBE-TEC. Es ist ausschließlich Aufgabe des KUNDEN Werkstoffe und deren optionale Eigenschaften entsprechend des Verwendungszwecks zu definieren.

Es wird davon ausgegangen, dass eventuell notwendige Werkstoffeinzeltgutachten (PMA) z.B. zur Erfüllung der PED / DGRL, vom KUNDEN beauftragt und deren Anforderungen in den maßgeblichen Unterlagen hinterlegt sind.

3.3 C-Stahl, legierte Stähle, rostfreie Stähle, NE-Werkstoffe

Sofern nicht anders geregelt gelten folgende Werkstoffabkürzungen gemäß Tabelle 8: „Werkstoffe“:

Tabelle 7: Werkstoffe

	Kurzzeichen / Abkürzung	Werkstoff	Werkstoff-Norm
1	CS; C-Stahl, Carbon Steel	S235JR	DIN EN 10025
		P235GH TC1	DIN EN 10216 / 10217 / 10028
2	Warmfest, legierter Stahl, alloy steel	16Mo3 (1.5415)	DIN EN 10216 / 10217 / 10028
3	SS; Edelstahl; rostfreier Stahl, CrNi-Stahl	1.4301	DIN EN 10088
4	SICRO	1.4724	DIN EN 10095
5	Aluminium	EN AW-6061-T4 (3.3206)	DIN EN 573
6	Titan	3.7035 (Grade 2)	VdTÜV Wb 230

3.4 zugekaufte Halbzeuge (Rohre, Fittings, Flansche, Bleche, Formstahl, Muttern)

Bei der Auswahl von Vormaterialien wird versucht diese an den bekannt gegebenen Betriebszustand anzupassen. Sind keine solchen Informationen wie Mindest- oder Maximaltemperaturen, Druck, Korrosion und weiteres, steht es TUBE-TEC frei verfügbare Halbzeuge zu wählen.

Dabei wird nach Möglichkeit auf EN-Normen zurückgegriffen. Eine Übersicht über standardmäßig verwendete Normen bei der Beschaffung von Halbzeugen gibt Tabelle 9: „Halbzeug-Normen“. Sofern nicht anders vereinbart oder in der jeweiligen Norm verpflichtend gefordert, werden keine Optionen mitbestellt. Als Prüfklasse gilt generell Prüfklasse 1 (TC1). Zugesicherte Prüfungen sind lediglich

- Chemische Analyse (nur im Falle eines APZ 3.1 oder APZ 3.2)
- Zugfestigkeit und Dehngrenze bei Raumtemperatur (20°C)
- Bruchdehnung bei Raumtemperatur (20°C)

Tabelle 8: Halbzeug-Normen

	Halbzeug-Art	Halbzeug-Norm	Werkstoff-Norm	Sonstiges
1	Nahtlose Rohre	DIN EN 10216	DIN EN 10216	n.a.

2	Geschweißte Rohre	DIN EN 10217	DIN EN 10217	n.a.
3	Einschweißfittings	DIN EN 10253	DIN EN 10253	Verminderter Ausnutzungsgrad (Typ A)
4	Flansche	DIN EN 1092-1	DIN EN 10028 DIN EN 10222 DIN EN 10272 DIN EN 10273	Dichtfläche B1 oder B2
5	Bleche, drucklos	DIN EN 10029	DIN EN 10025 (Baustahl) DIN EN 10088 (rostfreier Stahl) DIN EN 10095 (Hitzebest. Stähle)	Unabhängig von der Blechdicke t
6	Bleche, drucktragend	DIN EN 10028	DIN EN 10028	Keine Z-Güten Bestimmung
7	Formstahl, drucklos	DIN EN 10059 DIN EN 10060	s. Bleche, drucklos	
8	Formstahl, drucktragend	DIN EN 10222 DIN EN 10272 DIN EN 10273	DIN EN 10222 DIN EN 10272 DIN EN 10273	
9	Schrauben	DIN 933 / DIN EN ISO 4017		Metr. Regelgewinde Stahl blank, 8.8
10	Muttern	DIN 934 / DIN EN ISO 4032		Metr. Regelgewinde Stahl blank, 8
11	Unterlegscheiben	DIN 125 / DIN EN ISO 7089		Form A ohne Fase
12	Schraubenbolzen, Gewindestangen, U-Bügel	DIN EN 10060	DIN EN 10025	Gefertigt aus Rundstahl Metr. Regelgewinde Werkstoff S355JR
13	Dichtungen			Nur für Druckproben geeignet

In Tabelle 9 nicht aufgeführte Halbzeuge, auch in Werkstoff-Sondergütern, können von TUBE-TEC frei gewählt werden.

Für durch TUBE-TEC eigengefertigte Halbzeuge siehe Kapitel 3.5

3.5 Eigengefertigte Halbzeuge (Bleche und Flansche)

Von TUBE-TEC gefertigte Fittings werden nach AD2000 Merkblatt HP8/3 gefertigt, geprüft und mit einem APZ 3.1 zertifiziert.

TUBE-TEC fertigt ausschließlich Glatte Flansche Typ 01 und Blindflansche Typ 05 in den Maßen der EN 1092-1. Diese können aus Flacherzeugnissen (Bleche nach DIN EN10028) oder aus gewalzten bzw. geschmiedeten Stäben nach DIN EN 10222 bzw. DIN EN 10272 oder 10273 durch Drehen oder Fräsen hergestellt werden.

Stäbe als Vormaterialien werden einer US-Prüfung auf Längsfehler nach DIN EN 10228-3 resp. DIN EN 10228-4 Qualitätsklasse 1 unterzogen.

Bleche als Vormaterialien werden immer einer Flächenprüfung nach DIN EN 10160 Qualitätsklasse S₀ (Quadermaß des Rasters 200 mm) unterzogen. Werden die Flansche später so eingebaut, dass das Blech in Dickenrichtung beansprucht wird, so erfolgt zusätzlich eine Randzonenprüfung nach DIN EN 10160 Qualitätsklasse E₀.

Die fertigen Flansche werden zu 100% einer MT oder PT nach DIN EN 10228-1 resp. DIN EN 10228-2 Qualitätsklasse 1 unterzogen. Diese Prüfung erfolgt am Vormaterial automatisiert oder nachträglich manuell.

3.6 Schweißzusätze

Schweißzusätze werden, falls nicht in den maßgeblichen Unterlagen explizit definiert, durch die TUBE-TEC festgelegt.

Eine Berücksichtigung von Betriebsparametern wie Mindest- und Maximale Betriebstemperatur, Kerbschlaganforderungen oder Korrosionsbeständigkeit erfolgt nur, wenn dies explizit aus den maßgeblichen Unterlagen hervorgeht. Schweißzusätze können in den Schweißunterlagen auch gemäß Herstellerbezeichnung definiert werden.

Schweißzusätze werden gemäß TT-AA-7.7 eingelagert.

3.7 Abnahmeprüfzeugnisse (APZ)

Für Vormaterialien werden, sofern in Bestellung oder Herstellnorm nicht anders gefordert, gemäß Tabelle 10: „Abnahmeprüfzeugnisse“ folgende APZ nach EN10204:2004 bestellt und der Dokumentation beigelegt:

Tabelle 9: Abnahmeprüfzeugnisse

	Art	Zeugnisstufe	Teil der TUBE-TEC Doku?
1	Drucktragende Vormaterialien	3.1	Ja
2	Drucklose Vormaterialien - Teil der WAREN -	2.2	Ja
3	Drucklose Vormaterialien - Hilfsstoffe -	2.2	Nein
4	Befestigungsmittel	Ohne	Nein
5	Schweißzusätze	2.2	Nein

Die mitgelieferten APZ können nach mehreren Regelwerken doppelt-zertifiziert sein. Standardmäßig werden keine Zusatzanforderungen wie AD2000 Werkstoffblätter, VdTÜV Werkstoffblätter, Class-Material für Schiffsklassen oder weiteres berücksichtigt.

Es werden keine Ursprungszeugnisse oder (Langzeit-)Lieferantenklärungen mitbestellt.

Die Rückverfolgbarkeit erfolgt über eine ordnungsgemäße Übertragung der Markierung gemäß TT-AA-7.33.

4. Fertigung

4.1 Wareneingang und Lagerung

Alle angelieferten Waren, ob von TUBE-TEC gekauft oder von KUNDEN beigestellt, werden bei Anlieferung einer stichprobenartigen Wareneingangskontrolle unterzogen. Diese beinhaltet folgende 4 Punkte:

- Mengenkontrolle
- Kontrolle der Bauteilabmessungen
- Kontrolle der Materialkennzeichnung
- Verifizierung des Werkstoffs

Gerade bei größeren Mengen kann die Wareneingangskontrolle nicht zu 100% erfolgen. Eine Warenannahme durch TUBE-TEC erfolgt somit immer unter Vorbehalt. TUBE-TEC übernimmt keine Gewähr für eine vollständige Übereinstimmung der WAREN mit den vereinbarten Eigenschaften oder deren Mängelfreiheit. Im späteren Fertigungsverlauf entdeckte Mängel gehen nicht zu Lasten an von TUBE-TEC.

Die Lagerung von WAREN in trockenen, gelüfteten Räumen wird nach Möglichkeit angestrebt, kann aber nicht garantiert werden. Spezielle Vorkehrungen und Anforderungen sind in den maßgebenden Unterlagen explizit vom KUNDEN anzugeben, andernfalls obliegt TUBE-TEC die freie Wahl der Lagerung nach vernünftigem Ermessen (WAREN aus korrosionsanfälligen Werkstoffen möglichst in geschlossenen Räumen oder im Freien unter Planen. Die Lagerung von WAREN aus witterungsbeständigen Werkstoffen kann auch im Freien erfolgen).

Leichter Flugrost oder Verschmutzungen können nicht ausgeschlossen werden und stellen keinen Mangel dar.

4.2 Zuschnitt

Zuschnitt subsummiert alle trennenden Fertigungsverfahren im Sinne der DIN 8580. Soweit nicht in den maßgeblichen Unterlagen explizit anders gefordert steht die Wahl des Zuschnitts-Verfahrens als auch der Festlegung der Verfahrensparameter (z.B. Schnittgeschwindigkeit) der TUBE-TEC frei. Die Auswahl erfolgt nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, wobei eine negative Beeinflussung des Grundwerkstoffs nach guter Ingenieurspraxis vermieden wird. Schnittkanten werden nur entgratet.

Die Toleranzen für Zuschnitte sind in Kapitel 5 geregelt.

Reststücke, die nicht zur weiteren Verarbeitung gedacht sind, werden entsorgt, sofern nicht

- Bei Rohren und anderen Langwaren (Rundstahl, Träger etc.) eine Länge von 1.000 mm überschritten wird
- Bei Blechen eine Restfläche von 250.000 mm² überschritten sowie Länge und Breite größer als 500 mm sind.

Zuschnitte und Reststücke werden entsprechend TT-AA-7.33 umgestempelt um die Materialnachverfolgbarkeit zu gewährleisten. Zuschnitte werden vor dem Schneidprozess einer Schachtelung unterzogen um den Verschnitt möglichst zu minimieren. Im Falle das Zweifel an der Optimierung bestehen, hat der KUNDE min. 2 Arbeitstage vor Fertigungsstart entsprechende Schachtelpläne zur Verfügung zu stellen. Nachträgliche Reklamationen werden nicht anerkannt.

Reststücke werden gemäß Kapitel 4.1 eingelagert.

4.3 Um-Formen (Biegen)

Umformen findet bei TUBE-TEC in der Regel als Kalt-Umformung statt. Das bedeutet theoretisch bei Temperaturen des Werkstoffs unterhalb seiner Umwandlungstemperatur Ac1, meistens jedoch bei Raumtemperatur. Ausnahmen hiervon sind zugekaufte induktiv-gebogene Rohre sowie Pressbogen aus Eigenfertigung.

Pressbogen werden in einem kombinierten, 2-stufigen Fertigungsverfahren aus kalter Vor-Biegung mit anschließender Warmformgebung hergestellt. Alle Pressbogen werden anschließend einer Wärmenachbehandlung nach dem Biegen (PBHT) unterzogen. Art und Glühparameter werden entsprechend des Werkstoffs in einer zugehörigen Glühweisung durch die Schweißtechnik auftragsbezogen erstellt. Genauere Informationen, auch zum Prüfumfang, s. Kapitel 4.6 Wärmenachbehandlung.

Zum Kalt-Biegen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die von TUBE-TEC entsprechend der Anforderungen an die zu fertigenden Bauteile gewählt werden. Hierbei wird v.a. das Biegeverhältnis R_m / D sowie der Werkstoff berücksichtigt. Weitere Kriterien sind Anforderungen an die erforderliche Rohr-Mindestwanddicke t_{min} sowie die maximal zulässige Unrundheit im Bogenbereich OV_B . Tabelle 11: „Anhaltswerte Biegeverfahren“ gibt Anhaltspunkte zur Auswahl des Biegeverfahrens sowie deren fertigungstechnischer Grenzen.

Tabelle 10: Anhaltswerte Biegeverfahren

	Biegeverfahren	R _m / D ^{*2}	Werkstoff	D [mm]	T [mm]	R _m [mm]	PBHT
1	Dornbiegen	1,0 bis 15,0	C-Stahl	Max. 219,1	2,0 – 20,0	20,0 – 1.000,0	*1
		1,3 bis 15,0	Alle anderen	Max. 219,1	2,0 – 20,0	20,0 – 1.000,0	nein
2	Biege-Drück Verfahren	1,0 bis 4,0	C-Stahl	Max. 168,3	2,0 – 20,0	20,0 – 225,0	*1
		1,3 bis 4,0	Alle anderen	Max. 168,3	2,0 – 20,0	20,0 – 225,0	nein
3	3-Rollen Biegen Rohr	größer 15,0	C-Stahl	Max. 219,1	2,0 – 20,0	Ab 15 x D	nein
		größer 20,0	Austenit	Max. 219,1	2,0 – 10,0	Ab 20 x D	nein
4	3-Rollen Biegen Blech	größer 10,0	Alle	n.a.	2,0 – 20,0	Ab 500	nein
5	3-Rollen Biegen Profil	größer 25,0	Alle	n.a.	1,0 – 10,0	Ab 500	nein
6	Pressbogen	Kleiner 1,0	Alle	Max. 168,3	3,6 – 8,8	½ x D bis D	ja
7	Sonderbogen	größer 3,0	Alle	Max. 406,4	Max. 4,0	Max. 2.500	nein

*1: Standardmäßig keine PBHT, Nachweis über Biegeverfahrensprüfung gemäß EN 12952-5 Anhang A

*2: Bei Profilen z.B. Schenkelmaß des Winkels, bei Blech und Vierkant Dicke in Biegerichtung

Zur weiteren Information kann seitens TUBE-TEC eine Werkzeugliste zur Verfügung gestellt werden. Eine genaue Auskunft erfolgt im Anfragefall anhand der durch den KUNDEN zur Verfügung gestellten genauen Parameter durch die Konstruktion der TUBE-TEC.

Die erreichbaren Fertigungstoleranzen sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

4.4 Schweißen

Allgemeines:

TUBE-TEC ist ein nach DIN EN ISO 3834-2 zertifizierter Schweißfachbetrieb mit einer nach DIN EN ISO 14731 organisierten Schweißaufsicht. Diese erstellt und pflegt alle Schweißunterlagen und Wärmebehandlungsanweisungen.

Wenn die maßgebenden Unterlagen dies vorschreiben, stellt die Schweißaufsicht sicher, dass ausschließlich geprüfte Schweißer/Bediener und qualifizierte Schweißverfahren für die vorgesehene Schweißaufgabe zum Einsatz kommen. Ansonsten obliegt TUBE-TEC die Wahl des Schweißverfahrens und der Festlegung der entsprechenden Parameter und des Lagenaufbaus.

Stoßstellen, an denen geschweißt werden soll, sind in jedem Fall vom Kunden in den maßgebenden Unterlagen vorzugeben. Stoßstellen, die in den maßgebenden Unterlagen nicht als Schweißnähte gekennzeichnet sind, werden nicht geschweißt.

- T-Stöße oder Überlappstöße, an denen geschweißt werden soll, aber keine Nahtart in den maßgebenden Unterlagen definiert ist, werden als Kehlnähte ausgeführt.
- Stumpfstöße, an denen geschweißt werden soll, aber keine Nahtart in den maßgebenden Unterlagen definiert ist, werden abhängig von der Zugänglichkeit entweder als einseitige Stumpfnähte, einseitige Stumpfnähte mit Gegenlage oder als beidseitig geschweißte Stumpfnähte ausgeführt. Die Wahl bleibt Tube-Tec überlassen.

Schweißnahtdicken:

Kehlnähte:

Kehlnähte ohne vorgegebene Nahtdicke werden standardmäßig mit a-Maß= 0,5 x t_{klein} und a-Maß >= 2 mm ausgeführt

Stumpfnähte:

Stumpfnähte an Stumpfstößen werden, wenn nicht anders angegeben, standardmäßig als Vollanschlüsse s=t_{klein} ausgeführt

Nähte an Rohrabzweigen:

Rohrabzweige, bei denen die Ausführung nicht vorgegeben ist, werden aufgesetzt und als vollangeschlossene Stumpfnähte ausgeführt.

Schweißnahtgüte:

Falls nicht anders in den maßgeblichen Unterlagen festgelegt, gilt für die Ausführung der Schweißnähte im Allgemeinen mindestens ISO 5817 Bewertungsgruppe „D“ und darüber hinaus folgende Festlegung:

Nr. nach ISO 5817	Ordnungsnr. Nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit	Werkstückdicke	Grenzwerte für Unregelmäßigkeit
1.23	602	Schweißspritzer	alle	Vereinzelt zulässig
1.24	610	Anlauffarben (sichtbare Oxidschicht)	alle	Blau

Bei Rostfreien und hochlegierten Stählen wird generell mit einem Unternahtschutz/ Wurzelschutzgas gearbeitet, um Beschädigungen des Werkstoffes zu vermeiden und Anlauffarben zu minimieren.

4.5 Anziehen Schrauben / Flansche Montieren

Flansche werden möglichst achs-frei positioniert. Sollen Einbauparameter berücksichtigt werden, so sind diese in den maßgeblichen Unterlagen anzugeben. Das Anziehen der Schrauben erfolgt in mindestens zwei Schritten und „über Kreuz“ unter Berücksichtigung der Anzugsmomente aus Tabelle 12: „Anzugsmomente“. Es werden keine Unterlegscheiben und kein Schmiermittel verwendet. Dichtungsparameter werden nicht berücksichtigt.

Soweit nicht anders gefordert, werden Schrauben, Muttern und Dichtungen, die bei einer Kaltwasser-Druckprüfung verwendet wurden, nach erfolgter Prüfung nicht getauscht.

Tabelle 11: Anzugsmomente Schrauben

	Gewindemaß	Anzugsmoment [Nm]				Anzugsverfahren
		Festigkeit	4.6	8.8	10.9	
1	M8	9,35	24,93	35,06	42,07	Mit handbetätigtem Schraubenschlüssel ggf. mit geeigneter Verlängerung
2	M10	18	49	70	83	
3	M12	32	86	121	146	
4	M14	52	138	194	233	
5	M16	81	215	302	363	
6	M18	112	296	417	500	
7	M20	157	420	590	709	Mit Drehmomentschlüssel oder anderen drehmomentgesteuerten Verfahren
8	M22	215	574	807	968	
9	M24	272	726	1020	1224	
10	M27	400	1067	1500	1800	
11	M30	542	1445	2032	2438	
12	M33	739	1969	2770	3323	
13	M36	948	2528	3555	4266	

4.6 Wärmenachbehandlung

Allgemeines:

Wärmenachbehandlungen an Bauteilen können sowohl nach dem Schweißen (PWHT), als auch nach der Umformung (PBHT) erfolgen.

Eine Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen (PWHT) oder nach der Umformung (PBHT) durch Tube-Tec erfolgt nur, soweit dies explizit aus den maßgeblichen Unterlagen hervorgeht. Ansonsten wird davon ausgegangen, dass eventuell geforderte Wärmenachbehandlungen durch den KUNDEN ausgeführt werden.

Die Oberfläche von Bauteilen kann durch die Wärmebehandlung farblich verändert (Anlauffarben) oder verzundert sein. Solange keine bestimmte Oberflächengüte nach der Wärmebehandlung in den maßgeblichen Unterlagen explizit definiert ist, stellt dies keinen Mangel dar.

Die Wärmebehandlung kann sowohl lokal z.B. mit Widerstandsheizmatten, Induktiv oder als Ofenglühung (mit oder ohne Schutzatmosphäre oder Vakuum) erfolgen. Solange nicht in den maßgeblichen Unterlagen definiert, bleibt die Wahl des Glühverfahrens Tube-Tec überlassen.

Simulierende Wärmebehandlung:

Falls in den maßgebenden Unterlagen eine Material- oder Schweißnahtprüfung nach simulierender Glühung gefordert ist, können mehrere gleiche Glühzyklen zu einem äquivalenten Glühzyklus zusammengefasst werden. Die Umrechnung erfolgt nach Hollomon-Jaffe Parametern.

4.7 Nacharbeit / Ausbesserung

Nacharbeiten an Bauteilen werden von der Qualitätsstelle koordiniert. Im Bedarfsfall wird eine Reparatur-Anweisung erstellt. Spezielle Regelungen zur Erhöhung des Prüfumfangs in diesen Fällen s. Kap. 5.1.

4.8 Oberflächenbehandlung

Sofern nicht explizit in den maßgeblichen Unterlagen festgelegt erfolgt keine Oberflächenbehandlung der fertigen Bauteile. Es wird davon ausgegangen, dass diese, wenn erforderlich, am fertigen Bauteil durch den KUNDEN vorgenommen wird. Dieser Lieferzustand der Oberfläche wird als „roh-schwarz“ beschrieben. Es können sowohl Rost, Zunder, Öle und Fette auf der Oberfläche verbleiben.

Ist eine andere, definierte Oberfläche gewünscht, gelten, sofern keine genaueren Angaben in den maßgeblichen Unterlagen gemacht sind, die Oberflächenbehandlungsarten und -ausprägungen gemäß Tabelle 13: „Oberflächenbehandlung“ und untenstehender Beschreibung. Generell gilt:

Solange nicht anders explizit bestellt, erfolgt die Oberflächenbehandlung nur an der Außenseite. Ist die Innenseite als Medienberührende Fläche auch oder stattdessen zu behandeln, so ist dies explizit mit anzugeben.

Es ist zu beachten, dass durch abrasive Oberflächenbehandlungen (Strahlen, Schleifen) die (Wand-)Dicke und der Außendurchmesser verringert werden. Es ist Aufgabe des KUNDEN etwaige Mindestanforderungen hierzu in den maßgeblichen Unterlagen vorab explizit zu definieren.

(Sand-)Strahlen:

(Sand-)Strahlen dient der Reinigung der Oberfläche. Es wird ein Norm-Reinheitsgrad Sa2 nach DIN EN ISO 8501-1 angestrebt. Die Wahl des Strahlmittels obliegt TUBE-TEC. Bei rostfreien Werkstoffen wird kein Strahlgut aus rostendem Stahl oder Eisen verwendet.

Das Strahlen erfolgt nur in den Bereichen in denen eine Verunreinigung vorliegt. Dadurch kann es, auch nach weiteren Verarbeitungsschritten wie z.B. beim Beizen, zu Unterschieden in der Oberfläche kommen. Dies stellt keinen Mangel dar. Ist eine gleichmäßige Oberfläche für das Endprodukt notwendig, so ist dies inkl. einer Vorgabe zur durchzuführenden Oberflächenbehandlung durch den KUNDEN im Vorfeld in den maßgeblichen Unterlagen anzugeben.

Bürsten:

Es wird ein Normreinheitsgrad ST3 nach DIN EN ISO 8501-1 angestrebt. Nicht-rostende Werkstoffe werden mit Bürsten aus ebenfalls rostfreiem Material bearbeitet.

Schleifen:

Es wird ein Normreinheitsgrad ST3 nach DIN EN ISO 8501-1 angestrebt. Nicht-rostende Werkstoffe werden mit entsprechenden Schleifmitteln nach Wahl TUBE-TEC oder, falls die Schleifbearbeitung durch Unterlieferanten erfolgt, nach Wahl des Schleifbetriebes bearbeitet.

Ist in den maßgeblichen Unterlagen keine Vorgabe zur gewünschten Oberfläche gemacht, wird mit Schleifmitteln einer Körnung 120 (entspricht in etwa einem R_a von $1,5 \mu\text{m}$) gearbeitet. Eine definierte Oberflächenrauheit (R_a oder R_m in μm) wird nicht garantiert und auch nicht gemessen.

Da Halbzeuge wie Rohre oder Bleche lokale Oberflächenfehler zulassen kann es vorkommen, dass an diesen Stellen die vorgegebene Oberflächengüte nicht erreicht werden kann, ohne das Halbzeug unzulässig dünn zu schleifen. Eine Nacharbeit dieser Stellen erfolgt nicht.

Falls nicht explizit in den maßgeblichen Unterlagen gefordert, erfolgt das Schleifen an unverformten Halbzeugen. Im weiteren Verarbeitungsprozess kann es, z.B. an Schweißnähten, zu einem unterschiedlichen Erscheinungsbild der Oberfläche kommen. Diese stellen keinen Mangel dar, solange die erforderliche Oberflächenrauheit eingehalten ist.

Sollen die WAREN im Nachgang elektropoliert werden, so ist dies vom KUNDEN in den maßgeblichen Unterlagen im Vorfeld anzugeben, damit dies beim Schleifprozess berücksichtigt werden kann.

Beizen:

Beizbehandlungen werden durch externe Zulieferer ausgeführt. Diese bestimmen die Parameter des Beizprozesses (Art der Beizbehandlung, Zusammensetzung des Beizmittels, Temperatur, Einwirkdauer) anhand des zu behandelnden Werkstoffs. Sofern nicht explizit in den maßgeblichen Unterlagen gefordert, wird nur die Außenoberfläche mittels Tauch- oder Sprühbeizverfahren behandelt

Eine Beizbehandlung von Innenoberflächen kann im Tauch- oder Umlaufverfahren erfolgen. Beim Umlaufverfahren erfolgt die Prozesskontrolle anhand einer Vergleichsprobe.

Im Anschluss an den Beizvorgang erfolgt eine Reinigung und anschließend Passivierung der Oberfläche an Umgebungsluft. Eine vollständige Entfernung von Beizrückständen, gerade bei Hinterschneidungen oder and Anschraubteilen kann nicht gewährleistet werden.

Das Ergebnis ist eine metallisch blanke Oberfläche, keine garantierte Oberflächenrauheit. Es ist zu beachten, dass es zu unterschiedlichem Aussehen der Oberfläche z.B. im Bereich von gebürsteten Schweißnähten kommen kann. Dies stellt keinen Mangel dar.

Beschichten

Bei Beschichtungen muss zwischen temporärem Korrosionsschutz zu Transport und Lagerzwecken und einer Finalen Beschichtung unterschieden werden.

Ein **temporärer Korrosionsschutz** ist nur zeitlich begrenzt wirksam. Je nach Umgebungsbedingungen von wenigen Tagen bis maximal 6 Monaten. Es ist Aufgabe des KUNDEN die Wirksamkeit des temporären Korrosionsschutzes über die gewünschte Nutzungsdauer zu kontrollieren und bei Bedarf nachzuarbeiten. Bauteiloberflächen werden vor Aufbringen des temporären Korrosionsschutzes nur von groben Anhaftungen befreit. Weitergehende Behandlungen wie Bürsten oder Sandstrahlen sind in den maßgeblichen Unterlagen explizit zu vermerken. Als Standard-Korrosionsschutz kommen Mobilarma LT oder Demistol X450 zum Einsatz. Schweißnahtvorbereitungen

Bei einer bleibenden Beschichtung, sowohl mit Grundierung als auch komplettem Beschichtungssystem, wird die Oberfläche zumindest auf Normreinheitsgrad ST3 nach DIN EN ISO 8501-1 gereinigt. Kanten werden gebrochen, Schweißspritzer entfernt. Soweit nichts anderes in den maßgeblichen Unterlagen vorgegeben ist, erfolgt eine Beschichtung mit Zinkstaubfarbe in silbergrau RAL 7001. Die Beschichtung wird einlagig in Schichtdicken von min. 40 µm und max. 80 µm aufgebracht.

Eine zu gewährleistende Temperaturbeständigkeit des Beschichtungssystems ist im Vorfeld in den maßgeblichen Unterlagen explizit zu vermerken.

4.10 Isolierung

Isolierungen erfolgen ausschließlich nach Vorgabe in den maßgeblichen Unterlagen. In diesen ist das Dämmmaterial inkl. Spezifischem Gewicht, die Ausrichtung der Lagen, die Befestigung (mittels Anker oder durch Kleben), je nach Befestigungsart Anzahl der Anker oder Klebemittel, Mindestdicken, Temperaturbeständigkeit, Beständigkeit gegen chemischen Angriff sowie die max. zulässige Außentemperatur zu definieren. Blechummantelung oder Beschichtungen (zur erhöhten Beständigkeit gegen Strömungsgeschwindigkeiten) sind explizit getrennt anzugeben.

Ist nichts Weiteres definiert, erfolgt eine Isolierung mit keramischer Dämmwolle, 128 kg/m³, befestigt mit Ankern. Eine Beschichtung oder Behandlung der Oberfläche unter der Isolierung erfolgt nicht.

5. Baumaßkontrolle

Maßprüfungen dienen der Kontrolle geometrischer Maßvorgaben, die einen Einbau der Bauteile gewährleisten sollen. Prüfungen im Rahmen der Produkt- oder Prozesssicherheit wie Mindestwanddicken oder Oberflächen- resp. volumetrische Fehler werden in Kapitel 6 behandelt. Die Prüfungen werden von entsprechend geschultem Personal mit kalibrierten Messwerkzeugen durchgeführt. Zulässige Abweichungen von SOLL-Maßen sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Die Dokumentation der Prüfungen kann als As-Built Zeichnung oder mittels Maßprotokoll erfolgen. Falls nicht anders bestimmt, obliegt die Entscheidung TUBE-TEC.

Für alle nicht in dieser Werknorm tolerierten Maße gilt Folgendes:

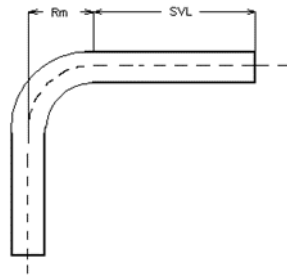
- Bei geschweißten und kalt geformten Bauteilen:
Toleranzen für Längen und Winkel
nach DIN EN ISO 13920:1996-11 Toleranzklasse D
Toleranzen für Geradheit, Ebenheit und Parallelität
nach DIN EN ISO 13920:1996-11 Toleranzklasse H
- Bei Zuschnitten und mechanischen bearbeiteten Bauteilen
Toleranzen für Längen und Winkel
nach DIN ISO 2768-1:1991-06 Toleranzklasse c
Toleranzen für Geradheit, Ebenheit und Parallelität
nach DIN ISO 2768-2:1991-04 Toleranzklasse L

Baumaße sind solche Maße,
Wenn nicht anders angegeben
Parallelität: Gemessen mit

5.1 Zuschnitte Blech / gerade Rohre

5.2 Fräs- und Drehteile

5.3 Gebogene Rohre (Dorn- und Biegedrückverfahren)



	≤ 50	> 50 ≤ 100	> 100 ≤ 250	> 250 ≤ 500	> 500 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000	> 3001
Schenkel-verlängerung SVL	+/- 1	+/- 1,5	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 6	+/-8
Zwischenmaß Z	+/- 1	+/- 1,5	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 6	+/-8
Einbaumaße Li	+/- 1	+/- 1,5	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 6	+/-8
Biegeradius R_m	+/- 1,5	+/- 2	+/- 3	+/- 4	+/- 5	n.a.	n.a.
Parallelität t [mm]							
Ebenheit e [mm]							

Die Toleranzen für Winkel an Rohrbogen und Rohrbiegungen betragen je nach Genauigkeitsgrad wie folgt:

Winkel	$\leq 90^\circ$			$\leq 180^\circ$			$> 180^\circ$
Genauigkeitsgrad*	f	m	g	f	m	g	n.a.

Biegewinkel α [°]	+/- 0,5°	+/- 1,0°	+/- 2,0°	+/- 0,5°	+/- 1,0°	+/- 2,0°	+/- 2,0°
Verdreh Winkel δ [°]	+/- 0,5°	+/- 1,0°	+/- 2,0°	+/- 0,5°	+/- 1,0°	+/- 2,0°	+/- 2,0°
	*Wenn keine Angaben gemacht werden, gilt Genauigkeitsgrad m.						

5.4 Gebogene Rohre (Pressbogen)

5.5 Gebogene Rohre (Sonder- / Förderrohrbogen)

Biegeverfahren	3-Rollen-Verfahren	3D-Biegeverfahren, 3-Rollen-Verfahren
Rohraußendurchmesser	< 101,6mm	\geq 101,6mm
Mittl. Biegeradius \leq 1500mm	\pm 10mm	\pm 30mm
Mittl. Biegeradius 1500 - 2500mm	\pm 20mm	\pm 50mm
Mittl. Biegeradius \geq 2500mm	\pm 30mm	\pm 80mm

Oberfläche

Verfahrensbedingt ist eine Innere und Äußere Oberfläche zulässig, die leichte Ziehriefen in Längs-, - und Querrichtung aufweist, ebenso sind spiralförmige Vertiefungen im Rohrinne im Bereich der Bogenaußenzone zulässig.

Sanfte Übergänge an der Innenoberfläche die vom unverformten zum verformten Bereich übergehen sind zulässig.

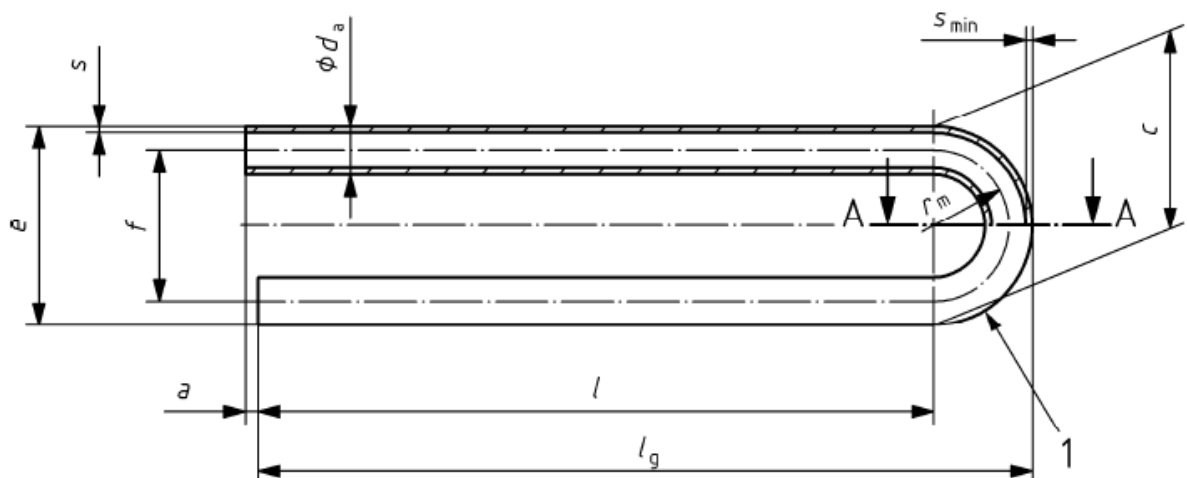
Ziehriefen

Mehr oder weniger tiefe und sichtbare Rillen, welche die Werkzeuge auf der Werkstückoberfläche z.B.: beim Biegen, Walzen und auch Sägen – hinterlassen, sind zulässig.

Beim Biegen nach speziellen Biegeverfahren können außen und / oder innen, sogenannte Ziehriefen entstehen, die zulässig sind.

Gebogene Rohre (U-Rohre)

U-Rohre mit rundem Bogen (Form R)



Bedeutung der Maße und Formeleinheiten:

a	Schenkellängendifferenz
c	Abstand der Schenkel, gemessen an der Bogentangente
da max	da Rohraußendurchmesser größter gemessener Außendurchmesser des U-Rohres im Bogen
da min	kleinster gemessener Außendurchmesser des U-Rohres im Bogen
e	Abstand der Schenkel, gemessen an den Rohrtangenten
f	Rt Radientoleranz Schenkelabstand, bezogen auf die Rohrmitten am Schenkelende
l	Schenkellänge
lg	Baulänge des U-Rohres, gemessen von Rohrende bis Tangente des Bogenrückens
rm	Biegeradius
s	Nennwanddicke des U-Rohres
smin	Mindestwanddicke im Bogenrücken des Ausgangsrohres vor dem Umformen zum U-Rohr
t	Ebenheitstoleranz
R	zulässige Abweichung der Rundheit

Toleranzen nach DIN 28179

5.6 Flachslangen

Gemessen auf Boden, ohne äußere Krafteinwirkung, freie Lage vorzugsweise auf zwei Linienauflagen, nicht zwangsweise in Einbaulage

5.7 Zyl. Rohrslangen und gerollte Biegungen (3-Rollen Biegeverfahren)

5.8 Sammler

5.9 Behälter (drucklos)

5.10 Druckbehälter

6. Zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP)

Die Kapitel 6 und 7 definieren die Mindestanforderungen an Umfang, Durchführung, Bewertung und Dokumentation von Prüfungen an Waren der TUBE-TEC sowie die Qualifizierung des Prüfpersonals. Prüfungen an Vormaterialien definiert das Kapitel 4.1 Wareneingang.

Prüfungen können zerstörungsfrei an den zu liefernden WAREN oder zerstörend an speziell für diesen Zweck hergestellten Prüfständen erfolgen. Prüfzeitpunkte können sein:

- Vor Fertigungsstart (z.B. Probebogen)
- fertigungsbegleitend
- nach Abschluss aller Arbeiten.

Soweit nicht durch den KUNDEN in den maßgeblichen Unterlagen definiert oder von der HERSTELLNORM gefordert obliegt die Festlegung des Prüfzeitpunkts der TUBE-TEC.

Prüfungen können sowohl von Mitarbeitern der TUBE-TEC als auch von externen Dienstleistern und Laboren durchgeführt werden. Soweit nicht vom KUNDE vorgegeben liegt die Entscheidung bei TUBE-TEC. Die Prüfungen werden von entsprechend geschultem Personal mit kalibrierten Messwerkzeugen durchgeführt. Die Dokumentation der Prüfungen kann als Sammelbescheinigung oder mit Angabe der Messwerte erfolgen. Falls nicht anders bestimmt, obliegt die Entscheidung TUBE-TEC.

Zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP) bezeichnen alle Prüfungen an WAREN und Vormaterial, die eine weitere Verwendung dieser Teile ermöglichen. Probestücke, die nur einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen wurden, können als Gutteile gewertet werden.

Bei der ZfP muss zwischen Anzeigen und Fehlern unterschieden werden.

Anzeigen sind Unregelmäßigkeiten, welche oberhalb der Registriergrenzen des jeweiligen verwendeten Prüfverfahrens liegen. Anzeigen die außerhalb der Zulässigkeitsgrenzen liegen sind als Fehler zu bewerten, Anzeigen die innerhalb der Zulässigkeitsgrenzen liegen sind keine Fehler. Fehler und Anzeigen werden, so eine solch detaillierte Dokumentation gefordert ist, im Prüfbericht aufgeführt.

ZfP werden anhand von TUBE-TEC eigenen oder durch TUBE-TEC freigegebenen Prüfanweisungen externer Prüffirmen durchgeführt, in denen sowohl die Prüftechnik, Prüferqualifikation als auch die Auswertung und deren Kriterien beschrieben sind. Diese Prüfanweisungen können im Auftragsfall am Firmensitz auf Nachfrage eingesehen werden. Ein Zusenden oder eine Aufnahme in die Dokumentation erfolgt nicht. Für die Dokumentation werden die Prüferqualifikationen in der „Gruppenliste ZfP-Prüfpersonal“, Dokumentennummer QS-AS/EN-GNDEA-01-00 zusammengefasst.

Bis auf die Prüfungen nach Kapitel 6.2 und 6.3 (diese werden zwingend von Prüfern Level 2 nach DIN EN ISO 9712 durchgeführt) können ZfP auch durch geschulte Mitarbeiter unter Anleitung eines qualifizierten Prüfers (min. Lev. 2 nach DIN EN ISO 9712) durchgeführt werden. Die Verantwortung liegt in diesem Fall beim qualifizierten Level 2 Prüfer.

Der Umfang der Prüfungen ist, falls nicht durch die maßgeblichen Unterlagen anders vorgegeben, in der Auftragsbestätigung festzulegen. Ist weder in den maßgeblichen Unterlagen noch in der Auftragsbestätigung eine ZfP definiert, so gilt ein Prüfumfang von ausschließlich 100% VT gemäß den Vorgaben aus 6.1 sowie eine stichprobenartige Maßkontrolle gemäß Kapitel 5.

Ist eine bestimmte ZfP gefordert aber kein Prüfumfang definiert, so wird diese stichprobenartig durchgeführt. Stichprobenartige ZfP heißt es gilt ein Prüfumfang von 2% aller zu prüfenden Teile, mit folgenden zusätzlichen Anforderungen:

- Bei Biegeteilen mindestens 1 Stück je Werkstoffgruppe nach DIN EN ISO 15608 mit dem größten Umformgrad U (zur Definition s. Kap. 6.8). Ein stichprobenartiger Prüfumfang kann bereits mit Probebogen erfüllt sein.
- Bei Schweißnähten mindestens 1 Naht je Naht-ID im Schweiß- und Prüfplan und Schweißer.

Ein Prüfumfang von 100% bedeutet, dass die Anzahl aller Teile geprüft wird, nicht, dass auch 100% des Teils (z.B. der Oberfläche) geprüft wird. Bei Prüfumfängen < 100% gilt weiterhin:

- Es wird angestrebt, aber nicht garantiert, dass möglichst von jeder Art des zu prüfenden Bauteils (Bogen, Schweißnaht etc.) mindestens 1 Teil geprüft wird.
- Gleiches gilt auch für Mitarbeiter (z.B. Schweißer) oder Maschinenart.
- Die Prüfdichte kann am Anfang der Fertigung höher sein um die Prozesssicherheit zu gewährleisten. Es wird nicht garantiert, dass bei Teillieferungen alle Lieferlose die gleiche Prüfdichte haben.

Werden im Laufe der Prüfungen Fehler festgestellt, so erhöht sich der Prüfumfang folgendermaßen:

Von stichprobenartig auf erst auf 10%, dann auf 15%, 25%, 50%, 75% und schließlich 100%. Falls nicht gesondert gefordert erfolgt keine Dokumentation oder Auswertung der Fehler.

6.1 Sichtprüfung VT

Sichtprüfungen werden anhand der Prüfanweisung TT-PA-VT-EN in der jeweils gültigen Revision durchgeführt. Die Bewertung erfolgt nach DIN EN ISO 5817, Bewertungsgruppe D, die Dokumentation als Sammelbescheinigung auf Formblatt Prüfprotokoll Sichtprüfung (Doc.: QS-EN-VT-R-01-00)

Die Prüfung wird vorzugsweise als direkte Prüfung durchgeführt, in Ausnahmen als indirekte Prüfung mittels Videoskop oder Spiegel. Bei Prüfung mit Videoskop ist bei der Auswertung die Vergrößerung durch das Messinstrument zu berücksichtigen. Eine exakte Bestimmung der Anzeigengröße kann nicht gewährleistet werden.

6.2 Oberflächenrissprüfung (MT und PT)

Oberflächenrissprüfungen werden anhand der Prüfanweisung TT-PA-PT-EN (für Farbeindringprüfung PT) und TT-PA-MT-EN (für Magnetpulverprüfung MT) in der jeweils gültigen Revision durchgeführt. Die Bewertung erfolgt nach DIN EN ISO 5817, Bewertungsklasse D, die Dokumentation als Sammelbescheinigung auf Formblatt Bericht über Farbeindringprüfung (Doc.: QS-EN-PT-R-01-00) resp. Bericht über Magnetpulverprüfung (Doc.: QS-EN-MT-R-01-00)

Es wird, falls Werkstoff und Zugänglichkeit dies zulassen, MT bevorzugt.

PT kommt bei nicht-magnetischen Werkstoffen (z.B. Austenite oder Ni-Basis) sowie bei der Oberflächenrissprüfung von Rohrbiegungen zum Einsatz.

Bei der Prüfung von Schweißnähten gilt, dass die Decklage sowie min. 15 mm auf jeder Seite der Schweißraupe geprüft werden. Bei der Prüfung von Biegungen wird die Zugzone des geformten Bereichs sowie min. 15 mm.

6.3 Volumetrische Prüfung (RT und UT)

TUBE-TEC führt Volumetrische Prüfungen entweder als Durchstrahlungsprüfung (RT) oder Ultraschallprüfung (UT) durch.

RT wird von TUBE-TEC direkt nur mittels Röntgenröhre durchgeführt. Je nach Bauteildimension oder aus Gründen der Zugänglichkeit kann die Prüfung unter Verwendung von Isotopenstrahlern (Se75) durch externe Dienstleister erfolgen. In jedem Fall erfolgen Prüfung und Auswertung gemäß der Prüfanweisung TT-PA-RT-EN in der jeweils gültigen Revision.

Die Auswertung erfolgt nach DIN EN ISO 5817, Bewertungsklasse D, die Dokumentation auf Formblatt Bericht über Durchstrahlungsprüfung (Doc.: QS-EN-RT-R-01-00). Im Gegensatz zu den Sammelbescheinigungen für VT sowie PT / MT werden hier die Prüfergebnisse der jeweiligen Schweiß-Naht und RT-Film zu- und einzeln ausgewiesen.

RT-Filme sind durch den KUNDEN bei Bedarf bei TUBE-TEC im Zuge der Abnahme einsehbar. Es erfolgt keine Zusendung an KUNDEN oder Dritte. Aufgrund gesetzlicher Regelungen verbleiben die RT-Filme zur Aufbewahrung bei TUBE-TEC.

UT wird ausschließlich als manuelle Prüfung durch externe Dienstleister anhand deren, von TUBE-TEC freigegebenen Prüfanweisungen, durchgeführt. Die Bewertung von Unregelmäßigkeiten an Schweißnähten erfolgt nach DIN EN ISO 5817 Bewertungsklasse D, die Dokumentation auf Formblättern des jeweiligen Dienstleisters. Die Ergebnisse werden anstatt in einer Sammelbescheinigung für jede einzelne Naht separat ausgewiesen.

Automatisierte Verfahren wie Phased-Array oder TOFD sind explizit ausgeschlossen und müssen vom KUNDEN organisiert und durchgeführt werden.

UT auf Längs- oder Querfehler an Rohren erfolgt gemäß DIN EN ISO 10893-10. UT an Blechen zur Prüfung auf Längs- und Querfehler sowie auf Dopplungen (Flächen- und Randzonenprüfung) gemäß DIN EN 10160 bei Stahl und DIN EN 10307 bei austenitischen Werkstoffen. Die Bewertung erfolgt nach Qualitätsklasse S₁ für Flächenprüfungen und E₁ für Randzonenprüfung.

UT an Schmiedestücken erfolgt nach DIN EN 10228 Teil 3 (Stahl) resp. Teil 4 (Austenitische Werkstoffe). Die Auswertung erfolgt nach Qualitätsklasse 1.

UT an Stäben erfolgt nach DIN EN 10308, die Auswertung nach Qualitätsklasse 1.

Weitere volumetrische Prüfungen wie z.B. automatisierte Prüfverfahren an Halbzeugen wie Wirbelstromprüfung ET sind nicht Bestandteil dieser Werknorm und müssen separat in den maßgeblichen Unterlagen gefordert und definiert werden.

Für UT zur Bestimmung der Wanddicke siehe Kapitel 6.7

6.4 Druckprüfungen

Druckprüfungen im Sinne dieses Kapitels dienen der Kontrolle der Festigkeit, nicht der Dichtheit eines Bauteils. Dabei wird, ausgehend von späterer Betriebstemperatur und Betriebsdruck ein Prüfdruck bei Raumtemperatur bestimmt, um die Festigkeit des Bauteils bei eben den berücksichtigten Betriebsparametern zu gewährleisten. Es ist Aufgabe des KUNDEN den Prüfdruck und die Haltezeit in den maßgeblichen Unterlagen zu definieren. Ansonsten gelten folgende Parameter:

- Die Prüfung erfolgt mit Kaltwasser (Temperatur $\geq 10^\circ\text{C}$, Chloridgehalt ≤ 30 ppm). Prüfungen mit Gasen wie z.B. Luft sind nicht Bestandteil dieser Werksnorm und müssen gesondert in den maßgeblichen Unterlagen definiert sein. Das aufgrund der Kompressibilität des Prüfmediums erhöhte Gefährdungspotential ist bei der Durchführung gesondert zu berücksichtigen.
- Der minimal erforderliche Prüfdruck $P_T = 1,5 \times \text{Betriebsdruck } P_B$. Drücke werden in bar(g) angegeben. Ist weder ein Prüf- noch ein Betriebsdruck angegeben, erfolgt keine Druckprüfung.
- Eine Bestimmung des maximal zulässigen Prüfdrucks $P_{T,max}$ anhand der Materialkennwerte (um eine Überdehnung und damit Beschädigung des Bauteils zu verhindern) erfolgt nicht. Die Angabe des maximal zulässigen Prüfdrucks ist Aufgabe des KUNDEN.
- Um Druckschwankungen durch Temperaturänderungen des Prüfmediums zu verhindern, ist dieses im Vorfeld ohne Druckbeaufschlagung einzufüllen. Der Prüfdruck P_T wird in mindestens 2 Stufen (50% und 100% P_T) aufgebracht.
- Als Haltezeit gelten mindestens 30 Minuten. Während dieser darf der Prüfdruck um max. 4 bar oder 5% des theoretischen Prüfdrucks (es gilt der kleinere Wert) abfallen.

Kaltwasserdruckprüfungen werden, falls nicht explizit vom KUNDEN gewünscht, als Schlussprüfung durchgeführt. D.h. nach der Druckprobe erfolgen keine weiteren Schweißarbeiten oder Wärmenachbehandlungen. Beschichtungen und Isolierungen sind jedoch erst im Anschluss an die Kaltwasserdruckprobe durchzuführen.

Dichtheitsprüfungen s. Kapitel 6.5.

6.5 Dichtheitsprüfungen

Dichtheitsprüfungen erfolgen als lokale Prüfungen unter Aufbringung eines Prüfdrucks $P_T = 0,5$ bar(g) im Bauteilinneren und Prüfung von außen mittels Seifenwassers. Diese Prüfung wird auch Luft / Nekal Test genannt.

Für spezielle Anwendungen mit deutlichen höheren Anforderungen an die Leckage-Rate können He-Leckage-Tests durch externe Dienstleister durchgeführt werden. Diese Tests erfolgen nach DIN EN 1779 und die Prüfmethode wäre A3, lokales Vakuumverfahren mit Prüf-Gas Helium. Die erforderliche Leckage-Rate ist in den maßgeblichen Unterlagen festzulegen, ansonsten gilt $L \leq 1 \times 10^{-6}$ mbar l/s

6.6 Kugeldurchlaufprobe

Mittels Kugeldurchlaufprobe kann der freie Durchgang in geformten Rohren sowie von Schweißnähten geprüft werden.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn sich die Kugel mit dem nötigen minimalen Durchmesser ohne Hilfsmittel durch das zu prüfende Bauteil bewegen lässt.

	Theoret. Rohr-Innendurchmesser	Außen-Durchmesser Prüfkugel
1	$D_i < 20,0$ mm	$D_{k,min} = D_i - 8$ mm
2	$D_i \geq 20,0$ mm und $\leq 49,0$ mm	Gemäß VGB-S-013 Kap. 7.2.5
3	$D_i > 49,0$ mm	$D_{k,min} = D_i - 8$ mm
4	$D_i > 50,0$ mm	Keine Kugeldurchlaufprobe möglich

6.7 Wanddickenmessung

Wanddickenmessungen erfolgen als Vergleichsmessung um die Einhaltung einer geforderten Mindestwandstärke zu überprüfen. Dabei kann die Prüfung nur stichprobenartig erfolgen und gibt keine Garantie, dass die Mindestwandstärke an allen Punkten eingehalten wurde. Bei der Festlegung des Messpunkts sind kritische Stellen zu bevorzugen.

Wanddickenmessungen werden mittels US-Handgerät, Messschieber oder mechanischem Taster durchgeführt. Falls nicht anders vereinbart wird an jedem zu prüfendem Bauteil (z.B. Schweißnaht oder gebogenes Rohr) an 1 Messpunkt 1 Messung durchgeführt.

Bei Rohrbogen erfolgt die Messung bei halbem Biegewinkel. Z.B. bei einer 90° Biegung erfolgt die Messung bei 45° auf der Zugseite des Rohrbogens.

Bei Schweißnähten erfolgt die Messung im Nahtbereich (bei Bedarf eicht angeschliffen) an einem frei wählbaren Punkt am Umfang.

Bei geraden Rohren erfolgt die Prüfung an einem frei wählbaren Punkt der gesamten Oberfläche, bei längsnahtgeschweißten Rohren außerhalb der Schweißnaht.

Die einzuhaltende Mindestwand ergibt sich aus einer vom KUNDEN beizustellenden Berechnung, einer expliziten Vorgabe in anderen maßgeblichen Unterlagen, z.B. In der Zeichnung. Dabei werden die Messergebnisse aufgenommen und mit der vorgegebenen Mindestwanddicke verglichen. Bei der vorgegebenen Mindestwanddicke wird angenommen, dass die Messtoleranz des Messmittels durch

Berechnungszuschläge mit abgegolten ist. Eine Angabe der einzelnen Messwerte in der Dokumentation erfolgt nicht.

Wanddickenmessungen mittels US-Handmessgerät können zur Bestimmung des Wurzeldurchhangs oder -rückfalls einer Schweißnaht verwendet werden. Dabei werden 3 Messungen an der Schweißnaht durchgeführt: 1 Messung um die Dicke des Schweißguts zu bestimmen und je 1 Messung zur Bestimmung der Wanddicke der verschweißten Grundrohre im Bereich der jeweiligen Wärmeeinflusszone WEZ. Die Auswertung erfolgt nach DIN EN ISO 5817 Bewertungsgruppe D

6.8 Ovalität / Unrundheit

Die Ovalität oder Unrundheit OV beschreibt die prozentuale Abweichung des realen Rohrquerschnitts von der idealen Rund-Form.

Bestimmt wird die Unrundheit OV anhand der Formel aus der VGB-S-013 – Kap. 7.2.3:

$$OV = 200x \frac{D_{max}-D_{min}}{D_{max}+D_{min}} [\%]$$

Dabei gelten in Abhängigkeit des Umformgrades resp. des Verhältnisses mittlerer Biegeradius R_m zu theoretischem Rohraußendurchmesser D

Der Umformgrad U berechnet sich aus mittlerem Biegeradius R_m und theoretischem Rohraußendurchmesser D wie folgt:

$$U = \frac{D \times 100}{2 \times R_m} [\%]$$

Am Bogen-Ein- sowie -ausgang gilt bis max. 5 mm oder bis 0,5 x D in die Schenkelverlängerung SVL die Unrundheit für den Bogenbereich. Ab da gelten die zulässigen Toleranzen der EN10216-2 Klasse D2/T2. Bei gebogenen Rohren ohne Schenkelmaß SVL gilt auch am Ende die Unrundheit im Bogenbereich. Beim 3-Rollen-Biegeverfahren gilt am Bogenende eine max. Unrundheit von $U < 2,0\%$.

1	Umformgrad U	>50%	< 50% ≥ 38,5%	< 38,5% ≥ 20%	< 20% ≥ 12,5%	< 12,5% ≥ 5%	< 5%
2	R_m / D	< 1,0	≥ 1,0 < 1,3	≥ 1,3 < 2,5	≥ 2,5 < 4,0	≥ 4,0 < 10,0	≥ 10,0
3	Unrundheit im Bogenbereich	Max. 20%	Max. 15%	Max. 12,5%	Max. 10%*1	Max. 5,0%*2	Max. 4,0%*3 Max. 8,0%*4

*1 Nach Rücksprache mit der TUBE-TEC Qualitätsstelle bis 12,5% zulässig

*2 Nach Rücksprache mit der TUBE-TEC Qualitätsstelle bis zu 7,5% zulässig

*3 3D Biegeverfahren

*4 3-Rollen Biegeverfahren

Eine Definition der Unrundheit über die Abweichung von der theoretischen Querschnittsfläche ist nicht Bestandteil dieser Werknorm und ist gesondert in den maßgeblichen Unterlagen zu vereinbaren.

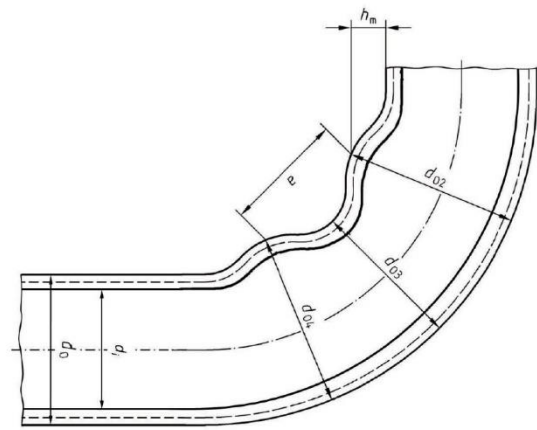
6.9 Wellenbildung

Das Auftreten von Wellen in der Biegedruckzone ist grundsätzlich zu vermeiden. Sollte sich aufgrund von ungünstigem Radius / Wanddickenverhältnis, aufgrund des Werkstoffes oder sonstigem, eine Wellenbildung ergeben, so ist nach Rücksprache mit dem zuständigen Fertigungsleiter bzw. der QS, die hier aufgeführte Toleranz einzuhalten.

$$h_m = \frac{d_{02} + d_{04}}{2} \text{ [mm]} \leq 0,03 \times d_{01}$$

$$a \geq 15 \times h_m$$

- h_m = mittlere Wellenhöhe
 a = Wellenabstand
 d_0 = Nenn – Außendurchmesser D
 d_{02} = Durchmesser der größten Welle
 d_{03} = Durchmesser des Tals zwischen d_{02} und d_{04}
 d_{04} = Durchmesser der an d_{02} angrenzenden Welle



Fertigungsbedingt kann es am Bogenausgang zu einer einzelnen Aufstauchung kommen. Dies ist keine Welle und hat die Anforderungen an die Ovalität des Rohrbogens (s. Kapitel 6.8) zu erfüllen.

6.10 Weitere Prüfungen

Über die oben beschriebenen ZfP Verfahren hinaus können weitere Prüfungen in den maßgeblichen Unterlagen vereinbart werden.

Werkstoffverwechslungsprüfungen (PMI) dienen der Identifikation des Werkstoffs an Vormaterialien oder Schweißnähten. Geprüft wird mittels Handgerät NITON XL2 980 gemäß Prüfanweisung TT-PA-PMI-01. Der Prüfbericht Doc.: QS-AS/EN-PMI-R-01-00 ist eine Sammelbescheinigung. Es werden keine Legierungsbestandteile ausgewiesen und / oder mit Vorgaben verglichen. Eine PMI kann nur an legierten Werkstoffen erfolgen, da das Prüfgerät keinen C-Gehalt ausweisen kann.

An Vormaterialien wird stichprobenartig einmal je Schmelze geprüft. Schweißzusätze können nicht geprüft werden.

An Schweißnähten wird je Naht an einer Messstelle im Schweißgut gemessen. Schweißnähte werden stichprobenartig geprüft, aber mindestens einmal je verwendetem Schweißzusatzwerkstoff und Schweißer.

	ZfP Verfahren	Kürzel	Prüfanweisung	Minimum Prüfumfang	Bewertung	Prüfbericht
1	Sichtprüfung	VT	TT-PA-VT-EN	100%	DIN EN ISO 5817 - D	QS-EN-VT-R-01-00
2	Magnetpulverprüfung	MT	TT-PA-MT-EN	2%	DIN EN ISO 5817 - D	QS-EN-MT-R-01-00
3	Farbeindringprüfung	PT	TT-PA-PT-EN	2%	DIN EN ISO 5817 - D	QS-EN-PT-R-01-00
4	Durchstrahlungsprüfung	RT	TT-PA-RT-EN	2%	DIN EN ISO 5817 - D	QS-EN-RT-R-01-00 *1
5	Ultraschallprüfung	UT	*2	2%	DIN EN ISO 5817 - D*	*2
6	Druckprüfung	LT	TT-PA-PT-02-EN	---	---	FM-07.03.01-QS-EN-LT-R
7	Dichtheitsprüfung	LT	TT-PA-PT-02-EN	---	---	FM-07.03.01-QS-EN-LT-R
8	Werkstoff-Verwechslungsprüfung	PMI	TT-PA-PMI-01	Min. 1x je Schmelze	---	QS-AS/EN-PMI-R-01-00
9	Härteprüfung	HT	TT-PA-HT-01	2%	VGB-S-013 Kap. 4.1	QS-AS/EN-HT-R-01-00
10	Kugeldurchlaufprüfung	---	---	Min. Probebogen	VGB-S-013 Kap. 7.2.5	QS-AS/EN-DC-TB-R-01-00
11	Ferritgehaltbestimmung	---	TT-PA-FC-01	---	Kundenvorgabe	
12	Wirbelstromprüfung	ET	*2	---		*2
13	Restmagnet-Prüfung	---				

*1: alternativ können Prüfberichte externer Prüffirmen zum Einsatz kommen

*2: nur durch externe Prüffirmen

Härteprüfungen können sowohl an Schweißnähten als auch an Bauteilen nach dem Biegen oder im Anschluss an eine Wärmebehandlung gemäß Prüfanweisung TT-PA-HT-01 durchgeführt werden. Werden keine Vorgaben hinsichtlich der maximal zulässigen Härtewerte gemacht, gelten die Anforderungen aus VGB-S-013 Kapitel 4.1. Geprüft wird zweimal je Naht (je einmal im Schweißgut und der WEZ) oder einmal je Biegung.

6.11 Prüfmittel (Kalibrierung)

Zur Prüfung werden nur kalibrierte Messmittel verwendet. Dies kann intern und oder extern spätestens alle 2 Jahre erfolgen. Die erforderliche Genauigkeitsklasse legt die TUBE-TEC QS fest.

7. Zerstörende Prüfungen (Labortests)

Die Kapitel 6 und 7 definieren die Mindestanforderungen an Umfang, Durchführung, Bewertung und Dokumentation von Prüfungen an Waren der TUBE-TEC sowie die Qualifizierung des Prüfpersonals.

Prüfungen an Vormaterialien definiert das Kapitel 4.1 Wareneingang.

Prüfungen können zerstörungsfrei an den zu liefernden WAREN oder zerstörend an speziell für diesen Zweck hergestellten Prüfständen erfolgen. Prüfzeitpunkte können sein:

- Vor Fertigungsstart (z.B. Probebogen)
- fertigungsbegleitend
- nach Abschluss aller Arbeiten.

Soweit nicht durch den KUNDEN in der Bestellung definiert oder von der HERSTELLNORM gefordert obliegt die Festlegung des Prüfzeitpunkts der TUBE-TEC.

Prüfungen können sowohl von Mitarbeitern der TUBE-TEC als auch von externen Dienstleistern und Laboren durchgeführt werden. Soweit nicht vom KUNDE vorgegeben liegt die Entscheidung bei TUBE-TEC. Die Prüfungen werden von entsprechend geschultem Personal mit kalibrierten Messwerkzeugen durchgeführt. Die Dokumentation der Prüfungen kann als Sammelbescheinigung oder mit Angabe der Messwerte erfolgen. Falls nicht anders bestimmt, obliegt die Entscheidung TUBE-TEC.

Zerstörende Prüfungen bezeichnen alle Prüfungen an WAREN und Vormaterial, die keine weitere Verwendung dieser Teile ermöglichen.

Zerstörende Prüfungen an Vormaterial können nötig sein, wenn

- zusätzliche Anforderungen über Regelungen der Herstellnorm hinaus, z.B. aus konstruktiver Sicht, nötig sind (zusätzliche Kerbschlagproben, Korrosionstests, Zugversuche bei Betriebstemperatur etc.)
- Wenn im Zuge einer Fertigung und Prüfung nach Schiffsklassen zusätzliche Prüfungen für Class-Material nötig sind
- Wenn Werkstoffe im Rahmen der PED ein Werkstoffeinzeltutachten (PMA) benötigen.

Bei beigestelltem Material wird immer davon ausgegangen, dass die zerstörenden Prüfungen bereits Kundenseitig erfolgt sind. Falls gesondert vereinbart kann TUBE-TEC solche zerstörenden Materialprüfungen durchführen. In diesem Fall hat der KUNDE Sorge zu tragen, ausreichend zusätzliches Vormaterial einer jeden zu prüfenden Schmelze beizustellen.

Zerstörende Prüfungen an WAREN können nötig sein, wenn

- Eine Wärmebehandlung oberhalb der Umwandlungstemperatur durchgeführt wurde
- Verfahrensprüfungen (Schweiß- und Biegeverfahrensprüfungen) durchgeführt werden.
- Schweißer- oder Bedienerprüfungen durchgeführt werden.
- Durch TUBE-TEC hergestellte Halbzeuge z.B. einem Berst-Test zur Bestimmung der Zugfestigkeit unterzogen werden.

Prüfungen im Labor erfolgen nach Prüfanweisungen durch die TUBE-TEC QS. Gesonderte Anforderungen an Durchführung, Parametern, Probenanzahl, -lage und -abmessungen sind durch den KUNDEN im Vorfeld explizit und unmissverständlich in den maßgeblichen Unterlagen zu definieren. Ansonsten obliegt die Festlegung TUBE-TEC.

Die Durchführung inkl. Probenvorbereitung, -ausarbeitung und Auswertung sowie Erstellen des Prüfberichts benötigt mindestens 4 Wochen. Dies ist vom KUNDEN bei der Lieferterminplanung zu berücksichtigen. Fertigungsfreigaben vor Vorliegen der Ergebnisse gehen auf das Risiko des KUNDEN.

Zerstörende Prüfungen werden immer mit einer notifizierten Stelle durchgeführt und bescheinigt.

8. Abnahme

Alle WAREN der TUBE-TEC werden im Zuge Ihrer Abnahme vor dem Versand anhand der TT Arbeitsanweisung AA_07_009_01 final geprüft, bevor eine Versandfreigabe erfolgen kann. Bei WAREN mit anschließender Oberflächenbehandlung, Isolierung oder Verpackung kann es sein, dass die Abnahme in zwei Stufen erfolgt.

In der **Schluss- und/oder Druckprüfung** wird kontrolliert, ob die Anforderungen der Fertigungs- und Prüfgrundlage erfüllt sind. Dazu werden die ZfP-Protokolle erstellt, die Materialkennzeichnung geprüft und, falls erforderlich, die Druckprobe durchgeführt.

Die Erstellung der finalen Dokumentation mit Ausstellen des Prüfzeugnisses zum Tag der Schlussprüfung wird angestrebt, kann aber nicht garantiert werden.

Die **Versandfreigabe** erfolgt nach Prüfung aller vertraglicher Leistungen, z.B. auch Beschichtung oder Verpackung.

Dem KUNDEN steht es frei, an der Abnahme teilzunehmen. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass dies an einem einzelnen Termin geschieht. Entscheidet sich der KUNDE an der Schluss- und Druckprüfung teilzunehmen, so gilt dessen Zustimmung (durch Gegenzeichnen des Prüfprotokolls oder des ITP) auch als Versandfreigabe.

Entscheidet sich der KUNDE an der Abnahme teilzunehmen, so ist es seine Verantwortung, für ihn kritische Parameter zu prüfen. Durch die Teilnahme übernimmt der KUNDE zumindest eine Teilverantwortung für Mängel, die ihm im Zuge seiner Teilnahme hätten unter normalen Umständen und mit vertretbarem Aufwand hätten auffallen können. Eventuell gegenstehende Formulierungen in Bestellungen u.Ä. sind unwirksam.

9. Verpackung

Soweit nicht anders vereinbart gilt für alle WAREN eine sogenannte **Handelsübliche Verpackung**. Dies kann aus hölzernen Gestellen oder Kisten sowie aus Gestellen aus Stahl bestehen. Es wird von einem Transport im LKW und unter Plane ausgegangen. Zusätzlicher Korrosionsschutz durch Beschichtung, Gas-Füllung oder Folien ist gesondert zu vereinbaren.

Die Verpackung ist nicht auf eine Einlagerung der WAREN ausgelegt. Ist dies vom KUNDEN beabsichtigt, so sind die für die Einlagerung notwendigen zusätzlichen Vorkehrungen vom KUNDEN anzugeben. Eine einfache Nennung des Lagerortes reicht nicht aus.

Für den Fall, dass ein LKW-Versand nicht möglich ist, z.B. bei Breiten über 2,4 m, ist es Aufgabe des KUNDEN die Ladungssicherung und den Schutz der Waren während des Transports (Planen-Abdeckung etc.) zu definieren.

Es wird möglichst Ver- und Entladen mit dem Stapler angestrebt. Je nach Gewicht oder Abmessungen kann eine Kran-Verladung vorgesehen werden. Sofern nicht explizit definiert obliegt die Entscheidung TUBE-TEC. Falls nicht explizit bestellt, werden keine behandelten Hölzer (ISPM 15) verwendet. See- oder Luftfrachtanforderungen sind vom KUNDEN in den maßgeblichen Unterlagen zu vermerken.

10. Dokumentation

Die Dokumentation ist der schriftliche Nachweis über die der vereinbarten Herstellnorm konformen Fertigung, Prüfung und Lieferung von Waren.:

	Prüfzeugnis APZ	Fertigungs- und Prüfgrundlage						
		Zeichnung	TT-WN	PED	ASME	EAC	Schiffsklasse	Stahlbau
1	Ohne Abnahme	x	x	x	x	x	x	x
2	Umstempel-Bescheinigung	x	x	x	x	x	x	x
3	Maßkontrolle / As-Built Zeichnung	x	x	x	x	x	x	x
4	APZ 3.1 durch TUBE-TEC QS	x	x	x	x	x	x	x
5	APZ 3.2 / Teilbau-Prüfbescheinigung			x	x	x	x	x
6	Konformitäts-Bescheinigung			x		x		x
7	(Partial) Data Report M(P)DR				x			
8	Behälterpass					x		

Ohne Abnahme bedeutet in diesem Fall, dass zwar die vereinbarten Prüfungen (s. Kapitel 6 und 7) durchgeführt wurden, darüber aber kein Nachweisdokument erstellt wird.

Mit einer **Umstempel-Bescheinigung** (Doc.: QS-AS/EN-TM-R-01-00) wird durch die TUBE-TEC QS die Rückverfolgbarkeit der gelieferten Waren zu den verwendeten Halbzeugen und der Werkszeugnissen hergestellt. Dies erfolgt, falls nicht anders in den maßgeblichen Unterlagen explizit vereinbart, für alle Fertigungs- und Prüfgrundlagen außer ASME, nur anhand der Schmelze (s.a. AA_07_033_01 Umstempeln / Umkennzeichnen von Werkstoffen). Bei Fertigung und Prüfung nach ASME gewährleistet die Umstempel-Bescheinigung die Rückverfolgbarkeit zur vollständigen Original-Rohr Kennzeichnung. Auch wenn kein ASME Stamp vereinbart ist. Ab einem Rohr-Außendurchmesser $D > 63,5$ mm erfolgt die Übertragung der Originalkennzeichnung im Beisein einer benannten Stelle (Notified Body NoBo). Die Umstempel-Bescheinigung wird in diesem Fall durch den NoBo abgezeichnet.

Die **Maßkontrolle** kann in Form einer Tabelle als Anhang zur Zeichnung oder As-Built Zeichnung mit Handeintragungen erfolgen und wird durch die TUBE-TEC QS erstellt. Dabei werden die SOLL-Werte mit den IST-Werten verglichen und gegen die zulässigen Maßabweichungen geprüft (s.a. Kapitel 5). Sofern in den maßgeblichen Unterlagen keine Prüf-Maße definiert sind, werden nur Haupt- und Anschlussmaße kontrolliert.

APZ 3.1 und APZ 3.2 bestehen generell aus den Bestandteilen

- Prüfzeugnis (auch Certificate of Conformity CoC) in den Stufen 3.1 (Doc.: QS-AS/EN-APZ3.1-01-00) oder 3.2 (Teilbauprüfbericht) nach DIN EN 10204. Teilbauprüfberichte werden mit einer fortlaufenden Registriernummer der Prüfgesellschaft versehen.
- Materialzeugnisse APZ 3.1 oder APZ 3.2. Materialzeugnisse der Stufen 2.1 oder 2.2 nach DIN EN 10204 werden nicht beigelegt. Bei drucktragenden Teilen werden zudem nur Zeugnisse von drucktragenden und and drucktragende Teile angeschweißte Teile beigelegt. Es werden keine Zeugnisse von Schweißzusätzen beigelegt. Über die wie zuvor beschrieben beigelegten Materialzeugnisse wird eine Übersichtsliste (Doc. QS-AS/EN-LMC-01-00) mit Zuordnung zu Bauteilabmessungen und Schmelze erstellt und der Dokumentation beigelegt.
- Ergebnisprotokolle der ZfP (s.a. Kapitel 5). Mindestens der Sichtprüfung (VT) und der Maßkontrolle. Weitere ZfP nur sofern explizit vereinbart. Eine Angabe von einzelnen Messergebnissen erfolgt nur, wenn in den maßgeblichen Unterlagen explizit bestellt.
- Sofern Schweißarbeiten durchgeführt wurden, eine Sammelbescheinigung geprüfter Schweißer (FM-07.05.00-QS-AS-EN-WCL) sowie der Schweiß-, Wärmebehandlungs- und Prüfplan (FM-07.12.00-QS-AS-EN-WTP). Schweißerzeugnisse, WPS und WPQR können bei Bedarf im Auftragsfall in der TUBE-TEC QS eingesehen werden.
- Wurden Wärmenachbehandlungen durchgeführt, so werden Protokolle der Wärmenachbehandlungen (Doc.: QS-AS/EN-PWHT-R-01-00) beigelegt.
- Alle weiteren Protokolle und Bestandteile sind im Auftragsfall explizit zu vereinbaren.

Bestandteile, die nicht im Prüfumfang des Prüfzeugnisses liegen, werden in diesem explizit ausgeschlossen.

Eine **Konformitätsbescheinigung** im Sinne der Richtlinie 2014/68/EU (PED / DGRL) enthält zusätzlich zum APZ 3.2 folgende Unterlagen

- Entwurfsprüfung durch eine notifizierte Stelle (Zeichnung, Berechnung und Entwurfsprüfbericht)
- Bedienungsanleitung
- Gefahrenanalyse
- Zwingend einen Bericht über die Schluss- und Druckprüfung

Der Hersteller des Druckgeräts hat hierfür den Entwurf der Konformitätserklärung, die Entwurfsprüfung, die Bedienungsanleitung und Gefahrenanalyse und einen Entwurf des firmeneigene Typenschilds inkl. CE-Kennzeichnung beizustellen. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass der KUNDE Hersteller ist und die entsprechenden Unterlagen beizustellen hat. TUBE-TEC führt im Auftrag des Kunden das Konformitätsbewertungsverfahren zusammen mit der Notifizierten Stelle durch, erwirkt die Konformitätsbescheinigung und bringt das Typenschild an.

Eine **Konformitätsbescheinigung** im Sinne der TR ZU 032/2013 (EAC) umfasst den entsprechenden Behälterpass, den TUBE-TEC mit entsprechenden externen Partnern erstellt.

(Partial) Data Reports im Sinne des ASME BPVC enthalten neben dem entsprechenden Data Report die Unterlagen des APZ 3.2 in der entsprechend ASME konformen Ausführung. Grundsätzlich und sofern nicht explizit vereinbart, liefert TUBE-TEC Parts ohne Design Verantwortung.

Dokumentationen werden als Datei im .PDF-Format per Mail versandt oder, falls die Dateigröße dies erfordert, als Download für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung gestellt.