

vgbe-Standard

Bestellung, Herstellung und Bauüberwachung von Rohrleitungsanlagen in Wärmekraftwerken

VGBE-S-519-00-2025-09-DE

(Zusammenlegung von VGB-R 507 und VGB-R 508)



vgbe-Standard

Bestellung, Herstellung und Bauüberwachung von Rohrleitungsanlagen in Wärmekraftwerken

VGBE-S-519-00-2025-09-DE
(Zusammenlegung von VGB-R 507 und VGB-R 508)

Herausgeber:
vgbe energy e.V.

Verlag:
vgbe energy service GmbH
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften
Deilbachtal 173 | 45257 Essen

Tel.: +49 201 8128-200
E-Mail: sales-media@vgbe.energy

ISBN 978-3-96284-413-4 (Print, Deutsch)
ISBN 978-3-96284-414-1 (E-Book, Deutsch)

Alle Rechte vorbehalten, vgbe energy.

www.vgbe.energy | www.vgbe.services

--- Single-User-Version | Einzelplatzversion ---

The GTC of vgbe energy service GmbH apply.
Es gelten die AGB der vgbe energy service GmbH.
All rights reserved! | Alle Rechte vorbehalten!

Any modification of this document is not permitted.
Jegliche Änderung dieses Dokuments ist nicht gestattet.

**Single-User-Version
Einzelplatzversion**



**One printout allowed
Ein Ausdruck erlaubt**



**No electronic copy allowed
Keine elektronische Kopie erlaubt**



**No network storage allowed
Kein Einstellen in Netzwerke erlaubt**



**Passing on of print-outs or electronic copies
to third parties is not permitted.
Die Weitergabe von Ausdrucken und/oder elek-
tronischen Kopien an Dritte ist nicht gestattet.**



**No further rights are granted.
Es werden keine weiteren Rechte eingeräumt.**



Notice: Any further use of contents requires a written agreement with vgbe energy.
Please contact us at sales-media@vgbe.energy.

Hinweis: Jegliche weitere Nutzung von Inhalten bedarf einer schriftlichen
Vereinbarung mit vgbe energy.
Kontakt und Rückfragen an sales-media@vgbe.energy.

Urheberrechtsvermerk

vgbe-Standards, hier im Weiteren als „Werk“ bezeichnet, und sämtliche im Werk enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Es liegt in der alleinigen Zuständigkeit von vgbe energy, die Nutzungsrechte wahrzunehmen.

Der Begriff „Werk“ umfasst die vorliegende Publikation sowohl in gedruckter als auch in digitaler Form. Der Urheberrechtsschutz umfasst dieses Werk als Ganzes als auch Teile bzw. Ausschnitte.

Jede Nutzung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des vgbe energy unzulässig. Dies gilt für jede Form von Vervielfältigung, Übersetzung, Digitalisierung sowie Veränderung.

Vervielfältigungen und Nutzung dieses Werkes für das Text- und Data-Mining bleiben vorbehalten. Die Verwendung des Werkes oder Teilen davon zum Training künstlicher Intelligenz-Technologien oder -Systeme ist untersagt.

Haftungsausschluss

vgbe-Standards sind Empfehlungen, deren Anwendung freigestellt ist. Sie berücksichtigen den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden bekannten Stand der Technik. Sie erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Die Anwendung erfolgt auf eigene Verantwortung und auf eigene Gefahr. vgbe energy e.V. schließt insoweit jegliche Haftung aus.

Die deutschsprachige Version dieses vgbe-Standards ist für Übersetzungen die maßgebliche Referenzausgabe.

Hinweis zur Behandlung von Änderungsvorschlägen

*Änderungsvorschläge können an die E-Mail-Adresse **vgbe-standard@vgbe.energy** gesendet werden. Zur eindeutigen Zuordnung des Inhalts sollte die Betreffzeile die Kurzbezeichnung des betreffenden Dokuments enthalten.*

Anmerkung

Grundsätzlich wird in deutschsprachigen Texten als Dezimaltrennzeichen das „Kommazeichen“ verwendet mit dem „Punkt“ als Tausendertrennzeichen. In Grafiken mit Ursprung aus dem englischsprachigen Raum kann das Zeichen „Punkt“ als Dezimaltrennzeichen verwendet sein mit dem „Kommazeichen“ als Tausendertrennzeichen.

Vorwort

Der vorliegende vgbe-Standard soll zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer eindeutige Festlegungen für den Liefer- und Leistungsumfang und für die anschließende Vertragsabwicklung schaffen und damit eine Rationalisierung der Bestellung und Auftragsabwicklung ermöglichen. Ihre vollständige oder auch auszugsweise Anwendung muss zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden. Ein Zwang zur Anwendung besteht nicht. Sollte es im Falle der Weitergabe von Aufträgen vom Auftragnehmer an Unterlieferanten zu Meinungsverschiedenheiten durch den Unterlieferanten kommen, ist der Auftraggeber einzuschalten, um Lösungswege zu suchen.

Der technische Teil des vorliegenden vgbe-Standards stellt eine Sammlung von Erfahrungen und Empfehlungen dar, die nach bestem Wissen erstellt wurde. Sie bezweckt die Zusammenfassung über bestimmte Erkenntnisse dieses Sachgebietes zur Arbeits erleichterung für den Benutzer. Eine Haftung, auch für die sachliche Richtigkeit der Darstellung, ist ausgeschlossen. Ebenso sind patentrechtliche und andere Schutzrechte vom Anwender eigenverantwortlich zu klären.

Es wird darum gebeten, die mit der Anwendung dieser Richtlinie gesammelten Erfahrungen, Möglichkeiten missverständlicher Auslegung, Unzulänglichkeiten in der Darstellung sowie Verbesserungsvorschläge der vgbe-Geschäftsstelle umgehend zur Auswertung mitzuteilen. Sie können Anlass für Ergänzungen oder Änderungen sein.

Mit der Ausarbeitung dieser Richtlinie befassten sich Fachleute aus den vgbe-Technical-Committees „Rohrleitungen, Armaturen und Druckbehälter“ und „Bau- und Montageüberwachung / Qualitätssicherung“.

Essen, September 2025

vgbe energy e.V.*

* vgbe energy e.V. ist seit April 2022 der neue Name des VGB PowerTech.

Autoren

Überarbeitung und Zusammenlegung der beiden vgbe-Standards erfolgten unter Beteiligung folgender Personen:

Patrick Kozlowski	Lausitz Energie Kraftwerke AG, Jänschwalde
Dr. Heckmann	RWE Power AG, Essen
Sebastian Kubiak	BEW Berliner Energie und Wärme GmbH, Berlin
Clemens Koalick	Hamburger Energiewerke GmbH, Hamburg
Michael Ohme	BEW Berliner Energie und Wärme GmbH, Berlin
Thomas Rieger	EVN Wärmekraftwerke GmbH, Zwentendorf/A
Tino Fischbeck,	RWE Power AG, Essen
Thomas Hagelkreuz	RWE Power AG, Essen
Christian Stolzenberger	(ehemals) vgbe energy e. V., Essen
Rento Rachel	Lausitz Energie Kraftwerke AG, Spremberg
Ralf Nothdurft	EnBW AG, Stuttgart
Andre Schwarz	Onyx Power AG, Wilhelmshaven
Jens Ganswind-Eyberg	vgbe energy e. V., Essen

Der vgbe-Standard ist mit dem „Verband für Anlagentechnik und IndustrieService e.V.“ (VAIS) Düsseldorf, abgestimmt worden.

Allen Beteiligten sei an dieser Stelle für ihren Einsatz gedankt.

Inhalt

1	Geltungsbereich	11
1.1	Rohrleitungs-Systemgruppen	12
2	Vorplanung	14
3	Anfrage und Angebot	15
3.1	Anfrage	15
3.2	Angebot	16
4	Auftragsvergabe und Bestellung	18
5	Liefer- und Leistungsumfang	19
5.1	Allgemeines	19
5.2	Lieferumfang	19
5.2.1	Liefergrenzen und Anschluss	19
5.2.2	Lieferumfang	20
5.2.3	Zusätzlicher Lieferumfang	20
5.3	Leistungsumfang	21
5.3.1	Planung und Konstruktion (Tabelle 1 (Kapitel 15))	21
5.3.2	Berechnung (siehe auch Tabelle 2 (Kapitel 16))	31
5.3.3	Zustandsüberwachung von Rohrleitungen der Systemgruppe 1	35
5.3.3.1	Lebensdauerüberwachungssystem (LDÜ)	35
5.3.3.2	Vorgaben zur Bauteil- und Messwerterfassung	36
5.3.3.3	Ergänzende Zustandsüberwachung von Rohrhalterungen	37
5.3.3.4	Druckprüfungen	38
5.3.4	Entwurfsprüfung- und Genehmigungsunterlagen (Tabelle 2 (Kapitel 16))	38
5.3.5	Qualitätssicherung	38
5.3.6	Fracht, Verpackung, Transport	40
5.3.7	Montage	41
5.3.8	Austausch von Rohrleitungssystemen	42
5.3.9	Bau-, Druck-, Dichtheits- und Abnahmeprüfungen	44
5.3.10	Inbetriebsetzung	45
5.3.11	Probetrieb	45
5.3.12	Abnahmeversuche	46
5.3.13	Dokumentation (Tabelle 3 (Kapitel 17))	46
5.3.14	Aufmaß- und Abrechnungsunterlagen	47
6	Ausführungsbestimmungen	48
6.1	Zeichnungs- und Unterlagenausführung	48
6.1.1	Rechnergestützte Zeichnungen und Dokumentation	48
6.1.2	Formate	48
6.1.3	Maßstäbe	48

6.1.4	Darstellungen	49
6.1.5	Koordinatensystem	49
6.2	Planungs- und Konstruktionsgrundsätze	49
6.2.1	Anordnungsplanung.....	49
6.2.2	Werkstoffe, Auslegung, Konstruktion	50
6.2.3	Strömungsgeschwindigkeiten	53
6.2.4	Einsatz von Absperrungen.....	54
6.2.5	Einsatz von Überdrucksicherungen	57
6.2.5.1	Problemstellung	57
6.2.5.2	Maßnahmen zur Überdruckabsicherung.....	58
6.2.6	Anwärmung, Warmhaltung und Entwässerung, Entleerung, Be- und Entlüftung	64
6.2.7	Dampfkühlung	70
6.3	Bauteilausführung für Stahlrohrleitungen.....	70
6.3.1	Erzeugnisformen.....	70
6.3.1.1	Werkstoffanforderungen und Abnahmen	70
6.3.1.2	Zusätzliche Prüfungen an Schmiedestücken	71
6.3.1.3	Zusätzliche Prüfungen an Blechen und Böden	71
6.3.2	Rohre	71
6.3.3	Biegungen, Bogen	72
6.3.4	Stützen	74
6.3.5	Formstücke	75
6.3.6	Kompensatoren	76
6.3.7	Verbindungen	79
6.3.8	Ausführung von Durchmesser- und Wanddickenübergängen und von Schweißnähten	80
6.3.9	Halterungen	81
6.3.10	Aufweitungsmessungen, Dehnungsmessungen	83
6.4	Korrosionsschutz	84
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	84
6.4.2	Allgemeine Ausführungsforderungen.....	85
6.4.3	Besondere Korrosionsschutzanforderungen verschiedener Rohrleitungssysteme	86
6.4.4	Fertigfabrikate.....	86
6.4.5	Bauüberwachung.....	86
6.4.6	Dokumentation.....	87
6.5	Bauteilkennzeichnung.....	87
6.6	Anlagenbeschilderung	87
6.6.1	Allgemeines	87
6.6.2	Beschilderung von Rohrleitungen	87
6.6.3	Beschilderung von systemzugehörigen Komponenten	88
6.7	Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen mit und ohne Liner	89

6.7.1	Allgemeines	89
6.7.2	Berechnungen und Konstruktionsgrundsätze	89
6.7.3	Konstruktive Gestaltung	90
6.7.4	Transport und Lagerung	91
6.7.5	Rohrverlegung und Verarbeitung	92
6.7.6	Bau- und Montageüberwachung	92
6.7.7	Prüfungen	93
7	Prüfung und Freigabe von Unterlagen	94
8	Bau- und Montageüberwachung	95
8.1	Organisation der Überwachung	95
9	Montage	97
9.1	Grundlagen und Vorbereitungen	97
9.1.1	Grundlegende Richtlinien	97
9.1.2	Transport- und Lagerverhältnisse	97
9.1.3	Baustellen- und Montageeinrichtungen	97
9.1.4	Zeitplan, Terminabstimmung	98
9.1.5	Montagesorgfalt	98
9.2	Fertigung und Montage	100
9.2.1	Allgemeine Hinweise	100
9.2.2	Umformen	101
9.3	Wärmebehandlung	102
9.3.1	Allgemeine Bedingungen	102
9.3.2	Zusätzliche Bedingungen für die Wärmebehandlung nach einer Warmformgebung	103
9.3.3	Prüfungen nach der Wärmebehandlung nach Umformung	103
9.3.4	Zusätzliche Bedingungen für die Wärmebehandlung von Schweißnähten	106
9.3.5	Schweißen	107
9.3.6	Lage der geprüften Schweißnähte	107
9.3.7	Verfahrensprüfungen und Schweißerprüfbescheinigungen	108
9.3.8	Schweiß- und Wärmebehandlungspläne	108
9.3.9	Schweißaufsicht	109
9.3.10	Sonstige Bedingungen für Schweißverbindungen	109
10	Prüfungen	111
10.1	Zerstörungsfreie Prüfung	111
10.1.1	Allgemeine Bedingungen	111
10.1.2	Zerstörungsfreie Prüfungen an ebenen Böden	112
10.1.3	Zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten	113
10.1.3.1	Prüfungen an Schweißnahtrandzonen der System-Gruppe 1	113

10.1.3.2	Prüfungen von Rundschweißnähten.....	113
10.1.3.3	Prüfungen von Längsschweißnähten.....	113
10.1.3.4	Prüfungen von Stutzenschweißnähten	113
10.1.3.5	Prüfungen von Schweißnähten an Anschweißteilen.....	113
10.1.3.6	Anforderungen an das Durchstrahlungsprüfverfahren	114
10.1.4	Anforderungen an das Ultraschallprüfverfahren	114
10.1.5	Anforderungen an die Oberflächenrissprüfverfahren	114
10.1.5.1	Allgemeine Bedingungen.....	114
10.1.5.2	Anforderungen an das Magnetpulverprüfverfahren	114
10.1.5.3	Anforderungen an das Farbeindringprüfverfahren	114
10.1.6	Anforderungen an die Härteprüfverfahren	115
10.2	Verwechslungsprüfungen	116
10.3	Bauteilmetallographie	116
10.4	Maßkontrollen	117
10.5	Kennzeichnungen	118
10.6	Druck- und Dichtheitsprüfungen	118
10.6.1	Systemgruppen 1 und 2.....	118
10.6.2	Systemgruppen 3, 4 und 5.....	118
10.6.3	Brennstoffleitungen.....	119
10.6.4	Bescheinigungen	119
10.7	Prüfungen bei Herstellung und Montage	119
10.7.1	Prüfungen in den Herstellerwerken.....	119
10.7.2	Prüfung nach Montageende	119
11	Aufmaß	120
12	Literatur	122
13	Abkürzungen.....	128
14	Anlage Federmatrix	130
14.1	Tabelle Federmatrix.....	131
15	Tabelle 1: Leistungsumfang des Lieferers	132
16	Tabelle 2: Leistungsumfang des Lieferers	133
17	Tabelle 3: Leistungsumfang des Lieferers	134
18	Tabelle 4: Anschlussprotokoll.....	135
19	Empfehlungen für Tabelle 1.....	137
20	Empfehlungen für Tabelle 2.....	138

21	Empfehlungen für Tabelle 3.....	139
22	Anlage 1 Prüfplan 1	140
23	Anlage 2 Prüfplan 2	141
24	Anlage 3 Prüfplan 3	142
25	Anlage 4 Prüfplan 4	143
26	Anlage 5 Prüfplan 5	144
27	Anlage 6 Prüfplan 6	145
28	Anlage 7 Grenzwerte von Unregelmäßigkeiten für Schweißverbindungen aus Stahl.....	146
29	Anlage 8 Bericht über Oberflächenrissprüfungen (Magnetpulverprüfung)	147
30	Anlage 9: Bericht über Durchstrahlungsprüfungen	153
31	Anlage 10: Bericht über Ultraschallprüfungen.....	157
32	Anlage 11: Bauprüfprotokoll.....	161
33	Anlage 12: Istmaßprotokoll – Rohre	163
34	Anlage 13: Istmaßprotokoll – Rohrbogen $\geq 60^\circ$	164
35	Anlage 14: Istmaßprotokoll – Rohrbogen $\leq 60^\circ$	165
36	Anlage 15: Istmaßprotokoll – Biegung $> 60^\circ$	166
37	Anlage 16: Istmaßprotokoll – Biegung $\leq 60^\circ$	167
38	Anlage 17: Istmaßprotokoll – T-Formstück	168
39	Anlage 18: Istmaßprotokoll – Y-Formstück.....	169
40	Anlage 19: Istmaßprotokoll – Kugel-Formstück	170
41	Anlage 20: Istmaßprotokoll – Sammler-Formstück	171
42	Anlage 21 Prüfprotokoll/Innendruckprüfung.....	172

1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Standard gilt für die Planung, Konstruktion, Ausführung, Herstellung sowie Bau- und Montageüberwachung von Rohrleitungsanlagen in Wärmekraftanlagen, die nach DIN EN 13480 ausgelegt, hergestellt und errichtet sind und umfasst den gesamten, für den bestimmungsgemäßen Betrieb erforderlichen Liefer- und Leistungsumfang. Dieser Standard beschreibt die Anforderungen, die über die der DIN EN 13480 hinausgehen oder in dieser Norm nicht geregelt sind.

Weitere Anforderungen aus gesetzlichen Regelungen können sich beispielsweise für umweltrelevante Systeme ergeben und sind zu beachten.

Die Anwendung ist vertraglich zu vereinbaren. Dies gilt auch, wenn von Anforderungen in diesem Standard abgewichen werden soll. Wenn dieser Standard vereinbart wurde, sind Ausnahmen zu einzelnen Punkten davon ebenfalls schriftlich zu vereinbaren.

Für turbineninterne Rohrleitungen gilt der VGB-S-503 „VGB-Standard für die internen Rohrleitungen des Turbosatzes“.

- (2) Es wird empfohlen eine Überwachung der Fertigung und Prüfung im Herstellerwerk und bei der Montage auf der Baustelle durch einen Bauüberwacher, im Folgenden mit „BÜ“ abgekürzt, vorzunehmen. Hierbei sind alle Rohrleitungsbauteile wie z.B. Bogen, Biegungen, Formstücke, Schmiede- und Kumpelteile und Bleche in die Überwachung und Prüfung mit einzubeziehen.
- (3) Auf Vereinbarungen, die bei jeder Bestellung gesondert zu treffen sind, wird in dem Standard durch Randbalken hingewiesen.
- (4) Neben diesem Standard gelten die Spezifikationen des Bestellers sowie die vgbe-Standards, soweit auf sie in diesem Standard Bezug genommen wird.
- (5) In Fernwärmenetzen sind gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.
- (6) In den Mitgliedsländern der EU gilt für die Herstellung von Druckgeräten die Richtlinie 2014/68/EU (DGRL). In den Ländern, die nicht zur EU gehören, sind die nationalen Vorschriften der jeweiligen Länder zu beachten.
- (7) In diesem Standard wird der Begriff „Hersteller“ nur im Zusammenhang mit der DGRL verwendet. Da entsprechend DGRL der Erbauer eines Druckgerätes nicht zwangsläufig auch der „**Hersteller**“ ist, wird der für die Auslegung, Konstruktion, Fertigung und Montage zuständige Betrieb als „**Lieferer**“ bezeichnet. Für den „**Auftragnehmer**“ wird ebenfalls der Begriff „**Lieferer**“ verwendet. Der „**Lieferer**“ entspricht dem „**Wirtschaftsakteur**“ gemäß DGRL. Für den „**Auftraggeber**“ wird der Begriff „**Besteller**“ verwendet.

- (8) Es wird empfohlen, bereits in der Planungsphase ausführliche und detaillierte Gespräche mit dem Lieferer der Rohrleitung/Rohrleitungsanlage, dem Rohrleitungsplaner und dem Lieferer der Leittechnik über die Konstruktion und Ausführung der Rohrleitung zu führen.

1.1 Rohrleitungs-Systemgruppen

Die Rohrleitungen werden in die fünf Rohrleitungs-Systemgruppen (1) bis (5) auf der Grundlage des maximal zulässigen Druckes PS, der min./max. zul. Temperatur TS und des Mediums des jeweiligen Rohrleitungssystems unterteilt.

Verfahrenstechnisch sowie systemtechnisch zugehörige Einrichtungen, wie z.B. Armaturen, Entwässerungen, Entleerungen, Messeinrichtungen und sonstige integralen Bauteile sind dem jeweiligen Rohrleitungssystem zuzuordnen.

Systemgruppe 1: Hochdruck

PS > 40 bar oder Systeme im Zeitstandbereich, wie z.B.:

- Frischdampfleitungen;
- Heiße Zwischenüberhitzerleitungen (HZÜ);
- Kalte Zwischenüberhitzerleitungen (KZÜ);
- Anzapfleitungen;
- Speisewasserdruckleitungen;
- Einspritzwasserleitungen.
(einschließlich Mindestmengenleitungen und Entlastungswasserleitungen).

Systemgruppe 2: Mitteldruck und Niederdruck

PS ≤ 40 bar und Systeme im Streckgrenzbereich, wie z.B.:

- Anzapfleitungen (ggf. Kalte Zwischenüberhitzerleitungen);
- Versorgungsleitungen für Dampf;
- Speisewasserzulaufleitungen;
- Hauptkondensatleitungen;
- Nebenkondensatleitungen;
- Einspritzwasserleitungen.

Systemgruppe 3: Hauptkühlwasser**Systemgruppe 4: Versorgungssysteme für Wasser und sonstige Medien**

wie z.B.:

- Nebenkühlwasserleitungen;
- Kühlturmzusatzwasserleitungen;
- Rohwasserleitungen;
- Reinwasserleitungen;
- Trinkwasserleitungen;
- Deionatleitungen;
- Feuerlöschleitungen;
- Heizungswasserleitungen;
- Arbeitsluftleitungen;
- Steuerluftleitungen.

Systemgruppe 5: Umweltrelevante Systeme

wie z.B.:

- Leitungen in Rauchgasreinigungsanlagen;
- Ammoniakleitungen;
- Leitungen für wassergefährdende Stoffe;
- Leitungen für giftige, ätzende und brennbare Fluide;
- Leitungen für Wärmeträgerfluide;
- Druckführende Entsorgungsleitungen.

Bei Rohrleitungen, die in mehrere Rohrleitungs-Systemgruppen fallen, sind die Forderungen aller betroffenen Rohrleitungs-Systemgruppen einzuhalten.

2 Vorplanung

Zweck der Vorplanung ist die Ermittlung der Auslegungskriterien, der Rohrtrassenführung, der Hauptabmessungen und der Werkstoffe zur Erstellung der Anfrage mit der zu diesem Zeitpunkt möglichen Genauigkeit. Die Vorplanung wird durch den Besteller oder durch eine von ihm beauftragte Planungsfirma durchgeführt. Im Rahmen der Vorplanung ist auch zu ermitteln, ob die Rohrleitung oder das Rohrleitungssystem in der Herstellung und beim Betrieb einer Richtlinie, Verordnung oder einem Gesetz unterliegt.

Im Rahmen der Vorplanung ist auch zu ermitteln, ob auf Grund der verwendeten Medien (Systemgruppe 5) Vorschriften zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen oder Bedingungen der Störfallverordnung betroffen sind. Diese Angaben sind notwendig für den Genehmigungsantrag z.B. nach Bundesimmissionsschutzgesetz.

Die sich hieraus ergebenden Anforderungen an Auslegung, Planung, Herstellung, Montage und Betrieb sind vom Besteller festzulegen (z.B. Wahl des anzuwendenden Regelwerkes oder der anzuwendenden Normen) und sind die Grundlage für die spätere Detailplanung.

3 Anfrage und Angebot

3.1 Anfrage

Die im Rahmen der Vorplanung ermittelten Massen und erarbeiteten Unterlagen sind Basis der Anfrage. Sie sind für die spätere Ausführung nicht verbindlich. Diese Unterlagen können z.B. Isometrien, Aufstellungspläne, R&I-Schema, Rohrleitungsliste sein mit Angaben über Medien, Auslegungsdaten, Betriebsdaten usw.

Die Anfrage soll den Liefer- und Leistungsumfang möglichst umfassend beschreiben. Der Besteller behält sich vor, Fabrikate einzelner Rohrleitungsbauteile selbst zu bestimmen oder auch diese Teile selbst beizustellen, der Umfang der Beistellungen ist bereits bei der Anfrage zu spezifizieren. Die Anfrage muss Informationen zu folgenden Stichworten enthalten:

- Festlegung des Liefer- und Leistungsumfanges (siehe auch Tabelle 1 bis 3 (Kapitel 15 bis 17));
- Liefer- und Leistungsbedingungen des Bestellers;
- anzuwendende Regelwerke, Normen, Richtlinien und Vorschriften;
 - bei Rohrleitungen die der DGRL unterliegen;
 - Modul des Konformitätsbewertungsverfahrens;
 - Festlegung des Dokumentationsumfangs zusätzlich zu Anhang III der DGRL und der angewandten Standards;
 - Festlegung wer Hersteller ist und Nennung aller Unterlieferanten;
 - Es wird empfohlen entsprechend VAIS MB 1 „Verantwortlichkeiten gemäß Druckgeräterichtlinie für den Rohrleitungsbau“ bei der Klärung der Verantwortlichkeiten vorzugehen;
 - Es wird empfohlen entsprechend VAIS MB 2 „Definition der Schnittstellen BetrSichV / Druckgeräterichtlinie bei der Änderung von bestehenden Rohrleitungssystemen“ bei der Klärung der Rechtsbereiche vorzugehen;
 - Hinweis: DIN EN 13480-5 enthält einen Informativen und damit nicht verbindlichen Anhang A mit Erklärungen A.1, A.2 und A.3 welche es transparent den Verantwortlichen Parteien ermöglichen den jeweiligen Leistungsumfang zu erklären;
- Ausführungsbestimmungen, Prüfungen, Abnahmen;
- Festlegungen zu Textstellen dieses Standards mit Randbalken;
- Durchführung der Bau- und Montageüberwachung;
- Ausblasen, Beizen, Spülen, Reinigen;

- bauseitige Lieferungen und Leistungen;
- Angabe von bevorzugtem Rohrleitungszubehör, z.B. Armaturen, Hänger;
- Art der Vordrucke;
- Art, Umfang und Anzahl der zu liefernden Unterlagen;
- Terminübersicht zur Auftragsabwicklung;
- sonstige anlagenspezifische Angaben;
- Lage und Verkehrsanbindung der Baustelle;
- baustellenspezifische Besonderheiten
z.B. außergewöhnliche klimatische und geologische Verhältnisse;
- Montagebedingungen und Baustellenverhältnisse;
- Umweltbedingungen z.B. im speziellen Wind-, Erdbebenlasten und TS_{min} ;
- Gesundheits- und Arbeitsschutz.

3.2 Angebot

- (1) Sofern Leistungen und Massen nicht in der Anfrage vom Besteller vorgegeben sind, muss das Angebot für die zu liefernden Teile und die zu erbringenden Leistungen eine Beschreibung enthalten, die dem Besteller eine Überprüfung ermöglicht.

Die angebotenen Lieferungen und Leistungen müssen dem Stand der Technik, den vereinbarten Regelwerken bzw. Normen und den Anforderungen der Anfrage unter Beachtung der Lieferbedingungen und Ausführungsbestimmungen entsprechen.

- (2) Der Lieferer hat sich vor Angebotsabgabe von der vom Besteller zur Verfügung gestellten Vorplanung, insbesondere von der Richtigkeit der Bauteilabmessungen und Werkstoffe, zu überzeugen.

Selbst wenn vom Besteller Pläne, Abmessungen und Werkstoffe für die Lieferung der anzubietenden Rohrleitungen vorgelegt werden, muss der Lieferer in seinem Angebot auf erforderliche Änderungen, Ergänzungen oder Verbesserungen hinweisen, die er bei Erstellung des Angebotes festgestellt hat und die nach seiner Kenntnis zur Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Betriebes der Rohrleitungen notwendig sind. Die durch die Änderungs- und Verbesserungsvorschläge sich ergebenden Änderungen des Angebotspreises sind im Angebot besonders anzugeben. Die angebotenen Teile müssen den Anforderungen dieses Standards entsprechen.

Sind bei der Ausarbeitung des Angebotes neue Regelwerke, Normen oder Vorschriften in Vorbereitung und bereits im Entwurf veröffentlicht oder hat der Lieferer Kenntnis über neue Vorschriften oder Regelwerke, so hat er den Besteller darauf hinzuweisen. Über ihre Berücksichtigung ist dann eine Vereinbarung zu treffen.

Sollten Widersprüche bei Anwendung des Vorschriften- und Regelwerkes auftreten, ist mit dem Besteller eine Vereinbarung zu treffen.

- (3) Vor der Angebotsabgabe hat sich der Lieferer über die Montagebedingungen sowie über die Baustellenverhältnisse zu informieren.
- (4) Das Angebot wird ohne Kosten und Verbindlichkeit für den Besteller oder seinen Beauftragten abgegeben. Sofern das Angebot befristet ist, hat der Lieferer hierauf besonders hinzuweisen.

4 Auftragsvergabe und Bestellung

- (1) Die Auftragsvergabe erfolgt unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (z.B. Submissionsverfahren, Präqualifikationsverfahren) durch den Besteller. Diesem steht frei, in Abstimmung mit dem Lieferer die Vergabe im Ganzen oder in Teilen des angebotenen Umfangs vorzunehmen. Will der Besteller sich vorbehalten, den Auftrag im Ganzen oder in Teilen des angebotenen Umfangs vorzunehmen, so hat er dies bereits bei der Anfrage dem Lieferer mitzuteilen.
- (2) Die Wahl der Unterlieferanten für wesentliche Bauteile und der Einsatz etwaiger Subunternehmer für Montageleistungen haben im Einvernehmen mit dem Besteller zu erfolgen. Der Besteller behält sich vor, an den technischen Verhandlungen teilzunehmen. Dadurch wird der Lieferer seiner Gewährleistungspflicht in keiner Weise enthoben.
Hinweis: DIN EN 13445-4 enthält einen Informativen und damit nicht verbindlichen Anhang B mit einem „Beispiel eines Formulars für Unterauftragnehmer“.
- (3) In der Bestellung ist die Festlegung von Fabrikaten einzelner Rohrleitungsbauteile bzw. Beistellung von Rohrleitungsbauteilen durch den Besteller anzugeben.
- (4) Die Bestellung erfolgt in schriftlicher Form. Abweichungen von der Bestellung bedürfen einer beiderseitigen schriftlichen Vereinbarung.

5 Liefer- und Leistungsumfang

5.1 Allgemeines

- (1) Der Lieferer verpflichtet sich, alle Lieferungen und Leistungen so vollständig zu erbringen, wie sie für eine sichere und betriebstüchtige Rohrleitungsanlage erforderlich sind, auch dann, wenn diese im Einzelnen in der Bestellung nicht besonders aufgeführt sind.
- (2) Ergeben sich bei der Auftragsabwicklung Änderungen der Vorschriften oder Regelwerke bzw. des Liefer- und Leistungsumfangs, so ist der Besteller über eventuelle hieraus resultierende terminliche oder kostenmäßige Auswirkungen vom Lieferer zu informieren.

Über die Berücksichtigung von Änderungen der Vorschriften oder Regelwerke bzw. des Liefer- und Leistungsumfangs ist eine Vereinbarung zu treffen.

Will der Lieferer während der Auftragsabwicklung nach erfolgter Freigabe oder abgeschlossener Planung durch den Besteller Änderungen an seinem Liefer- und Leistungsumfang vornehmen, ist die Zustimmung des Bestellers einzuholen. Zusätzliche Kosten, die beim Besteller oder bei Dritten entstehen, gehen zu Lasten des Lieferers, sofern dieser die Änderungen zu vertreten hat.

Die im Planungsstadium im Rahmen des Freigabeverfahrens vom Besteller begründeten Änderungserfordernisse berechtigen den Lieferer nicht zu Planungs-Mehrkostenforderungen.

- (3) Für die gesamte Abwicklung des Auftrages benennt der Lieferer einen verantwortlichen Projektleiter, der gegenüber dem Besteller als Ansprechstelle gilt. Darüber hinaus ist zu empfehlen, für die einzelnen Fachbereiche eine namentliche Benennung der verantwortlichen Bearbeiter zu vereinbaren. Dem Besteller sind auf Verlangen Qualifikationsnachweise zu erbringen. Er behält sich vor, unqualifiziertes Personal zurückzuweisen.

Personelle Veränderungen, die auf den Ablauf der Arbeiten Einfluss haben, sind mit dem Besteller abzustimmen.

5.2 Lieferumfang

5.2.1 Liefergrenzen und Anschluss

Die Liefergrenzen werden vom Besteller vorgegeben. Insbesondere bei Pauschalaufträgen sind Lieferumfang und Liefergrenzen exakt festzulegen. Sämtliche innerhalb dieser Liefergrenzen liegenden Bauteile und Einrichtungen gehören zum Liefer- und Montageumfang des Lieferers, sofern keine anderen Vereinbarungen getroffen wurden. Der Lieferumfang beinhaltet den Anschluss der Rohrleitungen an die von anderer Seite gelieferten bzw. vorhandenen Komponenten und die hierzu erforderlichen Verbindungs- und Dichtungselemente.

Für Rohrleitungssysteme die einer Elastizitätsberechnung mit Spannungsanalyse unterzogen werden, muss die Berechnung über den Lieferumfang der Rohrleitung hinaus bis zum nächstmöglichen Festpunkt oder Komponentenanschluss erfolgen.

5.2.2 Lieferumfang

Der Lieferumfang der Rohrleitungsanlage umfasst, sofern keine bauseitigen Beistellungen vereinbart wurden:

- (1) alle erforderlichen Rohrleitungsbauteile, wie z.B. Rohre, Bogen, Flansche, Flanschverbindungen, Dichtungselemente, Formstücke, Entlüftungs-, Entleerungs- und Entnahmestellen (Druck, Temperatur, Analyse, Abnahmeversuche), Unterstützungen und Halterungen, Haltenocken zur Lastabtragung, Nocken zur Halterung der Wärmedämmung, Messnocken, Kompensatoren, Einrichtungen zur Lebensdauerüberwachung;
- (2) alle zum Schutz der Bauteile erforderlichen Verpackungen, Schutz- und Transportvorrichtungen, temporärer Korrosionsschutz;
- (3) alle Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe sowie Prüf- und Hilfsmittel für die zerstörungsfreie Prüfung;
- (4) für Rohrleitungen im Geltungsbereich der DGRL die für die richtlinienkonformen Lieferungen erforderlichen Unterlagen.

5.2.3 Zusätzlicher Lieferumfang

Der Lieferumfang der Rohrleitungsanlage umfasst, sofern in der Bestellung vereinbart:

- (1) Dauerhaften Korrosionsschutz entsprechend den technischen Anforderungen;
- (2) Armaturen, deren Verbindungs- und Dichtungselemente sowie Betätigungselemente und Antriebe;
- (3) Kühler, Entspanner, Siebe, Messblenden und ähnliche Bauteile;
- (4) Wärme-, Kälte- und Schalldämmung;
- (5) Provisorien für Ausblasen, Beizen, Spülen und Reinigung;
- (6) Arbeits- und Bedienungsbühnen;
- (7) Dübel und Dübelplatten;
- (8) Mauerdurchführungen, Ausbaustücke;
- (9) Lebensdauerüberwachungssysteme;
- (10) Messeinrichtungen;
- (11) Beschilderung bzw. Kennzeichnung von Rohrleitungen und systemzugehörigen Komponenten, auch wenn diese bauseits beigestellt werden.

5.3 Leistungsumfang

Die im Einzelfall zu erbringenden Leistungen sind anlagenspezifisch unter Berücksichtigung nachstehender Kriterien wie z.B.:

- Größe der Anlage;
- Anforderungen an die Sicherheit;
- Anforderungen an die Verfügbarkeit;
- Grundlast- oder Spitzenlastanlage;
- Art der Werkstoffe;

festzulegen und in **Tabelle 1 bis 3** (Kapitel 15 bis 17) anzukreuzen. Für die vereinbarten Leistungen gelten die nachstehenden Erläuterungen bzw. Festlegungen.

5.3.1 Planung und Konstruktion (Tabelle 1 (Kapitel 15))

- (1) Die ausführungsgerechte Planung und Konstruktion müssen in Abstimmung mit dem Besteller bzw. Planer erfolgen. Hierbei sind die Vorgaben der EU-Richtlinien und des für die Auslegung festgelegten Regelwerkes bzw. der Norm einzuhalten.

Ist vom Besteller eine Vorplanung durchgeführt worden, so sind die Vorplanungsunterlagen zu berücksichtigen. Der Lieferer hat rechtzeitig dafür Sorge zu tragen, dass von ihm festgestellte Mängel, Unstimmigkeiten und Informationslücken in der Planung aufgezeigt und einer Klärung zugeführt werden. Für die Planung und Konstruktion ist Personal mit Fachwissen von der Lieferfirma einzusetzen.

- (2) Die Schnittstellenbearbeitung an den Liefergrenzen der jeweiligen Gewerke und Komponenten ist mit deren Lieferanten, in einer stetigen Wechselbeziehung, während der gesamten Auftragsabwicklung durchzuführen und abzustimmen, sowie lückenlos zu dokumentieren. Der Besteller bzw. Planer ist vollständig in den Informationsaustausch einzubinden.

Die Schnittstellenbearbeitung umfasst auch u.a. den Austausch und die Abstimmung aller sicherheitstechnischen, verfahrenstechnischen, konstruktiven, berechnungstechnischen sowie der elektro- und leittechnischen Daten und Belange.

- (3) Die zum Planungs- und Konstruktionsumfang des Lieferers gehörenden Leistungen sind von Fall zu Fall, gemäß den unter Kapitel 5.3 genannten Kriterien, zu vereinbaren. Den Umfang der möglichen Leistungen zeigt **Tabelle 1** (Kapitel 15).
- (4) Die Anordnungsplanung und Konstruktion der Rohrleitungsanlagen erfolgten mittels eines geeigneten CAD-Systems. Folgende Randbedingungen sind dabei zu beachten:

- Der Besteller sollte das zu verwendende CAD-System und die gültige Systemversion für das Gesamtprojekt für alle beteiligten Lieferer der Rohrleitungsanlage und ggf. auch für Lieferer anderer Gewerke, wie Bauwerke, Dampferzeuger, Turbine, Kabeltrasse, usw., festlegen;
 - Insbesondere ist die Festlegung über die Planungsabwicklung mit einem 2D-CAD-System oder einem 3D-CAD-System zu treffen. Aufgrund der Möglichkeiten zur Kollisionskontrolle, zur Prüfung räumlicher Anordnungen aus unterschiedlichen Ansichten sowie zur Vorplanung und Optimierung von Montageabläufen wird die Planung über ein 3D-CAD-Modell empfohlen. Weiterhin lassen sich mittels geeigneter 3D-CAD-Systeme einfache Rohrleitungspläne in verschiedenen Ansichten, 3D-Ansichten, Isometrien usw. aus dem 3D-Modell ableiten;
 - Sofern Gewerke wie Stahlbau, Betonbau, Kabeltrassen nicht von dem entsprechenden Lieferer in das CAD-System eingearbeitet werden, ist festzulegen, auf welcher Datenbasis die entsprechenden Planungsunterlagen zur Verfügung gestellt und von wem diese Daten in das CAD-System übertragen werden;
 - Die verbindlichen CAD-Daten sind auf einem zentralen beim Besteller oder bei einem vom Besteller beauftragten Generalplaner installierten CAD-System einzuspielen. Um einen zeitnahen Abgleich der Planungen aller beteiligten Lieferer zu erzielen, sind die neuen Planungsstände in festgelegten Zeitabständen über geeignete Datenträger einzuspielen, am zentralen CAD-System auf Kollisionsfreiheit zu prüfen und an alle beteiligten Lieferer als verbindliche Planungsunterlage für die weiteren Planungen zu verteilen. Als verbindliche Planungsunterlage kann nur ein vom Besteller oder ein vom Generalplaner freigegebener Zwischenstand gelten. Es wird empfohlen, die Freigabemodalitäten projektbezogen festzulegen. Um den Datenaustausch über verschiedene Datenträger und die längeren Zeitintervalle ohne Austausch der neueren Planungsdaten zu vermeiden, ist ein Prozess zum Datenaustausch abzustimmen. Die genauen Festlegungen für die Bearbeitungsebenen im CAD-System für die einzelnen Lieferer, für die zeichnerische Darstellung, für den Datenaustausch und für die Datenpflege sind vor Beginn des Projektes durch den Besteller festzulegen;
 - Es wird empfohlen, einen Systemspezialisten für die Betreuung des CAD-Systems für die gesamte Projektdauer vorzuhalten;
 - Die Strukturierung der Datenbanksysteme, die mit dem 3D-CAD-Modell verknüpft sind, ist zwischen Lieferer und Besteller zu vereinbaren.
- (5) Eine Planungsabwicklung ohne CAD-Einsatz, nur über Planungsunterlagen in Papierform, bedarf der Zustimmung des Bestellers. Dabei gilt:

- Die Planungsabwicklung über Papierdokumente wird aufgrund der geringeren Planungssicherheit und des erhöhten Aufwandes zum Abgleich der Pläne nicht empfohlen und sollte beschränkt bleiben auf kleinere Projekte mit wenigen Projektpartnern (z.B. Austausch- und Erweiterungsmaßnahmen in bestehenden Kraftwerken ohne CAD-Dokumentation);
 - Die Planungsunterlagen sind dabei zwischen den beteiligten Firmen auszutauschen und um die Planungsstände der anderen Gewerke zu ergänzen. Für jeden Bereich wird dabei nur ein verbindliches Original erstellt. Der Besteller legt fest, welcher Lieferer die Originalpläne bearbeitet.
- (6) Für alle Anlagenteile ist das für das jeweilige Projekt vom Besteller festgelegte Kennzeichnungssystem, z.B. das Kraftwerk- oder Anlagenkennzeichnungssystem (RDS-PP®/KKS/AKZ) anzuwenden. Der Umfang und der Detaillierungsgrad der Kennzeichnung sind mit dem Besteller abzustimmen.
- Sofern die Zählrichtung nicht vorgegeben ist, muss eine Vereinbarung getroffen werden.
- (7) Alle zu erstellenden Unterlagen sind auf dem aktuellen Stand zu halten. Sie sind dem Besteller in der festgelegten Anzahl zur Verfügung zu stellen. Ungeachtet dessen sind dem Besteller die zu erstellenden Unterlagen in digitaler Form in einem vereinbarten Format zu Verfügung zu stellen.
- (8) Soweit die Ausführung von der geplanten Form abweicht, sind Revisionszeichnungen des Ist-Zustandes (as built) anzufertigen.
- (9) Dem Besteller sind rechtzeitig verbindliche Unterlagen der für die Rohrleitungsanlage erforderlichen Baumaßnahmen zuzustellen, damit sie bei der Ausführung der Gebäudeteile, Bühnen bzw. des Kesselgerüsts entsprechend berücksichtigt werden können. Termine hierfür sind, soweit möglich, bei Auftragsvergabe zu vereinbaren, insbesondere für Angaben über
- einzuleitende Kräfte an den Anschlusspunkten;
 - Ausführung der Lasteinleitstellen (Ankerschienen, Ankerplatten, Dübelplatten);
 - Lage und Größe von Mauerdurchbrüchen und Bühnendurchtritten;
 - Ausbaumaßnahme von Einbauteilen der Rohrleitungsanlage.
- (10) Belastungspläne für die abzutragenden Lasten müssen für die Rohrleitungen erstellt werden, wenn die Einzellasten ≥ 1.000 N sind. Kleinere zusammen liegende Einzellasten sind zusammenzufassen.
- Die Belastungspläne müssen folgende Angaben enthalten:
- Größe, Richtung und Art der Beanspruchung;
 - Form der Lasteinleitung (Ankerplatten usw.).

Hierfür können die vorhandenen Rohrleitungs- oder Bühnenpläne benutzt werden. Auch für erdverlegte Rohrleitungen können in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen Belastungspläne erforderlich sein (Hangleitungen, Auftrieb, Pfahlgründungen).

- (11) Berechnungsisometrien sind für jene Leitungen zu erstellen, für die eine Rohrsystemanalyse durchzuführen ist, siehe 5.3.2 (3). Diese Isometrien müssen alle für die Berechnung erforderlichen Informationen enthalten.
- (12) Übersichts- oder Teilisometrien sollen als Gesamt- oder Teilisometrien eine Übersicht über ein Leitungssystem auf der Basis vorhandener Schemata und der örtlichen Gegebenheiten ermöglichen und sind für Leitungen > DN 50 zu erstellen.

Sofern Rohrleitungen \leq DN 50 konstruktiv zu erfassen und zeichnerisch darzustellen sind, ist dies in der Bestellung zu vereinbaren.

Übersichts- oder Teilisometrien müssen folgende Informationen beinhalten:

- Abmessungen, Werkstoffe, Berechnungs- und Betriebsdaten;
- Gefälle der Leitungen, Hoch- und Tiefpunkte sowie Entwässerungs-, Entleerungs- und Entlüftungsanschlüsse;
- Armaturenanzahl;
- Anordnung der Mess- und Prüfeinrichtungen;
- Lage der Wand-, Decken- und Bühnendurchtritte;
- Dicke der Wärmedämmung;
- Anordnung der Lastabtragungspunkte an der Rohrleitung;
- Entnahmestellen;
- Vorspannungen mit Schlussnaht, sofern diese vereinbart sind;
- sonstige Besonderheiten (z.B. Mess- und Prüfstellen für wiederkehrende Prüfungen, Blockiermaßnahme bei Befüllung und Entleerung der Leitungen).

Alle in der Übersichts- oder Teilisometrie dargestellten und zum Lieferumfang gehörenden Leitungsteile müssen in Stücklisten erfasst sein. Eine gegenseitige Zuordnung von Isometrie und Stückliste ist erforderlich.

- (13) Sofern vom Lieferer Fertigungs- oder Teilisometrien erstellt werden, können diese, wenn sie den vorgeschriebenen Informationsinhalt aufweisen, in Abstimmung mit dem Besteller als Teilisometrien verwendet werden.
- (14) Die Erstellung einer gesonderten Schweiß- und Prüfisometrie ist immer erforderlich, wenn die Angaben in die Übersichts- oder Teilisometrie aufgrund der Übersichtlichkeit nicht mehr eingetragen werden können.

Die Schweiß- und Prüfisometrie enthält dann die nachstehenden Angaben:

- Nummerierung der Schweißnähte;

- Lage und Kennzeichnung der Schweißnähte und Prüfstellen (Rund-, Stutzen- und Kehlnahtschweißung);
 - Kennzeichnung ob Werkstatt- oder Baustellenschweißung;
 - Hinweis auf Schweiß-, Wärmebehandlungs-, Prüf- und Abnahmevorschriften.
- (15) Rohrleitungs- und Messstellenschemata erstellt der Besteller. Die entsprechende Zuarbeit erfolgt durch den Lieferer. Sollen diese Schemata durch den Rohrleitungslieferer erstellt werden, so ist dieses zu vereinbaren.
- (16) Das Höhenschema soll alle geodätischen Leitungshöhen darstellen und einen Überblick über die erforderlichen Entlüftungen, Entwässerungen und Entleerungen ermöglichen sowie die Einbindung in die Sammelsysteme zeigen.
- (17) In Formstück-, Kühler- und Siebzeichnungen sowie ähnlichen Bauteilen, sind die Abmessungen und sämtliche Ausführungsdetails anzugeben. Sie müssen Angaben enthalten über Werkstoffe, Berechnungsdaten und Gewichte sowie Hinweise auf Liefer-, Prüf- und Abnahmebedingungen, Schweiß- und Prüfvorschriften.

Formstücke nach DIN EN oder ANSI brauchen nicht zeichnerisch dargestellt zu werden. Alle Einzelteile müssen in Stücklisten erfasst sein.

- (18) Für Rohrhalterungen sind für Leitungen > DN 50 Zusammenstellungszeichnungen zu liefern. Die resultierende Betriebsstellung und Auslenkung müssen erkenntlich sein. Ferner sind die abzutragenden Rohrleitungslasten in Richtung und Größe anzugeben.

Für Leitungen ≤ DN 50 sind die Standard-Halterungssysteme (Kataloge) anzugeben.

Sofern Rohrhalterungen ≤ DN 50 konstruktiv zu erfassen und zeichnerisch darzustellen sind, ist dies, wie unter 5.3.1 (12) gesondert zu vereinbaren.

Für Festpunkte und Sonderkonstruktionen (z.B. Schwingungsdämpfer, Stoßbremsen) sind generell Zusammenstellungs-Zeichnungen zu liefern. Alle Unterstützungen und Halterungen, unabhängig vom Nenndurchmesser, sind in Stücklisten mit Gewichtsangaben zu erfassen. Eine gegenseitige Zuordnung der Zusammenstellungs-Zeichnungen und der Stücklisten ist erforderlich.

- (19) Beim Einsatz von Dübelplatten erstellt der Rohrleitungslieferer nach der Ist-Lage der Dübelbohrungen die Dübelplattenpläne.
- (20) Die Anordnung der Armaturen einschließlich Getriebe, Antriebe, mechanische Fernübertragungs- und hydraulische oder pneumatische Steuereinrichtungen ist in den Rohrleitungsplänen darzustellen. Hierbei sind auch – unter Berücksichtigung der Bau- und Ausbaumaße – die Reparatur- und Demontagemöglichkeiten zu untersuchen und Angaben über eventuelle Montagehilfen mit Lastangaben zu machen.

Armaturen, die mit Antrieb und Betätigungseinrichtungen ausgerüstet sind, müssen mit ihren äußeren Umrissen maßstäblich dargestellt werden. Ist dies in den Rohrleitungsplänen nicht in der erforderlichen Übersicht möglich, sind Detailzeichnungen hierfür anzufertigen.

Aus den Darstellungen müssen folgende Informationen zu entnehmen sein:

- Lage der Armaturenspindel in Auf- und Zu-Position, des Getriebes und des Antriebes (auch der Flursäule);
- Lage der Halterungen;
- Differenzbewegung infolge Wärmedehnung zwischen Armatur und Betätigungseinrichtung;
- Art und Umfang der mechanischen Fernbedienungseinrichtungen;
- Lage von Steuer- und Prüfeinrichtungen;
- eindeutige Ortsangabe und Hinweis auf den zugehörigen Rohrleitungsplan.

Sofern die Armaturen und Antriebselemente vom Besteller beigestellt werden, liefert dieser die für die Einplanung erforderlichen technischen Unterlagen.

- (21) Zum Lieferumfang gehörende Mauerdurchführungen (Wand- und Deckendurchführungen) sind zumindest in Form von Skizzen darzustellen, aus denen Baulängen, Bewegungsspiele, Verankerungen, Korrosionsschutz, Abdichtung usw. hervorgehen müssen. Alle Einzelteile für Mauerdurchführungen müssen in Stücklisten erfasst sein. Soweit es sich um Serienteile handelt, genügt das um die nötigen Details erweiterte Katalogblatt.
- (22) Verspannungen von Kompensationselementen sind mit allen Details zeichnerisch darzustellen. Bei Serienprodukten können die Katalogunterlagen mit den entsprechenden Ergänzungen verwendet werden. Die zu kompensierenden Bewegungen und die Federraten (lateral, axial) sind in den Zeichnungen anzugeben.
- Alle in Zeichnungen für Verspannungen von Kompensationselementen dargestellten Einzelteile müssen in Stücklisten erfasst sein.
- (23) Soweit Entwässerungen oder Entlüftungen zu Stationen zusammengefasst werden, sind diese einschließlich Trichter oder Entspannerlanze zeichnerisch darzustellen.
- (24) Probenentnahmeeinrichtungen – insbesondere bei zentraler Anordnung – sind zeichnerisch darzustellen unter Einbeziehung der Leitungsführung, Gestelle und Probenkühler.
- (25) Stutzen für Abzweige, Entleerungen, Entlüftungen oder Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen sind derart zeichnerisch darzustellen, dass Einzelheiten wie Stutzen- und Schweißnahtausführung, Wanddicken- und Durchmesserübergänge, Schweißfasen, Anordnung der Stempelfelder und gegebenenfalls Hinweise auf Prüf- und Abnahmevorschriften zu ersehen sind.

- (26) Haltenocken zur Lastabtragung (rechnerischer Nachweis), Nocken zur Halterung der Wärmedämmung und Messnocken für geodätische Rohrleitungsvermessungen sind zeichnerisch darzustellen, Ausführung und Einzelheiten gemäß (25).

Die Anordnung der Messnocken erfolgt unter Beachtung der Zugänglichkeit, der größten Bewegung des Rohrstranges und optisch freier Messwege.

- (27) Für erdverlegte Rohrleitungen sind Grabenprofilpläne zu erstellen, unter Berücksichtigung der erforderlichen Montageräume und der Verfüll- bzw. Bodenverdichtungsmaßnahmen. Bei wenig tragfähigem Untergrund, wasserführenden Schichten oder Hanglagen sind ggf. noch weitere Maßnahmen erforderlich, z.B. Stabilisierung des Untergrundes (Bodenaustausch, Verpressungen, Pfahlgründung), siehe auch (10).

Entsprechende Vereinbarungen sind mit dem Besteller bzw. dessen Bodengutachter zu treffen. Unter Umständen ist eine frühzeitige Hinzunahme einer Überwachungsorganisation erforderlich.

Die Lage der Kopflöcher für die Baustellenschweißungen ist anzugeben, ebenso der Arbeitsraum für Montagegeräte. Gegebenenfalls sind Hinweise auf Montagehilfs- oder Sicherungsmaßnahmen notwendig (Auftriebssicherung, Abrutschsicherung u. ä.).

Die endgültigen Höhen der Rohrleitungen sind anzugeben, wobei in Abstimmung mit dem Besteller bzw. dessen Bodengutachter Setzungen zu berücksichtigen sind. Für außerhalb von Kraftwerksgebäuden unterirdisch oder oberirdisch verlegte Rohrleitungen sind Höhenschemen anzufertigen.

- (28) Die Rohrleitungslisten werden in der Regel vom Besteller erstellt und vom Rohrleitungslieferer entsprechend dem Planungsfortschritt aktualisiert. Gegebenenfalls kann die gesamte Erstellung und Fortführung als Leistung des Rohrleitungslieferers vereinbart werden.

Aus den Rohrleitungslisten müssen mindestens folgende Aussagen entnommen werden können:

- Bezeichnung der Rohrleitung (Klartext und Anlagenkennzeichen);
- Abmessungen (Durchmesser, Wanddicken, Biegeradien);
- Auslegungs- und Betriebsdaten;
- Werkstoff;
- Medium;
- Fluidgruppe;
- Aggregatzustand;
- Einstufung nach DGRL;

- Durchsatzmenge und Strömungsgeschwindigkeit
- (eventuell unterschiedliche Betriebsverhältnisse);
- Dicke der Wärme-/Schalldämmung;
- Korrosionsschutz.

Weitere Informationen in den Rohrleitungslisten sind zu vereinbaren.

- (29) Armaturenlisten werden in der Regel vom Besteller erstellt. Sie können gegebenenfalls als Leistung des Rohrleitungslieferers vereinbart werden. Werden die Armaturen vom Besteller beigestellt, beschafft dieser die erforderlichen technischen Angaben.

Für die Erstellung der Armaturenlisten wird auf den VGB-Standard VGB-S-107 „Bestellung und Ausführung von Armaturen in Wärmekraftwerken“, siehe Datenblätter hingewiesen.

- (30) Antriebslisten für Armaturentriebe und Antriebselemente werden in der Regel vom Besteller erstellt. Sie können gegebenenfalls als Leistung des Rohrleitungslieferers vereinbart werden. Werden die Armaturentriebe und Antriebselemente vom Besteller beigestellt, beschafft dieser die erforderlichen technischen Unterlagen.

Sie müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- RDS-PP®, KKS bzw. AKZ;
- Armaturenart;
- Lieferer;
- Antriebstyp, Antriebsart;
- Anschlussform (Ausführung der Antriebswelle);
- Einbautyp;
- Motortyp;
- Anschlussspannung, Leistungsaufnahme;
- Schutzart;
- Betätigungsmomente am Antrieb (Öffnen/Schließen);
- Antriebsdrehzahl;
- Stellzeit;
- Umdrehungen pro Stellweg und Hub;
- Antriebselemente (Getriebe, Gelenke, Gestänge, Flursäule);
- Gewicht.

(31) Übersichtslisten für Messstellen werden in der Regel vom Besteller erstellt. Sie können gegebenenfalls als Leistung des Rohrleitungslieferers vereinbart werden.

Sie müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- RDS-PP®, KKS bzw. AKZ;
- Messstellenbezeichnung (Klartext);
- Einbauort;
- Stutzenausführung;
- Stutzenwerkstoff;
- Schutzrohrausführung;
- Schutzrohrwerkstoff.

(32) Über alle vom Rohrleitungslieferer zu erstellenden oder zu ergänzenden Zeichnungen und Skizzen hat dieser ein Verzeichnis zu erstellen, aus dem Inhalt der Zeichnung, Blattgröße, Zeichnungsnummer und Revisionsindex hervorgehen. Soweit Bestellnummern von den Liefernummern abweichen, sind diese ebenfalls in das Verzeichnis aufzunehmen.

(33) Rohrhalterungsverzeichnisse sind vom Lieferer zu erstellen und müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- RDS-PP®, KKS bzw. AKZ;
- Positionsnummer der Halterung;
- Art der Halterung;
- Lastangaben;
- Bewegungsgrößen und -richtungen;
- Einbaulage;
- Zeichnungsnummer der Halterung;
- besondere Betriebshinweise, z.B. Blockierung und Deblockierung bei Entleerung oder Druckprobe.

(34) Schilderlisten werden vom Lieferer erstellt. Sie umfassen Rohrleitungen und systemzugehörige Komponenten, auch wenn diese durch den Besteller beige-stellt wurden.

Sie sollten mindestens folgende Angaben enthalten:

- Anlagenkennzeichen bzw. Kraftwerkskennzeichen (RDS-PP®/KKS/AKZ-Nr.);
- Rohrleitungs- bzw. Komponentenbezeichnung (Klartext);
- falls erforderlich, elektrischer Freischaltort;

- Durchflussstoff;
- ggf. Kennzeichnung der Rohrleitung nach DIN 2403.

Das Schilderlisten-Layout ist mit dem Besteller zu vereinbaren. Die Listen sind mit einem Tabellenkalkulationsprogramm, z.B. Excel, zu erstellen und zu übergeben.

(35) Anfahr-, Betriebs- und Wartungsvorschriften sind für die zum Lieferumfang gehörenden Bauteile und Leitungen zu erstellen, wie z.B.

- Einhaltung eines Temperaturtransienten;
- Vermeidung von Schlägen oder Schwingungen durch Anfahr- oder Schaltvorgänge;
- Blockierung von federnden Halterungen bei Entleerung der Leitung (Abhebesicherung);
- teilweises Blockieren von federnden Halterungen bei Beizvorgängen, beim Spülen oder bei Druckproben;
- Schmierung und Wartung von Antriebselementen;
- Wartung von Halterungen (Hänger, Schwingungs- und Stoßbremsen);
- Ein- und Ausbau von Sieben oder Messeinrichtungen;
- Lösen und Wiederherstellen der Anschlussverbindungen an Aggregaten (z.B. Turbine, Speisepumpe).

Sollen bauseitige Beistellungen in die Vorschriften einbezogen werden, so ist hierüber eine Vereinbarung zu treffen. Der Besteller liefert die erforderlichen technischen Angaben für diese Beistellungen.

(36) Für alle Werkstoffe sind Schweißanweisungen und, soweit eine Wärmebehandlung erforderlich ist, Wärmebehandlungsanweisungen zu erstellen und dem Besteller im Vorfeld zur Verfügung zu stellen.

(37) Inspektions- und Testpläne erstellt der Rohrleitungslieferer für alle Rohrleitungsteile. Diese sind mit dem Besteller abzustimmen.

(38) Planungs- und Montagefortschrittsberichte sind für zu vereinbarende Zeitabschnitte und Rohrleitungssysteme vom Rohrleitungslieferer zu erstellen.

(39) Unter Berücksichtigung der vom Besteller vorgegebenen Ecktermine sind Fertigungs- und Montageterminpläne, die den Planungs- und Bestellverlauf einschließlich Zwischenabnahmen bis zur Endabnahme beinhalten, zu erstellen. Es muss nicht für jedes System ein separater Terminplan erstellt werden. Terminpläne sind auf aktuellem Stand zu halten. Auf entstehende Terminschwierigkeiten ist der Besteller umgehend hinzuweisen.

5.3.2 Berechnung (siehe auch Tabelle 2 (Kapitel 16))

Bei der Erstellung von Berechnungen ist wie folgt zu verfahren:

- (1) Bei Rohrleitungen, die der DGRL unterliegen, sind die richtlinienkonformen Produktnormen anzuwenden. Sofern im Regelwerk oder in den Berechnungsvorschriften einzusetzende Sicherheitsfaktoren oder sonstige Randbedingungen nicht exakt festgelegt sind, ist mit dem Besteller und gegebenenfalls mit der notifizierten Stelle rechtzeitig eine Einigung herbeizuführen. Rohrleitungen, die nicht der DGRL unterliegen, sind nach guter Ingenieurpraxis auf Basis der gültigen Ausführungsnormen und Vorschriften zu berechnen.

Für die wärme- und strömungstechnische Untersuchungen wird auf das „VDI-Handbuch Energietechnik“ verwiesen.

- (2) Die zum Leistungsumfang des Lieferers gehörenden Berechnungen sind zu vereinbaren. Einen Umfang der möglichen Berechnungen zeigt Tabelle 2 (Kapitel 16). Die im Einzelfall zu erbringenden Leistungen sind anlagenspezifisch unter Berücksichtigung nachstehender Kriterien wie z.B.:

- Größe der Anlage;
- Anforderungen an die Sicherheit;
- Anforderungen an die Verfügbarkeit;
- Grundlast- oder Spitzenlastanlage;
- Art der Werkstoffe;

festzulegen und in Tabelle 2 (Kapitel 16) zu dokumentieren. Für die vereinbarten Leistungen gelten die nachstehenden Erläuterungen bzw. Festlegungen.

- (3) In der Regel sind alle Leitungen $> DN 80$ einer Rohrsystemanalyse zu unterziehen. Für Leitungen $\leq DN 80$ und einer Temperatur $\leq 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ist eine Rohrsystemanalyse mit dem Besteller abzustimmen.

Für die Rohrsystemberechnung gibt der Besteller dem Lieferer rechtzeitig bekannt:

- Betriebs- und Auslegungsdaten, sowie andere erforderliche Daten, wie z.B. die zu erwartende Anzahl der Lastwechsel zur Berechnung der Lebensdauer;
- Systemrelevante Lastfälle wie Eigengewicht, behinderte Wärmedehnung, Relativverschiebungen, Druckstoß, etc. für die jeweiligen Betriebsfälle. Angaben zu Lastfallüberlagerungen und gekoppelten Berechnungen;
- Sonderlastfälle wie z.B. Umleitbetrieb, Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen, HD-Vorwärmerumführung, Speisepumpenbetriebsfälle, entleerte Rohrleitungen bei wasserführenden Systemen;
- Anschlussbedingungen der bauseitig beizustellenden Komponenten (zulässige Kräfte und Momente). Die Steifigkeit von Komponenten im

Anschlussbereich ist zu berücksichtigen, z.B. Kesselsammler, siehe hierzu Anlage Federmatrix: Federsteifigkeit von Sammler-/ Nippelsystemen (Kapitel 14).

Die Berechnungsvoraussetzungen im Hinblick auf die Komponenten- und Systembelange sind mit dem Besteller abzustimmen (siehe Schnittstellenbearbeitung, siehe Kapitel 5.3.1 (2)).

Zur Durchführung der Rohrsystemberechnung sind bewährte, verifizierte EDV-Programme anzuwenden. Die verwendeten Programme sind mit dem Besteller abzustimmen.

Alle vereinbarten Berechnungen sind so rechtzeitig durchzuführen, dass die aus den Berechnungsergebnissen eventuell resultierenden Änderungen sowohl der zu liefernden Systeme als auch der damit in Verbindung stehenden Komponenten noch möglich sind.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in kurzen Berichten zusammenzufassen, übersichtlich darzustellen und zu erläutern, wobei die Anschlussbelastungen und Bewegungen an Komponenten und Halterungspunkten separat aufzulisten sind.

Die Berechnungsergebnisse der einzelnen Lastfälle sind separat auszuweisen. Für die relevanten Lastkollektive sind die entsprechenden Lastfälle zu überlagern. Auch diese kombinierten Lastfälle sind in ihren Ergebnissen darzustellen. Außerdem sind auf Verlangen des Bestellers die Spannungen an zeitstandbeanspruchten Schweißnähten nachzuweisen.

Die dem Besteller zu übergebenden Berechnungen müssen dem Ausführungsstand – entsprechend der Ist-Statik – entsprechen. Alle Berechnungen sind dem Besteller zusätzlich digital zur Verfügung zu stellen.

- (4) Festigkeitsberechnungen sind für Rohre, Bögen, Formstücke und sonstige Einbauteile zu erstellen. Wenn von den Berechnungsregeln abgewichen und andere anerkannte Regeln der Technik, andere Berechnungsverfahren, oder die Ergebnisse von Dehnungsmessungen oder Berstversuchen zur Anwendung kommen sollen, ist vorher das Einverständnis des Bestellers und ggf. der zugelassenen Überwachungsstelle / notifizierte Stelle einzuholen.

Hinweis: Anhang I DGR 2014/68/EU Abschnitt 2.2.2. limitiert die Zulässigkeit der experimentellen Auslegungsmethode (ohne ergänzende Berechnungen) auf:

„das Produkt aus dem maximal zulässigen Druck (PS) und dem Volumen (V) kleiner als 6.000 bar L oder das Produkt PS DN kleiner als 3.000 bar“.

- (5) Für repräsentative, lokale Lasteinleitstellen sind zusätzliche Spannungsnachweise gemäß DIN EN 13480 Teil 3 oder WRC 107/198, bzw. über FEM-Berechnungen zu führen. Mit dem Besteller und ggf. der zugelassenen Überwachungsstelle ist die entsprechende Berechnungsmethode abzustimmen.

- (6) Druckverlustberechnungen für die in Tabelle 2 (Kapitel 16) angekreuzten Rohrleitungen sind für die Rohrstränge durchzuführen, deren Druckverluste für die Auslegung von Komponenten oder für bestimmte Betriebsvorgänge von Bedeutung sind. Weitergehende Berechnungen sind zu vereinbaren.
- (7) Wärme- und Temperaturverlustberechnungen sind vom Lieferer durchzuführen. Die Anwärm- bzw. Warmhaltemengen mit dem zeitlichen Verlauf sind zu ermitteln. Hiermit sind die Warmhalte- bzw. Anwärmleitungen zu dimensionieren.
- Vom Lieferer sind verbindliche Angaben über die zulässigen Wärmeverluste zur Auslegung der Wärmedämmung der Warmhalte- bzw. Anwärmleitungen zu machen.
- Abweichungen hiervon sind zu vereinbaren.
- (8) Die Optimierung der Wärmedämmung dient zur Festlegung der auszuführenden Dämmdicken, unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Randbedingung. Sie gehört nicht zum Leistungsumfang des Lieferers, kann jedoch als Bestandteil des Leistungsumfanges vereinbart werden.
- (9) Die Berechnungen zulässiger Temperaturdifferenzen, der Temperaturänderungsgeschwindigkeiten und der zu erwartenden Gesamtermüdung, bzw. des hiermit verbundenen Lebensdauer verbrauchs sind für die Bauteile mit den größten Wanddicken der FD- und HZÜ-Leitungen durchzuführen. Die Bauteilabmessungen der Ist-Statik sind für die Berechnung maßgebend.
- Es sind alle geforderten An- und Abfahrprozeduren für den Kaltstart, sowie das erneute Anfahren der Rohrleitungen nach 8-, 16-, 24- und 48-stündigem Kesselstillstand zu berechnen. Soweit spezifiziert, sind auch betriebliche Lastwechsel zu berücksichtigen.
- Grundlage für die Berechnungen sind die Messwerte der Wandtemperaturdifferenz-Messstellen der jeweiligen Bauteile. Andere Berechnungsmethoden bzw. Messwernerfassungen sind zu vereinbaren.
- (10) Für die Dampf-, Speisewasser- und Gasleitungen mit schnell schließenden Regel- oder Absperrarmaturen ist ggf. eine Druckstoßberechnung erforderlich. Dies gilt insbesondere für die Lastfälle Turbinenschnellschluss für die FD- und HZÜ-Leitungen sowie Pumpenumschaltung bei Speisewasserleitungen.
- Es wird empfohlen, für den Lastfall Turbinenschnellschluss eine völdynamische Druckstoßberechnung zu vereinbaren.
- Für Hauptkühlwasserleitungen oder ähnliche Wasserleitungen mit großem Volumenstrom ist allgemein eine Druckstoßberechnung erforderlich.
- Sie kann darüber hinaus, z.B. für Wasserleitungsstränge erforderlich sein, bei denen mehrere Pumpen zu- oder abgeschaltet werden. Dies ist entsprechend zu vereinbaren.
- (11) Die Rohrsystemanalyse dient der Untersuchung des gesamten Systems in Bezug auf Wirkungen

- aus der Wärmedehnung;
- aus statischen Lasten wie Eigengewicht;
- dauernd oder gelegentlich auftretenden Lasten.

Zweck dieser Analyse ist die Ermittlung der aus dem Rohrsystem entstehenden Kräfte und Momente an den anschließenden Komponenten sowie eine Ermittlung der Lastabtragung der Rohrleitung an Bühnen und Baukonstruktion.

Für die Lasten, Anzahl der Lastfälle und für die Systemanalyse gilt die DIN EN 13480, Teil 3.

Andere Lastfälle oder Berechnungsmethoden sind zu vereinbaren.

Für die Hauptkühlwasserleitung sind insbesondere die Kondensator- und Pumpenanschlüsse, die gebäudeinternen Festpunkte sowie bei Erdverlegung die kritischen Erdfestpunkte (Problem: Reibungsgrenzlänge) zu analysieren.

- (12) Die Gewichtsermittlung dient der Bestimmung der Lastabtragung der Rohrleitungen an Bühnen und Baukonstruktionen sowie der Dimensionierung der Rohrhalterungen. Soweit eine Rohrsystemanalyse durchgeführt wird, sind die Lastabtragungen aus dem „Gewichtslastfall“ zu entnehmen. Die Gewichtslastberechnung ist für die vorkommenden Verhältnisse, wie z.B. gefüllte, teilgefüllte oder entleerte Leitungen, durchzuführen. Die Wärmedämmung, Umhüllung, Innenauskleidung und Rohreinbauten sind zu berücksichtigen.

Für erdverlegte Leitungen ist im Allgemeinen keine Gewichtsermittlung erforderlich. Sie kann jedoch bei schlechten Bodenverhältnissen, die besondere Maßnahmen erfordern, wie Sicherung gegen Auftrieb oder Maßnahmen bei Schlickböden, notwendig werden.

In diesen Fällen muss eine Gewichtsermittlung vereinbart werden.

- (13) Die Auswirkung von Beiz-, Ausblase- und Spülvorgängen auf das Festigkeits- und Elastizitätsverhalten der Rohrleitungen ist zu untersuchen.
- (14) Eine Ist-Statik ist insbesondere für die Frischdampf-, heiße und kalte Zwischenüberhitzer- und Speisewasserdruckleitung durchzuführen.

Die Ist-Statik dient zur Ermittlung der Bauteilbeanspruchungen unter Berücksichtigung der

- tatsächlich ausgeführten Bauteil-Abmessungen;
- der vorhandenen Leitungsgeometrie;
- der ausgeführten Lastabtragungen und Bauteilanschlüssen.

Sie ist ferner für die Lebensdauerüberwachung zeitstandbeanspruchter Bauteile notwendig.

- (15) Spannungsnachweise für Rohrhalterungen und Stützkonstruktionen sind zu vereinbaren.

Die ausreichende Bemessung unterliegt ansonsten der Verantwortung des Lieferers. Er verpflichtet sich zu einer für den Besteller und den Lieferer wirtschaftlichen Ausführung. Für standardisierte bzw. baumustergeprüfte Halterungsteile, die innerhalb der zulässigen Beanspruchungsgrenzen eingesetzt werden, kann ein rechnerischer Nachweis entfallen (siehe VGB-Richtlinie VGB-R 510).

- (16) Es empfiehlt sich, insbesondere für kriechbeanspruchte Systeme die Einflüsse aus Reibung und Schrägzug in jeweils besonderen Lastfällen zu berücksichtigen. Für Gleitflächen Stahl/Stahl ist der Reibbeiwert $\mu = 0,3$ anzuwenden. Die Hysterese von Konstanthängern kann mit 5 % von der jeweiligen Vertikalkraft angenommen werden. Für Federhänger ergibt sich eine Hysterese von maximal 3 %. Beanspruchungen aus Reibung werden den Primärlasten zugeordnet. Einflüsse aus Schrägzug sollten unter Berücksichtigung des Stangenwinkels in die Berechnung zeitstandbeanspruchter Systeme einfließen. Spannungen aus diesem Lastfall werden den Sekundärspannungen zugerechnet.
- (17) Bei Berechnungsdrücken > 10 bar und Rohrleitungsdurchmessern ≥ 400 mm, sowie bei Rohrleitungsdurchmessern ≥ 600 mm unabhängig vom Druck, ist für die Kompensatorverspannung und für die Einleitung der Kräfte in die Rohrwand, bzw. in die Flansche, ein rechnerischer Nachweis zu führen.

Für die Einleitung der Kräfte in die Rohrwand ist für statisch notwendige Sattelbleche oder Ringverstärkungen ebenso ein rechnerischer Nachweis zu führen.

5.3.3 Zustandsüberwachung von Rohrleitungen der Systemgruppe 1

In dem **VGB-Standard VGB-S-506** „Zustandsüberwachung und Prüfung der Komponenten von Dampfkesselanlagen, Druckbehälteranlagen und Wasser oder Dampf führenden Rohrleitungen in Wärmekraftwerken“ werden Möglichkeiten und Verfahren der Zustandsüberwachung und der Prüfgestaltung an Komponenten der Dampfkesselanlagen und der Hochdruckleitungen der Systemgruppe 1 beschrieben.

In dem **VGB-Standard VGB-S-509** „Inhalte wiederkehrender Prüfungen an Rohrleitungen und deren Komponenten in Wärmekraftwerken“ sind konkrete Maßnahmen der wiederkehrenden Prüfung an Rohrleitungen beschrieben.

Die Anforderungen der beiden vorgenannten VGB-Standards sollten bei der Bestellung berücksichtigt werden.

5.3.3.1 Lebensdauerüberwachungssystem (LDÜ)

- (1) Ein Lebensdauerüberwachungssystem (LDÜ) ist ein wichtiger Baustein im Rahmen der Zustandsüberwachung für die HD-Rohrleitungssysteme und ggf. weiterer Komponenten im Dampferzeuger- und Turbinenbereich zur Bestimmung der Zeitstand- und Dehnwechsellerschöpfung.

- (2) Das LDÜ hat den Anforderungen der Festlegungen des gewählten Regelwerkes zu entsprechen. Bei neu in Betrieb gehenden Anlagen sollte die DIN EN 12952-4 die Grundlage der Lebensdauerüberwachung sein.
- (3) Es wird empfohlen die ZÜS bereits im Planungsstadium des LDÜ hinzuzuziehen.
- (4) Die Lieferung und Installation eines LDÜ ist zu vereinbaren.

Für die Auswertung sind die Hardware-Installationen vom Lieferer durchzuführen oder von ihm zu spezifizieren, so dass die Hardware vom Besteller beige- stellt werden kann.

Die erforderliche Software zur Auswertung und Berechnung ist vom Lieferer zu erstellen und zu installieren. Schnittstellen zu den betrieblichen Einrichtungen sind vom Lieferer zu spezifizieren und mit dem Besteller abzustimmen.

- (5) Das LDÜ soll die Erschöpfungsverläufe über der Betriebszeit sowie für einzelne Betriebsvorgänge, wie An- und Abfahren, grafisch darstellen können, um eine Optimierung der Betriebsweise hinsichtlich des Lebensdauerverbrauchs zu ermöglichen.
- (6) Die Software des LDÜ soll eine einfache Bedienoberfläche für Bauteildatenänderungen, Messwertdarstellungen, Erschöpfungsdarstellung, Eingabe von Vorschöpfungen etc. zur Verfügung stellen. Weitergehende Analysen der Messwerte müssen möglich sein, z.B. Zoomen, um die Messwerte im Detail analysieren zu können oder Messwertkombinationen zu erstellen (z.B. Differenztemperatur zur Medientemperatur).

Der Lieferer hat ein umfassendes Benutzerhandbuch zu übergeben, welches dem Betriebspersonal die Nutzung sämtlicher Funktionalitäten erlaubt. Der Lieferer hat einen Service zur Wartung und Nachrüstung der Software vorzuhalten.

- (7) Das LDÜ greift nicht direkt in betriebliche Vorgänge ein.

5.3.3.2 Vorgaben zur Bauteil- und Messwernerfassung

- (1) Die vom LDÜ verwendeten Messwerte sind hinsichtlich der erreichbaren Messgüte und Messgenauigkeit (z.B. DIN EN 12952-4) zu prüfen. Die relevanten Berechnungsgrößen sind aus Hilfsmessgrößen, wie z.B. der Medientemperatur bzw. Außenwandtemperatur (Berechnung der Wanddifferenztemperatur) abzuleiten und die Berechnungsalgorithmen anhand von Vergleichsmessungen an Referenzbauteilen (Konstruktion und Betriebsweise) zu prüfen.
- (2) Der Lieferer hat für die zu überwachenden Anlagenteile eine Bauteilauswahl anhand der Betriebs- und Einsatzparameter, wie Druck, Temperatur, Temperaturgradient, Startzahl, mögliche Thermoschockbeanspruchung, tatsächliche Bauteilgeometrie etc. zu treffen und mit dem Besteller und der ZÜS abzustimmen. Der Überwachungsumfang soll die Bauteile berücksichtigen, die während der vorgesehenen Betriebszeit der Anlage möglicherweise erschöpfungsbedingt auszutauschen sind.

(3) Für die zur Lebensdauerüberwachung erforderlichen Druck-, Temperatur- und Differenztemperaturmessstellen erarbeitet der Lieferer Ausführungsvorschläge (siehe z.B. VGB-R 123 I.1 (C1.1 – C1.9)), die eine hohe Messgüte bei geringen Messfehlern gewährleisten. Vorhandene betriebliche Messstellen sind möglichst zu verwenden. Zusätzlicher Instrumentierungsaufwand ist zu minimieren. Erforderliche Korrekturfaktoren sind vom Lieferer zu bestimmen und dem Besteller mitzuteilen.

(4) Für die Erschöpfungsberechnung sind die tatsächlichen Bauteilabmessungen für Durchmesser, Wanddicke, Unrundheit etc. zu messen und zu dokumentieren.

Die gemessenen Geometriedaten, die erforderlichen Werkstoffkennwerte und die verwendeten Temperaturzuschläge sind im LDÜ als bauteilbezogene Daten zu hinterlegen.

(5) Die Abtastzeit für die Messwerterfassung und -auswertung ist auf die Notwendigkeit der Lebensdauerüberwachung so abzustimmen, dass auch kurzfristig auftretende Messschwankungen berücksichtigt werden. Die Aufzeichnungen der Messdaten für die Zeitstandberechnung und die Dehnungswechselberechnung in bauteilbezogene Klassenmatrizen (Druck, Temperatur und Betriebszeit für Zeitstandberechnung und Temperatur, Spannungsschwingbreite und Lastwechselanzahl für Dehnungswechselbeanspruchung) für eine ggf. parallele Archivierung ist zu vereinbaren.

(6) Messausfallzeiten müssen vom LDÜ oder der vorgeschalteten Messwerterfassung erkannt und behandelt werden, z.B. Ersatzwerte bei Temperaturdifferenzen oder Mittelwerte der letzten Zeit. Eine Plausibilitätsprüfung der Messwerte mit Messwertumschaltung auf andere Messstellen bei unplausiblen Messwerten ist vorzusehen. Die Kriterien für die Erkennung von Messausfallzeiten und für die Plausibilitätsprüfung sind zwischen Lieferer und Besteller zu vereinbaren. Messausfallzeiten sind vom LDÜ aufzuzeichnen.

5.3.3.3 Ergänzende Zustandsüberwachung von Rohrhalterungen

(1) Die Ausführung des LDÜ mit einer zusätzlichen Zustandsüberwachung der Halterungen von Rohrleitungssystemen mittels Kraft- und Bewegungsmessungen – alternativ mit Dehnungsmessstreifen nach Kapitel 6.3.10 – ist zu vereinbaren. Die Instrumentierungen und die Diagnosefunktionen sind abzustimmen.

(2) Diese Zustandsüberwachung soll – über den Vergleich mit vorberechneten Soll-Betriebszuständen der Leitungssysteme – Abweichungen diagnostizieren. Hierzu sind Toleranzfelder für die Kraft- und Bewegungsmesswerte zu definieren und bei Überschreitung der Toleranzgrenzen eine Meldung auszugeben.

Unzulässige Betriebszustände sind zu beseitigen oder durch Umrüstungen an den Rohrleitungssystemen in tolerierbare Grenzen zu bringen.

Die Messwerte sind für eine ggf. nachfolgende Auswertung aufzuzeichnen.

5.3.3.4 Druckprüfungen

Um die gesetzlich vorgeschriebenen wiederkehrenden Druckprüfungen durchführen zu können, sollte man bei der Planung an systemtrennende Bauteile (z.B. Druckprobenverschlüsse, Absperrarmaturen, Steckscheiben) an den Schnittstellen der Systeme vorsehen.

5.3.4 Entwurfsprüfung- und Genehmigungsunterlagen (Tabelle 2 (Kapitel 16))

- (1) Für Rohrleitungen im Geltungsbereich der DGRL, des BImSchG und des WHG (z.B. AwSV) erstellt der Lieferer die entsprechenden Unterlagen. Bei der DGRL sind entsprechend den Forderungen des vereinbarten Regelwerkes bzw. der festgelegten Produktnormen die für die Entwurfsprüfung notwendigen Unterlagen durch den Lieferer zu erstellen.

Der Besteller kann für Rohrleitungen der Kat. I bis III eine Ausführung nach EU-Einzelabnahme Modul G vereinbaren. Für Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 3 und Rohrleitungen außerhalb des Geltungsbereichs der DGRL kann eine Überprüfung in Anlehnung an Modul G vereinbart werden. Der Besteller legt hierbei Art, Umfang, Form und Zeitpunkt der Übergabe der durch den Lieferer zu erbringenden Unterlagen fest.

- (2) Die druckhaltenden Ausrüstungsteile der Rohrleitung, die der DGRL unterliegen, sind hinsichtlich der Entwurfsprüfung entsprechend Abschnitt (1) zu behandeln.
- (3) Für Rohrleitungen und Rohrleitungssysteme erstellt der Lieferer eine schriftliche Risikoanalyse und -bewertung. Die Überprüfung der Risikoanalyse und -bewertung durch die notifizierte Stelle ist gesondert zu vereinbaren. Die notifizierte Stelle ist von der Vereinbarung in Kenntnis zu setzen.

Dem Besteller dient die Risikoanalyse und -bewertung als Grundlage für die von ihm zu erstellende Gefährdungsbeurteilung.

5.3.5 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung umfasst alle Leistungen, die zur Sicherung der vom Besteller geforderten technischen Eigenschaften, Merkmale und zur Einhaltung der in den vereinbarten Regelwerken und Normen gestellten Forderungen notwendig sind.

Die Qualitätssicherung beinhaltet unter anderem:

- Einhaltung der Konstruktions- und Berechnungsvorgaben;
- Einhaltung der erforderlichen Voraussetzungen bei Werkstatt- und Montagearbeiten;
- Validierung und Verifizierung der Wärmebehandlungs-, Maß- und Prüfeinrichtungen;

- Materialprüfungen;
- Qualitätsprüfungen im Rahmen der Bau- und Montageüberwachung;
- vorgezogene Teilbauprüfungen;
- Bauprüfungen;
- Abnahmeprüfungen;
- Druckprüfungen;
- rechtzeitige Einladung der Prüfer und Überwacher;
- soweit gefordert, die Ermittlung der Ist-Maße für die Lebensdauerüberwachung und für die Ist-Statik;
- Aufnahme kennzeichnender Daten von Rohrhalterungen (siehe VGB-R 510).

Die Prüfarbeiten sind von qualifizierten Stellen durchzuführen. Die Anforderungen an das Prüfpersonal sind in Kapitel 10 detailliert beschrieben.

Wenn eine Bau- und Montageüberwachung durch den Besteller beauftragt ist, gehören zum Lieferungs- und Leistungsumfang des Lieferers ebenfalls die sich aus dem Bau- und Montageplan hierfür ergebenden Nebenleistungen, z.B. Gestellung der Prüfgeräte, Vorbereitung der Prüfstellen, soweit sie nicht ausdrücklich durch den vom Besteller beauftragten BÜ ausgeführt werden.

Der Lieferer und dessen Unterauftragnehmer haben ein zertifiziertes QM-System nach EN ISO 9001 anzuwenden und müssen über einen Nachweis der Überprüfung nach EN ISO 3834-3 oder höherwertig durch eine unabhängige Stelle verfügen.

Die vom Besteller oder dessen Beauftragten durchzuführende Bau- und Montageüberwachung ist im Wesentlichen eine komponentenbezogene, am Objekt ausgeführte, Qualitätsüberwachung, die die anlagenspezifischen Besonderheiten abdeckt.

Zur Überwachung und Steuerung der Qualitätssicherungsmaßnahmen sind durch den Lieferer vor Fertigungs- bzw. Montagestart komponentenbezogene Inspektions- und Testpläne (ITP) zu erstellen. Der Lieferer erstellt die ITP auf Grundlage der DGRL, der zugrunde gelegten harmonisierten Normen und der Zusatzanforderungen des Bestellers, wie z.B. aus diesem Standard oder Betreiberspezifikationen. Der Lieferer, der Besteller und die notifizierte Stelle tragen in den ITP ihre Melde-, Halte- und Teilnahmepunkte ein. Der Besteller hat die ITP freizugeben.

Die im ITP vereinbarten Dokumente und Prüfprotokolle sind Bestandteil der QS-Dokumentation für Fertigung und Montage. Bauteile aus der Fertigung dürfen nur dann vom Lieferer versendet werden, wenn die im ITP vereinbarten Prüfungen durchgeführt und dokumentiert wurden.

Mit der Bau- und Montageüberwachung kann der Besteller jeden ihm geeignet erscheinenden BÜ beauftragen. Der BÜ nimmt an den im ITP vereinbarten Prüfungen teil und informiert den Besteller und, falls vereinbart, auch den Lieferer über dabei möglicherweise festgestellte Abweichungen. Er hat keine abnehmende Funktion.

Die Prüfungen sind vom Lieferer so zu wählen und zeitlich festzulegen, dass durch die Teilnahme des Bestellers/BÜ der Fertigungsablauf nicht gestört wird.

Zu den im ITP vereinbarten Prüfungen beim Lieferer sollte der Lieferer den Besteller rechtzeitig, und zwar bei Fertigung im Inland 5 Werkstage bzw. bei Fertigung im Ausland spätestens 10 Werkstage vorher, einladen. Dem Besteller/BÜ ist im Rahmen seines Auftrages nach Voranmeldung uneingeschränkt Zutritt zu den Werkstätten und Prüfeinrichtungen des Lieferers zu ermöglichen. Der vertragsführende Lieferer hat an den vereinbarten Prüfungen teilzunehmen.

Dem Besteller/BÜ wird vom Lieferer eine Fotografie-Erlaubnis für die vom Besteller bestellten Bauteile und Komponenten ermöglicht.

Der Lieferer hat regelmäßige QS-Gespräche mit dem Besteller und seiner BÜ und für Komponenten der DGRL zusätzlich gemeinsam mit der notifizierten Stelle durchzuführen. Diese QS-Gespräche finden mindestens alle 4 Wochen, beginnend mit dem Fertigungsstart, statt.

Mit ausreichendem Vorlauf hat der Lieferer den Besteller vor jeglicher Fertigungs- und Montageaufnahme zu Fertigungsstartgesprächen unter Teilnahme seiner notifizierten Stelle einzuladen.

5.3.6 Fracht, Verpackung, Transport

Soweit vertraglich nichts anderes vereinbart wurde, gelten nachstehende Festlegungen:

- (1) Fracht, Verpackung und das Entladen sowohl der zu liefernden und zu montierenden Anlagenteile als auch der auf der Baustelle benötigten Montageeinrichtungen, Werkzeuge, Hilfsmittel, Baubuden, Werkstatt und Lagerhallen sind Leistungen des Rohrleitungslieferanten.

Alle im Zusammenhang mit der Fertigung, Lieferung, Montage, Einrichtung und Räumung der Baustelle erforderlichen Transporte und Zwischentransporte sowie eventuelle Lagerung bzw. Zwischenlagerung im Werk und auch auf der Baustelle gehören ebenfalls zu den Leistungen des Rohrleitungslieferanten. Der Transport und die Lagerung haben sachgemäß mit der für die jeweiligen Bauteile notwendigen Sorgfalt zu erfolgen. Die Transport- und Montageleistungen schließen die Gestellung der Transport- und Hebegeräte ein.

- (2) Bei längeren Zwischenlagerungen sind geeignete Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Rohre und Rohrleitungsteile sind mit Kappen oder Stopfen zu verschließen.

- (3) Verpackungsmaterialien sind vom Lieferer zu entsorgen.
- (4) Die Lieferungen sind an den Teilen selbst eindeutig mit Empfänger, Verwendungszweck, Kennzeichnung und ggf. weiteren Hinweisen zu versehen, damit Verwechslungen am Verwendungsort ausgeschlossen sind.
- (5) Falls vom Besteller Bauteile beigestellt werden (z.B. Armaturen), die durch den Lieferer der Rohrleitungsanlage montiert werden, sind zwischen Besteller und Lieferer Vereinbarungen zum Leistungsumfang wie Lagerung, Transport, Montage und zur zeitlichen Abwicklung zu treffen.

5.3.7 Montage

Die Montage der Rohrleitungsanlage umfasst alle zur betriebsfähigen Erstellung der Rohrleitungsanlage notwendigen Leistungen. Sofern keine anderen vertraglichen Vereinbarungen getroffen wurden, gehören hierzu auch folgende Leistungen:

- (1) Gestellen aller erforderlichen Führungs-, Fach- und Hilfskräfte, gegebenenfalls der Aufsichtspersonen für die Qualitätssicherung.
Montagepersonal für Flanschverbindungen müssen nach DIN EN 1591-4 (oder vergleichbar) qualifiziert sein.
- (2) Gestellen der kompletten Baustelleneinrichtung wie Container für Personal, Werkstatt, Lager und Sanitäreinrichtungen.
- (3) Gestellen der notwendigen Werk-, Greif-, Rüst- und Hebezeuge.
- (4) Gestellen der erforderlichen Gerüste, Arbeitsbühnen und Schutzgerüste.
- (5) Vorhalten von Schweiß-, Glüh- und Dreheinrichtungen, Schweißzelten oder gegebenenfalls Wärmestaukammern.
- (6) Gestellen der notwendigen Mess- und Prüfeinrichtungen sowohl für die Eigenüberwachung des Lieferers und, soweit vereinbart, für die Überwachung durch den Besteller als auch für die Abnahme durch die notifizierte Stelle und die vom Besteller in Auftrag gegebene Bau- und Montageüberwachung.
- (7) Reinigen und Sauberhalten der Baustelle während des Montagezeitraums sowie Abräumen und Reinigen der Baustelle bei Montageende, inklusive der nicht zugänglichen Bereiche.
- (8) Verlegen von Versorgungskabeln für elektrischen Strom, gegebenenfalls Verlegen von Ver- und Entsorgungsleitungen für Wasser, Abwasser und Druckluft vom Baustellenverteiler bzw. vom bauseitig zur Verfügung gestellten Abschluss bis zur Verwendungsstelle bzw. Einleitungsstelle.
- (9) Sämtliche erforderliche Vermessungs- und Nivellierarbeiten gehören zum Leistungsumfang des Lieferers. Maßabweichungen aufgrund von Bautoleranzen müssen vom Lieferer berücksichtigt werden. Der Besteller stellt dem Lieferer einen oder mehrere Bezugspunkte zur Verfügung.

- (10) Durchführung der im Rahmen der Auftragsabwicklung erforderlichen Prüfungen und Abnahmen.
- (11) Für die Ist-Statik sind die Bauteile dieses Systems zu wiegen und auszumessen.
- (12) Reinigen der Rohrleitungsteile und anderer, vom Lieferer zu montierende Bauteile vor dem Zusammenbau.
- (13) Montage, Demontage und gegebenenfalls Abtransport von Heiz-, Spül- und Ausblaseprovisorien, soweit dieses in der Bestellung vereinbart wurde, sowie die Herstellung des betriebsbereiten Zustandes.
- (14) Setzen der spezifizierten Dübel und Montage der Dübelplatten, einschließlich des Bohrens der Dübellöcher. Anzeichnen der Lage der Dübelbohrungen, wenn diese bauseitig erstellt werden.
- (15) Blockieren und Deblockieren von Halterungen für Inbetriebnahmevorgänge und darüber hinaus für Heiz-, Spül-, Ausblasevorgänge und Druckproben.
Die Blockierungseinrichtungen sind nach Angabe des Bestellers zu lagern und zu kennzeichnen.
- (16) Aufnehmen der Kalt- und Warmlage der Halterungen und deren Kennzeichnung an der Stellungsanzeige.
- (17) Soweit die Tiefbauarbeiten für erdverlegte Rohrleitungen nicht zum Lieferumfang des Lieferers gehören, kann die Überwachung der durchzuführenden Aushub-, Verdichtungs- und Verfüllarbeiten durch den Lieferer vereinbart werden.
- (18) Für die Herstellung der Montageschließnaht und das spannungsarme Einschwimmen der Rohrleitungen an die Turbine oder an andere Aggregate stellt der Lieferer der Rohrleitungsanlage die erforderlichen Provisorien.

5.3.8 Austausch von Rohrleitungssystemen

- (1) Der Lieferer überprüft vor Beginn der Planung die vom Besteller übergebenen Dokumentationsunterlagen der vorhandenen Anlage mit den ausgeführten Leitungssystemen und aktualisiert die Unterlagen entsprechend dem Ist-Zustand.
- (2) Der Lieferer koordiniert die Schnittstellenabstimmung für die neuen Leitungsabschnitte.
- (3) Auf Basis der aktualisierten Unterlagen und der Erfassung des Ist-Zustandes in der Anlage erstellt der Lieferer ein Montagekonzept, in welchem die terminlichen, räumlichen und technischen Randbedingungen und Abläufe der Maßnahme detailliert darzustellen sind. Dieses Montagekonzept ist dem Besteller zur Abstimmung mit anderen Gewerken vorzulegen und gilt erst nach seiner Freigabe durch den Besteller. Das Montagekonzept muss mindestens folgende Unterlagen enthalten:

- Terminplan mit Darstellung aller Fertigungs- und Montageaktivitäten des Lieferers sowie der terminlichen Randbedingungen für beteiligte Gewerke.
 - Der Detaillierungsgrad des Terminplanes ist zu vereinbaren;
 - Transportplan für alle demontierten und neumontierten Komponenten sowie für größere Geräte und Werkzeuge. Im Transportplan sind insbesondere die vorgesehenen Transportwege in der Anlage, die vorgesehenen Anschlagpunkte inkl. Überprüfung der Lasten sowie Veränderungen an vorhandenen Anlagenteilen darzustellen;
 - Geräteaufstellungsplan für alle vom Lieferer verwendeten größeren Geräte und Werkzeuge. Die Hauptkabeltrasse, Anschlussstellen und Anschlussleistungen sind abzustimmen;
 - Gerüstpläne zur Darstellung der für die Rohrbau- und Dämmarbeiten erforderlichen Gerüste einschließlich der Umbauarbeiten;
 - Beschreibung der technischen Abläufe für die Demontage und Montage sowie der erforderlichen Randbedingungen. Insbesondere sind hier die Maßnahmen zum Blockieren der Hänger, zum Festsetzen der Trennbereiche und zum Wiederanschießen der Komponenten sowie die Kontrollmaßnahmen anzugeben.
- (4) Die Konstant- und Federhänger sind nach dem Abkühlen der Leitungen und vor der Demontage zu blockieren. Die Blockierpositionen und Randbedingungen sind für verbleibende Hänger in Halterungslisten einzutragen.
- (5) Die verbleibenden Rohrleitungsabschnitte und Komponentenanschlüsse sind vom Lieferer abzufangen und zu fixieren, so dass ihre Lage erhalten bleibt. Die Fixierung der Leitungsabschnitte ist durch geeignete Messmarkierungen zu protokollieren.
- (6) Die vorgesehenen Trennstellen an den verbleibenden Rohrleitungsabschnitten bzw. Komponenten sind vor dem Trennen durch geeignete Prüfverfahren auf Werkstoffgängen z.B. Dopplung zu überprüfen. Die Prüfverfahren und die Bewertungskriterien sind zwischen Besteller und Lieferer zu vereinbaren.
- (7) Die Trennschnitte an den späteren Anschlüssen sind grundsätzlich spanend herzustellen, andere Verfahren sind vor Beginn der Arbeiten zwischen Besteller und Lieferer zu vereinbaren. Der Lieferer stellt durch geeignete Maßnahmen sicher, dass keine Späne und Verunreinigungen in die Rohrleitungen gelangen.
- (8) Die Wanddicken und Durchmesser (Unrundheit) an den Anschlussstellen sind vom Lieferer zu messen und zu protokollieren. Die neuen Anschlusskomponenten sind mit ausreichenden Bearbeitungszuschlägen auszuführen, so dass die Anpassung des Kantenversatzes an den Neukomponenten vorgenommen werden kann. Die Vorgaben für den maximal zulässigen Kantenversatz sind vom Lieferer einzuhalten.

- (9) An den fertig bearbeiteten Schweißfugen der Anschlussstellen ist vor Beginn der Schweißarbeiten eine Oberflächenrissprüfung durchzuführen und ggf. in Abstimmung mit dem Besteller der Gefügestand zu kontrollieren.
- (10) Der Werkstoffzustand der Anschlusskomponenten durch die Ursprungsfertigung bzw. nach (6) ist bei der Erstellung von Schweiß- und Wärmebehandlungsplänen zu berücksichtigen (z.B. Vorwärm- und Anlasstemperatur).
- (11) Besteller und Lieferer stimmen sich bei neuen Rohrleitungspools bzgl. der Passlängen ab, so dass auch die befundabhängige Verschiebung der Austauschgrenze realisiert werden kann.
- (12) Erforderliche Umbauarbeiten an den vorhandenen Anlagenteilen bzw. die Anbringung von Provisorien sind vom Lieferer zu planen und auszuführen.
Die vorgesehenen Maßnahmen sind dem Besteller zur Genehmigung einzureichen. Der Lieferer stellt nach Durchführung der Montagearbeiten den Ursprungszustand an den betroffenen Anlagenteilen wieder her.
- (13) Der Lieferer bringt die Dokumentationsunterlagen auf den neuesten Stand und übergibt diese dem Besteller.

5.3.9 Bau-, Druck-, Dichtheits- und Abnahmeprüfungen

- (1) Sofern für die fertiggestellten Rohrleitungssysteme durch Vorschriften oder vertragliche Vereinbarungen Druckprüfungen, Dichtheitsprüfungen oder Abnahmeprüfungen erforderlich sind, veranlasst diese der Lieferer und stellt das hierzu notwendige Fachpersonal. Er lädt den Besteller, die notifizierte Stelle und gegebenenfalls den BÜ hierzu ein.
- (2) Die für die Druck- und Dichtheitsprüfungen notwendigen Hilfseinrichtungen und Ausrüstungsteile (z.B. Füll-, Entlüftungs- und Entleerungsleitungen, temporäre Druckprobenverschlüsse, Druckerzeuger, Mess- und Schreibeinrichtungen) werden vom Lieferer beigestellt.
- (3) Die für die Druck- und Dichtheitsprüfungen erforderlichen Prüfmedien werden in der Regel ab einem zu vereinbarenden Übergabeort vom Besteller gestellt.
- (4) Der Lieferer erstellt über die durchgeführten Prüfungen eine Prüfbescheinigung und Eintragung der Prüfdaten. Die Prüfergebnisse werden gemäß des Bau- und Montageüberwachungsplanes protokolliert.
- (5) Die BG RCI Information T 039 DGUV Information 213-062 (bisher BGI 619) „Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen“ ist zu beachten.

5.3.10 Inbetriebsetzung

- (1) Die Inbetriebsetzung umfasst alle Maßnahmen, die erforderlich sind, um die montagemäßig fertig gestellte Anlage zu betreiben. Hierzu zählen insbesondere die Füllung, Entlüftung, Entleerung, Anwärmung oder gegebenenfalls Trocknung der Rohrleitung.
- (2) Die Inbetriebsetzung der Rohrleitungsanlage erfolgt in der Regel durch den Besteller. Der Lieferer hat dabei darauf zu achten, dass die Inbetriebsetzung entsprechend seinen Vorgaben erfolgt.

Soll die Inbetriebsetzung unter Leitung und Verantwortung des Lieferers geschehen, so ist dieses besonders zu vereinbaren.
- (3) Für die Inbetriebsetzung stellt der Rohrleitungslieferant das notwendige Fachpersonal zur Kontrolle des Leitungsverhaltens, der Leitungsbewegungen, der Rohrhalterungen, zur Beseitigung von Leckagen (z.B. nachziehen der Flanschverbindungen bzw. der Stopfbuchspackungen), zur schnellen Beseitigung sich eventuell einstellender Mängel und zur Sicherstellung der einwandfreien Funktion der gelieferten Rohrleitungsanlage.
- (4) Die Entkeimung von Trinkwasserleitungen führt der Rohrleitungslieferant durch und weist dem Besteller den einwandfreien Zustand gemäß dem DVGW-Regelwerk nach, sofern diese Leistungen nicht bauseitig erbracht werden.
- (5) Die erforderlichen Betriebsstoffe stellt in der Regel der Besteller. Hierfür sind entsprechende Vereinbarungen zu treffen.

5.3.11 Probetrieb

- (1) Der Probetrieb der Rohrleitungsanlage wird vom Besteller durchgeführt.
- (2) Für die Dauer des Probetriebes stellt der Lieferer das notwendige Fachpersonal im vereinbarten Umfang.

Sollen Rohrleitungssysteme vom Probetrieb ausgeschlossen werden, so ist dieses, ebenso wie die Dauer des Probetriebes, gesondert zu vereinbaren.
- (3) Art, Umfang, Durchführung, Beginn und Dauer des Probetriebes richten sich nach den vertraglichen Bedingungen.
- (4) CABF-R-025 rev 1 gibt einen Überblick über die Verantwortlichkeiten zwischen Hersteller und Betreiber.

5.3.12 Abnahmeversuche

- (1) Art, Umfang und Durchführung der Abnahmeversuche richten sich nach den vertraglichen Bedingungen.

Das Konzept zum Abnahmeversuch erstellt der Lieferer in Abstimmung mit dem Besteller.

- (2) Die Abnahmeversuche sind vom Lieferer während der Inbetriebnahme und des Probetriebes durchzuführen. Sie dienen zum Nachweis der besonderen Leistungsmerkmale.

5.3.13 Dokumentation (Tabelle 3 (Kapitel 17))

- (1) Der Lieferer erstellt eine Dokumentation, die im Rahmen der Planung, Berechnung, Prüfung und Abnahme zu erstellende Unterlagen umfasst.

Minstdokumentationsumfang siehe EN 13480-5 Tabelle 9.4-1 Schlussdokumentation.

- (2) In der QS-Dokumentation sind Prüfprotokolle als Prüfnachweise einzupflegen. Im ITP ist festgelegt, für welche Prüfungen ein Prüfprotokoll erforderlich ist. Eine alleinige Stempelung des ITP reicht als Prüfnachweis nicht aus.

- (3) Die zum Leistungsumfang des Lieferers gehörende Dokumentation ist von Fall zu Fall zu vereinbaren. Den Umfang der möglichen Dokumentation zeigt Tabelle 3 (Kapitel 17). Die im Einzelfall zu erbringenden Leistungen sind anlagen-spezifisch unter Berücksichtigung nachstehender Kriterien festzulegen und in der Tabelle 3 (Kapitel 17) zu dokumentieren:

- Größe der Anlage;
- Anforderungen an die Sicherheit;
- Anforderungen an die Verfügbarkeit;
- Grundlast- oder Spitzenlastanlage;
- Art der Werkstoffe;
- sonstige Kriterien.

Als Entscheidungshilfen können die in der Anlage 3 (Kapitel 17) beispielhaft angekreuzten Leistungen gesehen werden. Für die vereinbarten Leistungen gelten die nachstehenden Erläuterungen bzw. Festlegungen.

- (4) Die Dokumentationsunterlagen sind in übersichtlicher Form zusammenzustellen und eindeutig zu erfassen. Der Dokumentationsaufbau, die Dokumentationsformulare sowie die Ablageordnung sind mit dem Besteller vor Aufnahme der Dokumentationstätigkeit abzustimmen.
- (5) Sofern bestimmte Unterlagen wiederholt vorkommen, genügt an der entsprechenden Stelle ein Hinweis auf die Ablage dieses Papiers.

- (6) Die Anzahl der Dokumentationsausfertigungen ist mit dem Besteller zu vereinbaren.
- (7) Vom Lieferer ist baubegleitend eine Dokumentation über die Fertigung und Montage einschließlich der Abnahmeprüfzeugnisse zu erstellen. Umfang und Form dieser Dokumentation ist mit dem Besteller / BÜ abzustimmen. Zur Dokumentation der baubegleitenden Tätigkeit des Lieferers werden z.B. empfohlen:
 - Prüfberichte über zerstörungsfreie Prüfung (zfP) und zerstörende Prüfung (zP) (Anlagen 8 bis 10 (Kapitel 29 bis 31))
 - Bauprüfprotokoll (Anlage 11 (Kapitel 32))
 - Maßkontrolle (Anlagen 12 bis 20 (Kapitel 33 bis 41))
- (8) Bescheinigungen über Sauberkeits-, Druck- und Dichtheitsprüfungen sowie Berichte von Bewegungs- und Funktionsprüfungen von Rohrleitungen und Halterungen sind Bestandteil der Dokumentation.
- (9) Soweit zum Zeitpunkt der Druckfestigkeitsprüfung die entsprechenden Abnahmebescheinigungen der Bauteile nicht vorliegen, sind Interimsbescheinigungen vorzulegen.
- (10) Der BÜ überprüft die Dokumentation auf Richtigkeit und Vollständigkeit.
- (11) Der BÜ berichtet über seine Tätigkeiten in regelmäßigen Abständen bzw. berichtet den jeweiligen Erfordernissen entsprechend dem Besteller und erstellt einen Abschlussbericht. Dieser Bericht nimmt auch detailliert Bezug auf alle prüftechnischen Besonderheiten.
- (12) Die dem Besteller zu übergebenden Dokumentationsunterlagen müssen den endgültigen Ausführungszustand wiedergeben. Sie sind im Normalfall spätestens 8 Wochen nach betriebsbereiter Fertigstellung zu übergeben. Änderungs- oder Umbaumaßnahmen bis zur endgültigen Übernahme sind vom Rohrleitungslieferanten ergänzend einzufügen.

5.3.14 Aufmaß- und Abrechnungsunterlagen

Die Art der Abrechnung ist vertraglich zu vereinbaren.

6 Ausführungsbestimmungen

6.1 Zeichnungs- und Unterlagenausführung

6.1.1 Rechnergestützte Zeichnungen und Dokumentation

- (1) Für die Erstellung von Zeichnungen und Isometrien auf CAD sowie für die EDV-Erstellung von Tabellen und Datenblättern gelten die entsprechenden Ausführungsvorgaben des Bestellers.

Sofern keine eindeutigen Vorgaben existieren, ist der Lieferer verpflichtet Musterdateien mit den vorgesehenen Formdaten vorzulegen und zu beschreiben. Diese gelten erst nach Zustimmung des Bestellers.

- (2) Die Verwendung von spezieller Software zur Erstellung von Zeichnungen, Datenblättern, Tabellen und Berechnungen ist zu vereinbaren. Um einen einwandfreien Datenaustausch sicherzustellen, sind die rechentechnischen Randbedingungen und die zu verwendenden Programmversionen festzulegen. Falls Lieferer und Besteller unterschiedliche Randbedingungen vorliegen haben, sind die Übergabeformate der auszutauschenden Dateien vor Projektbeginn zu vereinbaren.
- (3) CAD-Zeichnungen und -Isometrien sind durch eine geeignete Layer-Belegung so aufzubauen, dass Symbole, Maßketten und spezielle Details einfach ausgeblendet werden können. Die Layer-Belegung ist mit dem Besteller zu vereinbaren. Spätere Überarbeitungen der CAD-Dateien durch Dritte müssen einfach möglich sein. Der Aufbau der CAD-Dateien ist ausreichend zu dokumentieren. Die verwendeten Symbolbibliotheken sind anzugeben und nach Vereinbarung zur Verfügung zu stellen.
- (4) Das Datenträgerformat wird vom Besteller festgelegt. Eine Komprimierung der Daten ist mit dem Besteller abzustimmen.

6.1.2 Formate

Alle anzufertigenden Pläne und Unterlagen sind im DIN-Format zu erstellen. Einzelschemata, R&I der Einzelsysteme, sollten in der Höhe eines DIN-A4-Formates ausgeführt werden. Abweichungen vom DIN-Format, Zeichnungsköpfe und Titel sind mit dem Besteller zu vereinbaren.

6.1.3 Maßstäbe

Rohrleitungspläne sind in der Regel im Maßstab 1:50 darzustellen. Für andere Maßstäbe sind Vereinbarungen mit dem Besteller herbeizuführen. Für Detailuntersuchungen sind größere Maßstäbe als 1:50 zu wählen. Formteile und Halterungen sind maßstäblich darzustellen.

6.1.4 Darstellungen

Die Darstellung der Rohrleitungen in den Rohrleitungsplänen hat in Grundrissen, Längs- und Querschnitten bzw. Bühnenplänen derart zu erfolgen, dass aus ihnen einwandfrei die

- Lastabtragung;
- Wand-, Decken- und Bühnendurchtritte;
- Anordnung der Rohrleitungsbauteile, Armaturen, Halterungen und Dämmung;
- Wärmedehnung und Gefälle;
- Kopffreiheit; sowie das
- Zusammenspiel mit beweglichen Einrichtungsteilen und anderen Anlagenteilen zu ersehen ist.

Kleinleitungen $\leq 60,3 \text{ mm } \ddot{a} \text{ } \emptyset$ können in Strichform dargestellt werden.

Erdverlegte Rohrleitungen $\leq \text{DN } 250$ können in Lageplänen in Strichform dargestellt werden.

6.1.5 Koordinatensystem

Ein gemeinsames Koordinatensystem d. h. ein gemeinsamer Projektkoordinatenursprung $X, Y, Z = 0, 0, 0$ in Bezug auf das Objekt ist mit dem Besteller vor Projektbeginn festzulegen. Diese Koordinatenlage hat im Koordinatenmodell sowie im CAD-Modell die gleiche Position zu haben. Diese Festlegung ist für alle Unterlagen verbindlich anzuwenden.

Eine Markierung des Projektkoordinatenursprungs ist mit geeigneter Markierungsmarke bei Bedarf in einer gesonderten Datei zu liefern.

6.2 Planungs- und Konstruktionsgrundsätze

6.2.1 Anordnungsplanung

- (1) Die spätere Wartungsmöglichkeit der Gebäude und Anlagenteile ist zu beachten. Die gute Zugänglichkeit der Rohrleitungs- und Anlagenteile ist für Montage-, Reparatur- und Prüfarbeiten sowie zur Inspektion während des Betriebes sicherzustellen.
- (2) Armaturen, Messstellen, Siebe oder ähnliche zu wartende Einbauteile sowie federnde Rohrhalterungen, sind so anzuordnen, dass sie von Bühnen erreichbar bzw. kontrollierbar sind und von Bühnen aus einstellbar sind. Ausnahmen sind mit dem Besteller abzustimmen. Siebe sind mit einem erforderlichen Ausbauräum und einfach de- und remontierbar anzuordnen.

- (3) Sämtliche Leitungen sind so zu verlegen, dass ein einwandfreies Füllen, Entleeren, Entlüften und dauerhaftes Entwässern sichergestellt sind, siehe hierzu auch Kapitel 6.2.6.
- (4) Freientwässerungen und Entleerungsleitungen sind in Trichtern zusammenzufassen. Trichter für Entwässerungen und Entlüftungen sollen mit mindestens 2 m Sicherheitsabstand neben den entsprechenden Absperrarmaturen angeordnet sein und beim Betätigen der Armatur beobachtet werden können, siehe hierzu auch Kapitel 6.2.6.
- (5) Entlastungsleitungen von Überdrucksicherungen sind in separaten Trichtern zusammenzufassen und abseits der Bedienungswege anzuordnen, siehe hierzu auch Kapitel 6.2.5.
- (6) Soweit Rohrleitungen mit Wärme- oder Schalldämmung versehen werden, muss dies bei der Rohrleitungsplanung berücksichtigt werden. Leitungen und Wärme- bzw. Schalldämmung sind so zu verlegen, dass die Dämmung durchgehend ohne Unterbrechung durch Abflachungen oder Durchdringungen für andere Leitungen oder Apparate angebracht werden kann. Der Abstand zwischen Dämmung und Gebäude oder sonstigen baulichen Einrichtungen soll bei allen Betriebszuständen 100 mm nicht unterschreiten.
- (7) Art und Anordnung von Schutzrohren für die durch Wände oder Decken hindurchführenden Rohrleitungen sind mit dem Besteller abzustimmen.

Die Rohrleitungen müssen sich bei den auftretenden Bewegungen in den Durchtritten frei bewegen können. Bei Leitungen mit Dämmungen sind die Schutzrohre entsprechend der Dicke der Dämmung und der auftretenden Bewegung größer auszuführen.

Wand- und Deckendurchbrüche bei wechselnden Brandabschnitten erfordern eine gesonderte Abstimmung mit dem Besteller.

6.2.2 Werkstoffe, Auslegung, Konstruktion

- (1) Für die Systemgruppen 1 und 2 (Kapitel 1.1) sind die Werkstoffe nach Tabelle 6-1 zu verwenden. Es dürfen andere nach EN 13480-2 zugelassene Werkstoffe für die verschiedenen Erzeugnisformen mit Zustimmung des Bestellers eingesetzt werden.

Tabelle 6-1: Werkstoffe für Systemgruppen 1 und 2

Werkstoff- bezeichnung	Werkstoff- nummer	Wärmebehandlungs- zustand entspre- chend Erzeugnis- form	Erzeugnisformen				
			Rohr nahtlos	Rohr geschweißt	Blech und Band	Schmiede- stück	Stab
Systemgruppe 1:							
P250GH	1.0460	N					X
16Mo3	1.5415	N, NT, QT	X		X	X	X
13CrMo4-5	1.7335	NT, QA, QL, QT	X		X	X	X
10CrMo9-10	1.7380	NT, QA, QL, QT	X		X		X
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	NT, QT	X		X		
X20CrMoV11-1	1.4922	NT, QT	X			X	
X10CrWMoVNb 9-2	1.4901	NT	X			X	
X10CrMoVNb9-1	1.4903	NT, QT	X		X	X	
X3CrNiMoBN17-13-3	1.4910	AT	X		X	X	
Systemgruppe 2:							
P235TR2	1.0255	N	X	X			
P265TR2	1.0259	N	X	X			
P235GH	1.0345	N	X	X	X		X
P265GH	1.0425	N	X	X	X		X
P250GH	1.0460	N					X
16Mo3	1.5415	N, NT, QT	X	X	X	X	X
X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	X	X	X	X	X
X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	X	X	X	X	X
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	X	X	X	X	X

A gegläht, AT lösungsgegläht, N normalgegläht, NT normalgegläht und angelassen, QT vergütet

Für die Systemgruppen 3, 4 und 5 sind Werkstoffe nach EN 13480-2 zu verwenden.

- (2) Weitere verbindliche Hinweise und Angaben zu den Werkstoffen, Kriterien für die Werkstoffwahl, Einsatzbedingungen, Fertigungs- und Verarbeitungsvorgaben sowie Prüf- und Qualitätsmaßnahmen sind in dem vgbe-Standard VGBE-S-109 „Werkstoffspezifikation für drucktragende Komponenten in fossil befeuerten Kraftwerken“ enthalten.
- (3) Die konstruktive Ausführung der Rohrleitungsanlage hat unter Berücksichtigung der an den Anschlusspunkten zulässigen Belastungen zu erfolgen.

Das Vorspannen der Rohrleitung ist nicht gestattet. Ausnahmen sind mit dem Besteller zu vereinbaren.

- (4) Die auftretenden Längenänderungen müssen von den Rohrleitungen aufgenommen werden können. Die erforderliche Kompensation ist durch entsprechende Rohrleitungsführung bzw. Rohrleitungsschenkelängen sicherzustellen.

Der Einsatz von Kompensatoren ist in der **Systemgruppe 1 nicht zulässig** und in den anderen Systemgruppen auf ein Minimum zu beschränken und in jedem Einzelfall zu vereinbaren.

- (5) Die Rohrleitungshalterungen sind so auszuführen, dass die Rohrleitungen sich nicht von den Unterstützungen abheben können.
- (6) Die Konstruktion und Ausführung von Sieben und Siebgehäusen erfolgt in Abstimmung mit dem Besteller, gegebenenfalls unter Hinzuziehung des Lieferers des zu schützenden Anlagenteils (z.B. Turbine, Pumpe). Die freie Siebfläche soll das Drei- bis Fünffache des freien Rohrleitungsquerschnitts betragen. Eine Differenzdrucküberwachung über das Sieb erfolgt in Abstimmung mit dem Besteller.
- (7) Nennweiten

Als Nennweiten sind vorzugsweise die äußeren Durchmesser der Reihe 1 der DIN EN 10216 (nahtlose Stahlrohre) oder DIN EN 10217 (geschweißte Stahlrohre) zu verwenden.

Für die dickwandigen Rohrstränge der HD-Leitungen und die großen Durchmesser der Hauptkühlwasserleitungen gelten andere Festlegungen. Dickwandige Rohre werden im Allgemeinen nach dem Innendurchmesser und Mindestwanddicke bestellt.

- (8) Wanddicken

Die Wanddicken sind entsprechend dem Berechnungsergebnis aus den Tabellen nach DIN EN 10216 (nahtlose Stahlrohre) bzw. bei geschweißten Rohren DIN EN 10217 (geschweißte Stahlrohre) auszuwählen.

Bei Rohrleitungen mit Flanschverbindungen wird empfohlen die Wanddicke der Rohrleitung nach der Ansatzdicke „s“ der Flansche zu wählen.

Es wird empfohlen – auch bei Kleinleitungen – eine Nennwanddicke von 3,2 mm nicht zu unterschreiten. Dies ist jedoch zwischen Besteller und Lieferer zu vereinbaren.

Bei Rohren mit großen Durchmessern sollen die Wanddicke mindestens 1 % des Durchmessers betragen.

- (9) PN-Stufen (Nenndruck)

Der Begriff Nenndruck wurde zugunsten des Begriffs PN aus der Definition herausgenommen, der Bezug auf einen Druck ist nicht vorhanden. PN 25 z.B. ist jetzt eine alphanumerische Kenngröße für Referenzzwecke. Alle Bauteile mit gleicher PN- und DN-Stufe sollen kompatible Flanschtypen haben (siehe DIN EN 1333).

PN-Stufen sind von PN 10 bis PN 400 begrenzt. Es sind vorzugsweise die folgenden PN-Stufen einzusetzen:

Tabelle 6-2: PN-Stufen

PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63
PN 100	PN 160	PN 250	PN 320	PN 400

Andere PN-Stufen – insbesondere für Kunststoffleitungen – sind gegebenenfalls zu vereinbaren.

(10) Messstrecken für Durchflussmessungen

Bei der Planung der Rohrleitungsführung sind die in DIN EN ISO 5167 vorgeschriebenen ungestörten Rohrstrecken zur Vermeidung von zusätzlichen Messunsicherheiten einzuhalten. Muss in besonderen Fällen hiervon abgewichen werden, so ist mit dem Besteller über die Messgenauigkeit, Messstellenaordnung und Randbedingungen eine Vereinbarung zu treffen.

Die VGB-Richtlinie VGB-R 123 C I.2/2.4 „Praktische Hinweise für die Auslegung, Prüfung und Montage von Drosselgeräten“ ist zu beachten.

6.2.3 Strömungsgeschwindigkeiten

Die Geschwindigkeiten nach (Tabelle 6-3) können nur als ungefähre Grenzwerte/Richtwerte angegeben werden, weil eine Vielzahl von Randbedingungen für eine genaue Festlegung der Rohrdurchmesser in Betracht gezogen werden müssen. Randbedingungen sind z.B.: Dampf-/Gasfeuchte (nass, trocken), Rohrwerkstoff, Leitungslänge, Schwingungen, Geräusche, Druckstoß, Erosion, Grund- und Spitzenlastanlagen, räumliche Verhältnisse.

Bei An- und Abfahrvorgängen sowie bei Ausblaseleitungen können größere Geschwindigkeiten zweckmäßig sein. Hierbei sind die besonderen Randbedingungen der zulässigen Schallemissionen und der zusätzlichen Beanspruchungen nachgeschalteter Komponenten (z.B. Schalldämpfer) zu beachten.

- (1) Insbesondere bei den Speisewasser-Zulaufleitungen ist eine Abstimmung mit dem Pumpenlieferanten über die zulässigen Strömungsgeschwindigkeiten – unter Berücksichtigung aller Betriebs- und Störfälle – zwingend erforderlich.
- (2) Die Geräuschemission hängt unmittelbar mit der Strömungsgeschwindigkeit zusammen. Hinsichtlich der Geräuschimmission in die Umgebung und im Hinblick auf die Arbeitsplatzbelastung ist der von der Rohrleitungsanlage erzeugte und abgestrahlte Geräuschpegel bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

Der einzuhaltende Geräuschpegel ist zu vereinbaren. Gegebenenfalls sind strömungstechnische Maßnahmen zu treffen, die den Geräuschpegel durch Strömungs- und Entspannungsvorgänge niedrighalten, siehe Tabelle 6-3.

Zum Geräuschverhalten von Rohrleitungseinbauten, insbesondere von Armaturen, wird auf **VGB-Standard VGB-S-107** „Bestellung und Ausführung von Armaturen in Wärmekraftwerken“ verwiesen.

Table 6-3: Richtwerte für Strömungsgeschwindigkeiten

Systeme	Druckbereich	Strömungsgeschwindigkeit $W = \text{m/s}$
a) Dampfleitungen:		
Nassdampf	(bis 1,5 bar)	10 – 20
überhitzter Dampf	(bis 1,5 bar)	< 70
Nassdampf	(1,5 bis 10 bar)	10 – 20
überhitzter Dampf	(1,5 bis 10 bar)	< 60
Dampf	(10 bis 40 bar)	20 – 40
Dampf	(40 bis 125 bar)	30 – 60
Dampf	(125 bis 200 bar)	50 – 70
Dampf	(> 200 bar)	40 – 60
b) Speisewasser-Druckleitung		2 – 6
c) Speisepumpen-Zulaufleitung		0,5 – 2,5
d) Kondensatleitung		1 – 3
e) Kondensatzusatzwasserleitung		2 – 3
f) Kühlwasserpumpen-Druckleitung		1,5 – 2,5
g) Kühlwasserpumpen-Zulaufleitung		0,5 – 1
h) Trink- und Gebrauchwasserleitung		2 – 3
i) Druckluftleitung		10 – 20

6.2.4 Einsatz von Absperrungen

Absperrrichtungen sind als verfahrens- oder betriebstechnische Komponenten ein wesentlicher Bestandteil einer Rohrleitungsanlage, deren Ausführung erfolgt gemäß VGB-Standard VGB-S-107.

Verfahrenstechnisch werden mit Absperrrichtungen Stoffströme zu- und abgeschaltet, umgeleitet oder verzweigt.

Betriebstechnisch werden mit Absperreinrichtungen Anlagenteile oder Rohrleitungsabschnitte außer Betrieb genommen (Freischaltung).

Diese Absperreinrichtungen sind entsprechend den vorgegebenen Einsatzbedingungen entweder Schieber, Ventile, Klappen oder Hähne. Die Auswahl von Absperreinrichtungen sollte bereits bei der Anlagenkonzipierung erfolgen. Dabei sind – neben den verfahrens- und strömungstechnischen Kriterien – die Anordnung und der jeweilige Armaturentyp unter Berücksichtigung der Betriebsweise und zu erwartenden Instandhaltungsarbeiten festzulegen.

(1) **Verfahrenstechnische Aufgabenstellung**

Werden Absperreinrichtungen aufgrund verfahrenstechnischer Aufgabenstellungen erforderlich für z.B.:

- voneinander zu trennende Systeme mit unterschiedlichem Druckniveau;
- abzweigende oder umführende Leitungen;
- zeitweise systeminterne Trennung wie z.B. FD-Absperrschieber bei Monoblockanlagen, oder Absperrklappen in den Anzapfdampfleitungen von Turbinen;

so kommen in der Regel Einzelabspernungen zum Einsatz.

(2) **Betriebstechnische Aufgabenstellung**

- Arbeiten an Anlagenteilen oder Rohrleitungsabschnitten zur Inspektion, Wartung und Instandhaltung dürfen nur durchgeführt werden, wenn eine Freischaltung mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen erfolgt ist.
- Die Sicherungsmaßnahmen werden auf Grund einer Gefährdungsbeurteilung nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes in Verbindung mit §3 der BetrSichV und der DGUV Regel 103-009 „Wärmekraftwerke und Heizwerke“ festgelegt. Hierbei sind alle plan- und außerplanmäßigen Betriebsfälle sowie Störfälle zu berücksichtigen.

(3) Bei der Gefährdungsbeurteilung, im Rahmen einer betriebstechnischen Aufgabenstellung, ist zu prüfen, welche Abspernungen – Einzel- oder Doppelabspernungen – erforderlich sind.

Mögliche Gefährdungen können beispielsweise sein:

- Schalthandlungen bzw. Fehlbedienungen;
- evtl. Undichtigkeiten;
- vermutete Schädigungen;
- Energiepotential des Mediums;
- Zustand der Anlage.

Erforderliche Absperrungen können sein:

- eine Absperrereinrichtung, wenn bei Undichtigkeiten Personen nicht gefährdet werden können (Einzelabsperrung);
- dicht abschließende, deutlich erkennbare Steckscheiben, wenn die konstruktive Auslegung den Beanspruchungen genügt;
- zwei hintereinander liegende Absperrereinrichtungen, wenn zwischen diesen eine geeignete Zwischenentlastung hergestellt ist (Doppelabsperrung).

(4) Für HD-Rohrleitungen – der Systemgruppe 1 dieses Standards – ist bei betriebstechnischen Aufgabenstellungen nach (2) der Einsatz von Doppelabsperrungen erforderlich. Ab DN \geq 25 sind diese mit Zwischenentlastung/Entleerung auszurüsten.

Hiermit werden – entsprechend den Anforderungen der TRBS 2141 – gegenüber Gefährdungen durch Dampf oder Druck vorrangig konstruktiv, technische Maßnahmen angewendet.

- (5) Bei der Verwendung von Absperrventilen als Doppelabsperrung (Entleerung bzw. Entlüftung) wird empfohlen, die Ventile so einzubauen, dass in Strömungsrichtung am ersten Ventil der Druck unter dem Kegel steht und beim zweiten Ventil der Druck über dem Kegel steht, siehe VGB-Standard VGB-S-107.
- (6) Beim geplanten Einsatz von Absperrklappen in Dampf- und Heißwasserleitungen sind insbesondere die Kriterien
- gespeicherte Energie und
 - mögliche Sitzundichtigkeiten

bei der Gefährdungsbeurteilung zu beachten; ggf. wird schon der Einsatz von Doppelabsperrungen bei Systemgruppe 2 erforderlich.

- (7) In folgenden Sonderfällen kann ggf. auf den Einsatz von Doppelabsperrungen verzichtet werden, wenn dies die Gefährdungsbeurteilung bei Einsatz der beispielsweise nachfolgend genannten Sicherheitsmaßnahmen zulässt:
- Bei großen Nennweiten (i. d. R. $>$ DN 800) von Hauptkühlwasserleitungen der Systemgruppe 3, welche in der Regel auch zu befahren sind:
- (8) Hier werden vorzugsweise Klappen eingesetzt. Für solche Betriebsfälle sind die damit verbundenen Gefährdungen gemäß TRBS 2141 vorrangig durch konstruktiv-technische Maßnahmen abzudecken, z.B. Werkstoffkonzept (zähe Werkstoffe), geschweißte Klappenscheibe, Ausrüstung mit mechanischen Verriegelungen. Zusätzlich können weitere Überwachungsmaßnahmen in Betracht kommen, z.B. Druck beobachten, Endschalterstellungen aufschalten, Entleerungen kontrollieren (betriebliches Sicherheitskonzept).

- Bei langen Fernwärme- oder Prozessdampfleitungen:

Hier können die Streckenabsperrschieber in den Schächten oftmals nur als Einzelabsperrung ausgeführt werden.

Die Vorgaben der DGUV Regel 103-002 „Fernwärmeverteilungsanlagen“ sind zu berücksichtigen.

Anmerkung:

Die übergeordneten Zusammenhänge und die Vorgehensweise bei der Gefährdungsbeurteilung für den Bereich „Dampf und Druck“ sind in den Technischen Regeln für Betriebssicherheit

- TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung“;
- TRBS 2141 „Gefährdungen durch Dampf und Druck“;

beschrieben und erläutert, siehe hierzu auch **VGBE-S-104** „Leitfaden zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung in Kraftwerken“.

6.2.5 Einsatz von Überdrucksicherungen

6.2.5.1 Problemstellung

Die Aufheizung eingeschlossener Flüssigkeitsvolumen innerhalb einer Armatur ist eine Erscheinung, die bevorzugt bei Keilplattenschiebern und Kugelhähnen auftreten kann. Der mögliche Druckanstieg ist von der Temperatur und vom Füllungsgrad des Gehäuses abhängig.

- (1) Um einen unzulässigen Druckanstieg zu vermeiden werden Überdrucksicherungen eingesetzt:
 - bei Keilplattenschiebern kann im geschlossenen Zustand in dem Schiebergehäuse ein Überdruck entstehen, wenn das Gehäuse auf Grund eines bestimmten Betriebszustandes mit inkompressiblem Medium z.B. Kondensat gefüllt ist und die Armatur durch anstehendes Heißwasser oder Dampf beheizt wird. Auch kann ein Überdruck durch indirekte Beheizung benachbarter Wärmequellen entstehen.
 - Die Absperrplatten werden durch den ansteigenden Innendruck verstärkt gegen die Dichtflächen gepresst und dichten das eingeschlossene inkompressible Medium noch besser ab. Armaturengehäuse von Keilplattenschiebern ohne Überdrucksicherungen sind bereits mehrfach auf Grund der Ausdehnung vom inkompressiblen Medium geborsten.
 - bei Kugelhähnen, die auf der Ein- und Austrittsseite zum Gehäuse hin mit Dichtungen versehen sind, kann ein unzulässiger Druckanstieg entstehen, wenn die Armatur geöffnet ist und der Armaturenraum zwischen Gehäuse und Kugel mit Flüssigkeit gefüllt ist. Wenn jetzt heißes Medium durch die Armatur

strömt oder eine indirekte Beheizung stattfindet, kommt es zu einem Druckanstieg der eingeschlossenen Flüssigkeit.

- Gehäuse von Kugelhähnen ohne Überdrucksicherungen sind bereits mehrfach geborsten.
- (2) Eine Druckerhöhung durch eingeschlossene Flüssigkeiten kann auch in den Zwischenräumen von Doppelabsperungen bei Absperrschiebern, zwischen zwei Absperrventilen oder -Klappen und auch zwischen Ventilen und Rückschlagklappen auftreten. Diese sind in der Regel kurz hintereinander installiert und das eingeschlossene Volumen presst auch hier die absperrenden Teile zusätzlich dicht, wenn es durch anlagenbedingte Aufheizung zu einem Druckanstieg kommt.

Derartige Wandungen von Zwischenräumen sind bereits mehrfach geborsten.

- (3) Die Möglichkeit eines unkontrollierten Druckaufbaus besteht prinzipiell auch bei Entwässerungsstationen mit Doppelabsperungen (Kleinleitungen). Hier sollte geprüft werden, ob es erforderlich ist, beide Armaturen zu schließen. Betrieblich sollte es ausreichend sein, nur eine Armatur zu schließen und die zweite nur bei Leckage der ersten zu schließen.

Sollen dennoch beide Armaturen während des Betriebes geschlossen sein, so ist zuerst die innere Armatur zu schließen und dann erst die äußere, um zu vermeiden, dass Kondensat schon unter Betriebsdruck zwischen den Armaturen eingesperrt wird.

- (4) Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei Absperrschiebern mit Flanschverschlüssen nicht mit einer selbsttätigen Entlastung durch Undichtigkeit gerechnet werden kann, z.B. durch Herausdrücken der Dichtung oder Schraubenlängung.

Auch kann man nicht davon ausgehen, dass Gehäuse- bzw. Sitzverformungen zu einer Druckentlastung führen.

6.2.5.2 Maßnahmen zur Überdruckabsicherung

Maßnahmen zur Überdruckabsicherung können sowohl auf Grund der in Kapitel 6.2.5.1 geschilderten, **anlagenbedingten Auslegung**, Konstruktion und Anordnung, als auch wegen **äußerer Einwirkungen** erforderlich werden.

- (1) Um einen **anlagenbedingten**, unzulässigen Druckanstieg und ein Bersten der Gehäuse von Absperrschiebern und Kugelhähnen sowie Rohrzwischenräume nach Kapitel 6.2.5.1 (2) zu vermeiden, sind solche Bauteile – unabhängig von der jeweiligen Systemgruppe – mit Überdrucksicherungen auszurüsten, wenn
- der Dampfdruck, um mehr als 0,5 bar über dem normalen Atmosphärendruck liegt **und**

- die Temperatur, die zu einem Druck von 1,5 bar gehörige Siedetemperatur überschreitet (Wertepaar: $p > 1,5 \text{ bar}$; $t > 110 \text{ °C}$).

Abweichungen hiervon sind nur in begründeten Fällen – auf Grund einer Gefährdungsbeurteilung nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes in Verbindung mit §3 der BetrSichV – nach den berufsgenossenschaftlichen Regeln der DGUV Regel 103-009 „Wärme­kraftwerke und Heizwerke“ möglich.

Hierbei sind alle plan- und außerplanmäßigen Betriebsfälle sowie Störfälle zu berücksichtigen und nachzuweisen.

- (2) **Äußere Einwirkungen** können – auch unterhalb der aufgeführten Grenzwerte – vorgenannte Bauteile in Kondensat- und wasserführenden Rohrleitungen gefährden. Solche äußeren Einwirkungen sind – bei entsprechendem Füllungsgrad – z.B. wärmestrahlende, benachbarte Anlagenteile oder Sonneneinstrahlung.

Die zu treffenden Maßnahmen sind vom Lieferer in einer Risikoanalyse und -bewertung bzw. vom Arbeitgeber in einer Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

- (3) Es können folgende Arten von Überdrucksicherungen eingesetzt werden:
- a) in der Armatur konstruktiv ausgebildete und selbsttätige Druckentlastungen, die **systemintern** entlasten (z.B. Entlastungsbohrungen)
 - b) außerhalb der Armatur angebrachte Überdrucksicherungen, welche **systemintern** entlasten (z.B. Bypassleitungen)
 - c) außerhalb der Armatur angebrachte Überdrucksicherungen, welche **systemextern** entlasten (Sicherheitsventile, Berstscheiben jeweils nach DIN EN ISO 4126) eignen sich auch für wechselnde Druckrichtungen.

Die Entlastungsrichtung der Überdrucksicherung nach (a) ist von außen nicht erkennbar. Aus diesem Grund werden die Ausführungen (b) bzw. (c) empfohlen. Das Ansprechen der Überdrucksicherung nach (c) kann festgestellt werden.

- (4) Ausführungsvorschläge für die klassischen Anwendungsfälle im Kraftwerk sind nach Abbildung 6-1 für die Ausführung bei nicht umkehrbarer Strömung und nach Abbildung 6-2 bei umkehrbarer Strömung angegeben.

Es handelt sich hierbei um den Regelfall:

- Einsatz von Berstscheiben in Einzelausführung mit verriegelbarem Vorabsperrventil (mit Armaturenschloss). Der gefahrlose Austausch geborstener Scheiben während des laufenden Betriebes ist hierbei möglich, wenn die erforderlichen Maßnahmen durch eine Gefährdungsbeurteilung abgesichert sind.

- Auch können mit einer Gefährdungsbeurteilung Wechselventile vor Berstscheiben eingesetzt werden, wenn der gefahrlose Austausch geborstener Scheiben während des laufenden Betriebes (z.B. bei sehr hoher Verfügbarkeitsanforderung), möglich sein soll.

Anmerkung:

Der in Abbildung 6-2 unter c) dargestellte Ausführungsvorschlag zur Absicherung von Schiebergruppen mit Rückschlagklappe beinhaltet nur die Überdruckabsicherung für die Pumpen-Druckseite und keine Maßnahmen gemäß DIN EN 12952-7 Ziffer 4.7.4 bezüglich Rückströmung und Pumpenabsicherung auf der Pumpen-Saugseite.

- (5) Vom Lieferer der Berstscheiben sind für jeden Anwendungsfall die jeweiligen Arbeitsdrücke und Berstdrücke sowie die Kontroll- und Auswechselintervalle anzugeben.
- (6) Bei der Auslegung der Überdrucksicherungen sind deren spezifischen Randbedingungen zu beachten. Die Berstscheiben können herstellungsbedingt, für die Druckbereiche des Kraftwerkes, nur mit einem großen Toleranzbereich bzgl. des festgelegten Ansprechdruckes der Berstscheibe gefertigt werden, entsprechend groß ist die Druckstaffelung. Der Ansprechdruck der Berstscheiben darf max. dem Druck entsprechen, der sich bei einer 80-%igen Spannungsnutzung, unter Verwendung der 0,2 %-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) bei max. zul. Betriebstemperatur, des abzusichernden Anlagenteils ergibt. Somit müssen die Betriebsdrücke aller möglichen Lastfälle unterhalb des Ansprechdruckes der Berstscheibe liegen. Der max. mögliche Ansprechdruck der Berstscheibe kann jedoch erfahrungsgemäß bis zu 20 % über dem festgelegten Ansprechdruck liegen.

Für Druckfestigkeitsprüfungen nach DGRL sind gesonderte Maßnahmen festzulegen.

Die mit den Berstscheiben gegen unzulässigen Überdruck abgesicherten Armaturengehäuse und Rohrleitungsabschnitte sind mit dem max. möglichen Ansprechdruck der Berstscheibe und der zugehörigen Sättigungstemperatur festigkeitsmäßig nachzurechnen. Die ermittelten Bauteilspannungen müssen noch im elastischen Bereich liegen.

- (7) Die Anordnung von Überdrucksicherungen für Armaturengehäuse und Rohrleitungsabschnitte ist unter Berücksichtigung der Anforderungen von
 - der Armatur selbst;
 - den Sicherheitsvorkehrungen;
 - der Bedienbarkeit/Zugänglichkeit;

vorzunehmen. Der Lieferer hat anhand der ihm zur Verfügung gestellten Armaturenmaßblätter die Lage der Armaturenstutzen (DN 15) für die Überdrucksicherungen anzugeben.

- (8) Die im Regelfall vorgeschalteten, verriegelbaren Absperrventile (mit Armaturenschloss) sind in unmittelbarer Nähe der Armaturen anzuordnen. Sie müssen für Bedienung und Wartung in jedem Fall gefahrlos zugänglich sein. Die Wärmedämmung der Absperrventile ist noch entsprechend den Vorgaben für das Armaturengehäuse auszuführen. Soweit erforderlich ist danach nur noch ein Berührungsschutz anzubringen.

Vor der Berstscheibe muss sich aber auf jeden Fall eine Wasservorlage ausbilden.

- (9) Die eigentliche Berstscheibeneinrichtung ist abseits der Bedien- und Fluchtwege anzuordnen, so dass beim Ansprechen keine Personen und Einrichtungen gefährdet werden. Sie muss aber gut zugänglich für Wartung und Austausch sein.

Die Ausblaseöffnungen sind auf separate Freientwässerungen bzw. Trichter zu führen.

- (10) Die Rohrleitung zwischen Absperrventil und Berstscheibeneinrichtung (in der Regel DN 15) sollte eine Gesamtlänge von 6 m nicht wesentlich überschreiten. Der Verlauf sollte ein Gefälle von mindestens 5 % haben und ist so zu wählen, dass Wärmedehnungen und Komponentenverschiebungen nicht behindert werden.

- (11) Für Einbau, Wartung/Kontrolle und Demontage/Auswechseln der Berstscheiben nach Ansprechen der Überdrucksicherung sind die Montage- und Wartungsvorschriften des Lieferers zu beachten, siehe auch DIN EN ISO 4126 – Teil 6.

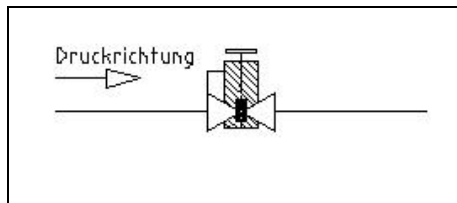
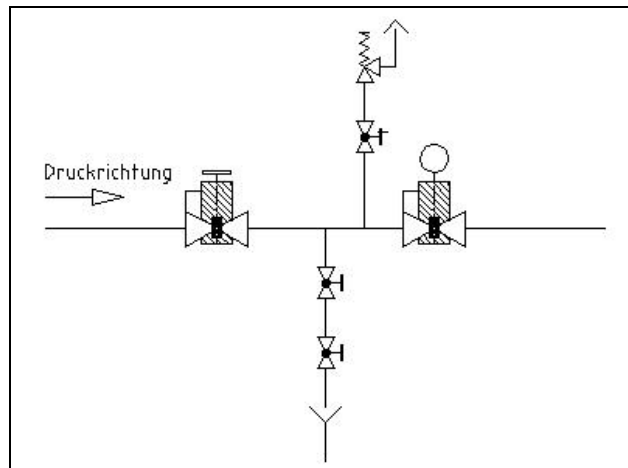
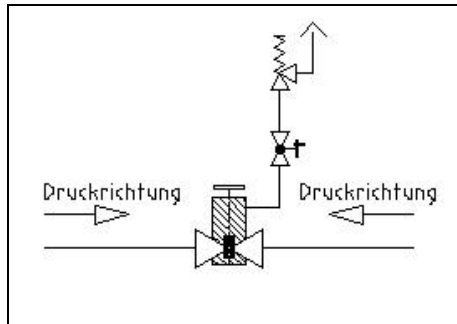
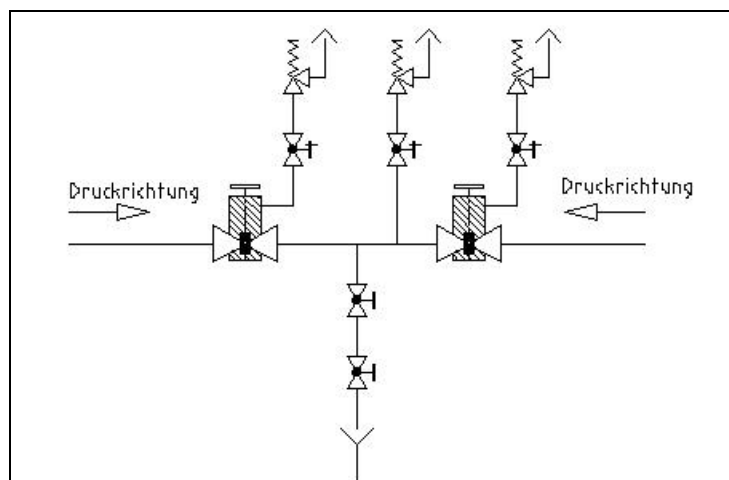
a) Einzelabsicherung von Absperrschiebern**b) Absicherung von Schiebergruppen (Doppelabsperung)**

Abbildung 6-1: Ausführung bei **nicht umkehrbarer** Strömung
(Druckrichtung **nur einseitig** möglich)

a) Einzelabsicherung von Absperrschiebern



b) Absicherung von Schiebergruppen (Doppelabsperung)



c) Absicherung von Schiebergruppen mit Rückschlagklappe (Pumpen-Druckseite)

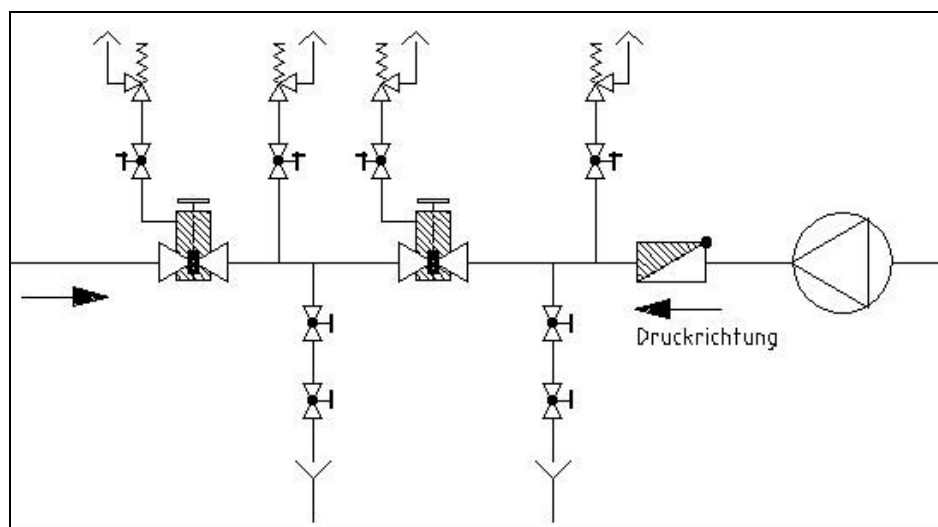


Abbildung 6-2: Ausführung bei **umkehrbarer** Strömung
(Druckrichtung **beidseitig** möglich)

6.2.6 Anwärmung, Warmhaltung und Entwässerung, Entleerung, Be- und Entlüftung

Eine wesentliche Planungsaufgabe für die Rohrleitungen des Wasser-Dampf-Kreislaufes besteht darin, für die jeweiligen Rohrleitungssysteme und den mit eingebundenen Anlagenteilen und Aggregaten funktionstüchtige Konzepte für die

- Anwärmung, Warmhaltung und Entwässerung;
- Entleerung (Stillstände, Restentleerung);
- Be- und Entlüftung;

gleichzeitig mit der Planung der Hauptleitungen und ihren Nebenleitungen zu erarbeiten.

- (1) Heißdampfleitungen, einschließlich zugehöriger Nebenleitungen, benötigen ein Entwässerungssystem, um die durch den Anwärmprozess anfallenden Anfahrkondensate und die teilweise auch im Betrieb anfallenden Kondensate sicher und schnell abzuleiten. Verdampfungs- und Kondensationsschläge sowie Nachverdampfung durch Restkondensate und Temperaturschichtungen sind zu vermeiden.

Auch im stationären Betrieb darf keine Gefährdung der Dampfleitungen durch ungenügende Entwässerung des evtl. temporär anfallenden Kondensates entstehen, z.B. bei der Warmhaltung nicht ständig durchströmter Rohrleitungen wie Sicherheitsventil-Zuleitungen.

- (2) Anzahl und Lage der Entwässerungs- und Entlüftungsstellen sind zu optimieren, die Tief- und Hochpunkte der Rohrleitungssysteme eindeutig so auszubilden und sämtliche Leitungen so zu verlegen, dass einwandfreies Anwärmen, Warmhalten und Entwässern, bzw. Füllen und Entleeren mit Be- und Entlüften, sichergestellt ist.

Folgende Randbedingungen sind dabei zu beachten:

- ausreichende Dimensionierung;
 - eindeutige Richtungsvorgaben;
 - definierte Niveau-/Höhenunterschiede;
 - ausreichende Gefälle/Steigungen;
 - keine Kaskadenschaltungen;
 - keine Sammelentwässerungen (Zusammenführung erst nach Entwässerungsarmaturen).
- (3) Für die Entwässerungsleitungen sind die wichtigsten Konstruktionsvorgaben:
 - ausreichende Bemessung der Querschnitte, um auch das Maximum an diskontinuierlicher Kondensatmenge verzögerungsfrei ableiten zu können (Kaltstart);

- Leitungslängen nach den Anordnungsvorgaben optimieren (verminderte Eigenproduktion von Kondensat), horizontale Leitungstrassen möglichst kurzhalten;
 - Gefälle für alle Betriebszustände in Strömungsrichtung mind. 5 % (bei Rohrbögen und Biegungen Winkelmaß berücksichtigen);
 - Dehnung / Bewegung der Hauptleitungen, Entwässerungsleitungen und Anschlusspunkte (Komponenten) berücksichtigen;
 - beim Halterungskonzept mögliche Aggregatzustandsänderungen und Schwingungen mittels Führungen, Stopps und Festpunkte berücksichtigen.
- (4) An Entwässerungsstellen von Rohrleitungstiefpunkten sind Kondensateinlaufgefäße gemäß Abbildung 6-3 einzubauen. Ohne Einlaufgefäße würde das Kondensat wegen der relativ hohen Geschwindigkeit nicht in die Bohrung für die Entwässerung abfließen, sondern darüber hinwegströmen.
- Die Abmessungen der Kondensateinlaufgefäße, bezogen auf die Hauptleitung, sind:
- Durchmesser ca. 50 % bis 60 % des Grundrohres, ab \geq DN 500 generell DN 300
 - Länge des zylindrischen Stutzens
 - bis DN 250 mind. 200 mm;
 - bis DN 500 mind. 300 mm;
 - ab DN 500 mind. 400 mm.

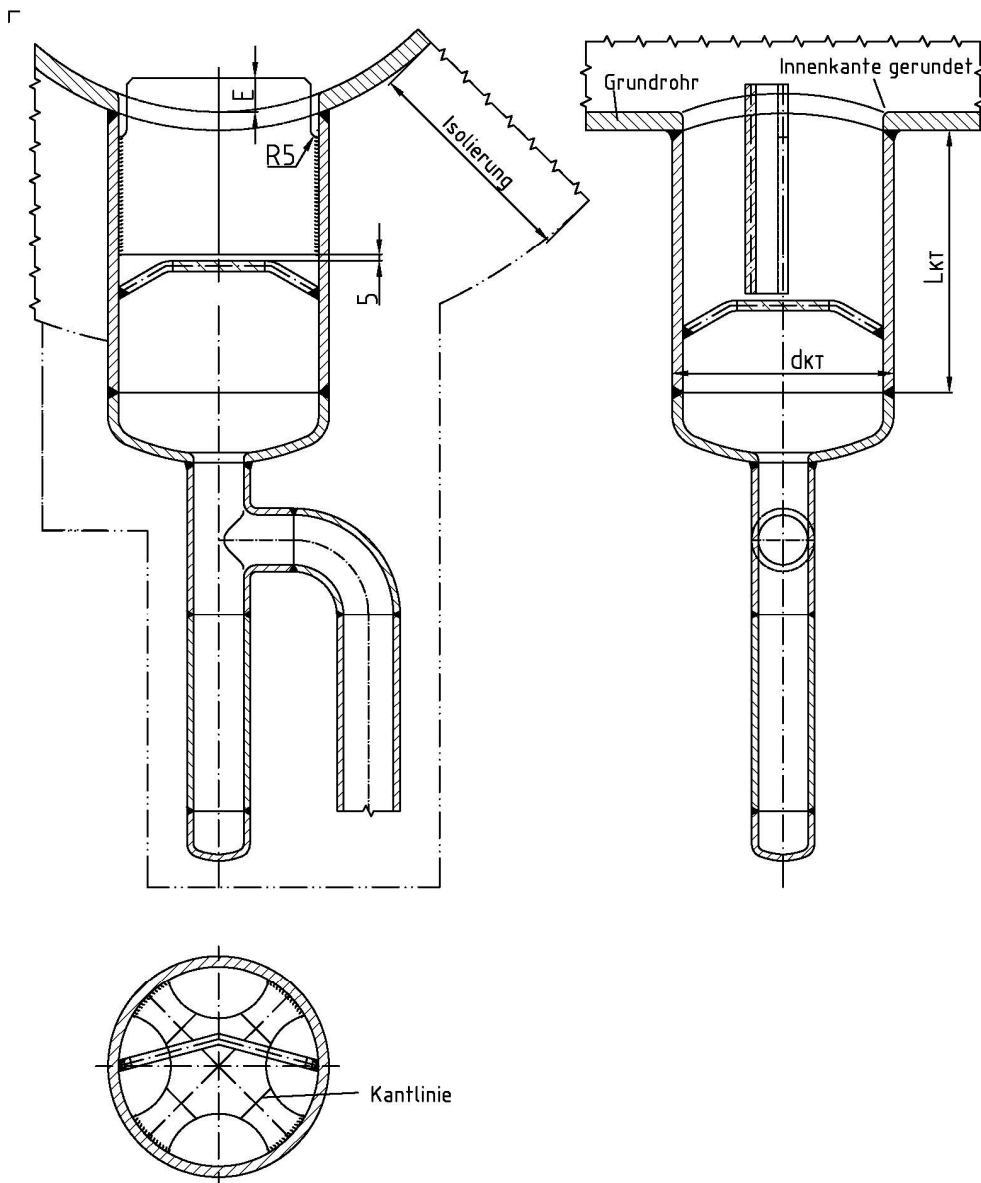


Abbildung 6-3: Kondensateinlaufgefäß (Prinzipskizze)

- (5) Für die Kondensateinlaufgefäße gelten die konstruktiven Randbedingungen:
- festigkeitsmäßige Auslegung als verstärkter Stutzen auf unverstärktem Grundrohr oder Ausführung als geschmiedetes T-Stück;

- um die aus den Dampfleitungen eingetragenen Verschmutzungen nicht zur Regelarmatur / Kondensatableiter weiterzuleiten, ist der Rohranschluss seitlich aus dem Inspektionsstutzen herauszuführen;
 - das Einlaufgefäß wird mit einem Klöpperboden verschlossen und mit einem Inspektionsstutzen von mind. 0,5 m Länge mittig versehen, mehrmalige De- und Remontage zur endoskopischen Besichtigung und Entfernung von Schmutzablagerungen sind somit möglich;
 - bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten (> 50 m/s) in der Dampfleitung haben sich Kondensateinlaufgefäße mit Schikanen bewährt: das Kondensat wird zurückgehalten, bzw. das Mitreißen von Kondensat aus dem Einlaufgefäß verhindert. Das Maß E sollte ca. 10 % bis 15 % der zylindrischen Stutzenlänge betragen;
 - die Schweißnähte für die Einbauten sind durchzuschweißen (Vollanschluss) und von der Gegenseite mit einer Kapplage zu versehen. Alle Schweißnähte sind zu Beschleifen (Schwingungsbeanspruchung) und 100 % zerstörungsfrei zu prüfen (PT-Prüfung).
- (6) Es wird empfohlen, die von den jeweiligen Kondensateinlaufgefäßen abgehenden Entwässerungsleitungen getrennt zu einzelnen Entwässerungsstationen zu führen. Diese sind möglichst auf Bühnen zu zentralen Bedienungsständen zusammenzufassen, die während des Betriebes zugänglich sind. Genügend Zwischenraum für Wartung sowie Ein- und Ausbau der Armaturen ist einzuplanen. Wir unterscheiden grundsätzlich zwischen:
- **Anfahr** – Entwässerungsstationen;
 - **Betriebs** – Entwässerungsstationen.
- (7) Die Ausführung der Entwässerungs- und auch Entleerungsstationen bzgl. Anordnung, Anzahl und Schaltung der Armaturen wird von der Betriebsweise bestimmt:
- grundsätzliche Entscheidung, ob Reparatur von Komponenten (Reduzierventil, Kondensatableiter) nur bei **Außerbetriebnahme** oder auch **während des Betriebes** bzw.
 - eine nachdruckseitige Entlastung in **offene** oder **geschlossene** Systeme erfolgen soll.
- Der daraus resultierende Stationsaufbau richtet sich dann nach der zugeordneten Systemgruppe und den notwendigen **Sicherungsmaßnahmen** für **Freischaltungen** gemäß Kapitel 6.2.4, **Gefährdungsbeurteilung**.
- (8) Bei **Anfahr**-Entwässerungsstationen wird im Regelfall das Kondensat gesteuert über ein Reduzierventil zum Entspanner geführt, wo die Dampf-/Kondensattrennung erfolgt. Der Dampf wird über Dach und das Kondensat in einen

Sammelbehälter abgeleitet. Dieses Verfahren ist energetisch unwirtschaftlich, aber bzgl. der Komponenten mit geringem Aufwand zu realisieren.

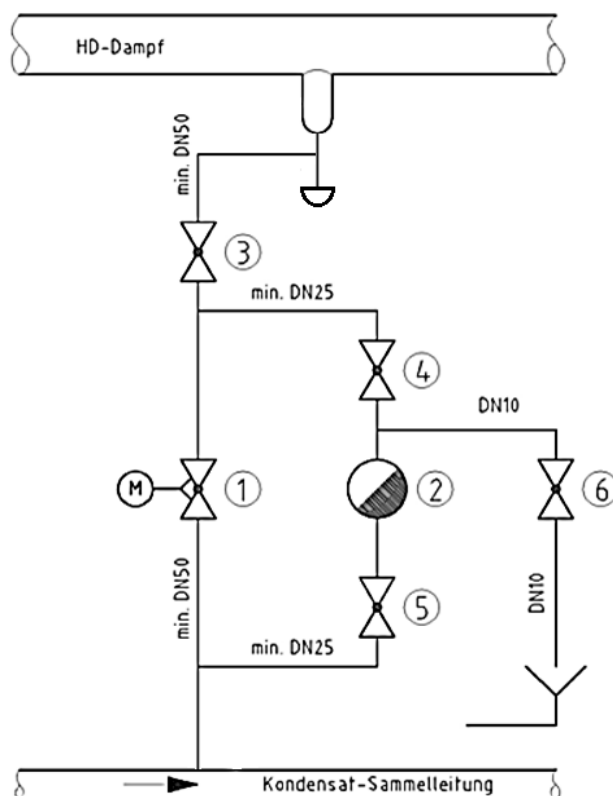
- (9) Für die relevanten, kombinierten Anfahr- und Entwässerungsstationen der Hauptdampfleitungen wird empfohlen, Stationen mit selbstregelndem Ablauf über mehrstufige Regelarmaturen (z.B. Radialstufendüsen-Ventil) zu konzipieren.

Mehrstufige Regelarmaturen haben einen einstellbaren Kv-Wert, sind verschleißarm und bieten hohe Standzeiten. Diese Stationen sind auch leittechnisch sehr gut in ein Anwärm- und Warmhaltekonzept einzubinden.

- (10) Eine **Betriebs**-Entwässerungsstation soll im stationären Betrieb die Dampfleitungen kondensatfrei halten. Im Regelfall wird hierzu eine Entwässerungsstation mit einem thermodynamischen Kondensatableiter konzipiert.

Um den Dampfverbrauch zu minimieren, sollen lange Zuleitungen zu den Stationen vermieden werden (Eigenproduktion von Kondensat).

- (11) Gemäß den Vorgaben der Kapitel 6.2.4 – Einsatz von Absperrungen – und insbesondere den Angaben für HD-Rohrleitungen (4) ergibt sich für eine **kombinierte Anfahr- und Betriebs-Entwässerungsstation** zur Entwässerung von Dampfsystemen der Systemgruppe 1 eine Ausführung gemäß Abbildung 6-4.



- 1 kombiniertes Anfahr- und Freientwässerungsventil mit Reduzier/Regel- und Absperrfunktion
- 2 diskontinuierliche Betriebsentwässerung mit thermodynamischem Kondensatableiter
- 3 Erst-Absperrventil, dient als Doppelabsperrung zu 1 und 4
- 4 Absperrventil zur Reparatur von 2 während des Betriebes
- 5 Absperrventil zur Reparatur von 2 während des Betriebes
- 6 Absperrventil zur Zwischenentlastung und zur Dichtheitskontrolle von 4

Abbildung 6-4: Entwässerung von Dampfsystemen der Systemgruppe 1
Kombinierte Anfahr- und Betriebs – Entwässerungsstation

- (12) In Abbildung 6-4 bilden die Armaturen 1 und 3 die **Anfahr**-Entwässerung und die Armaturen 2, 4, 5 und 6 die **Betriebs**-Entwässerung.

Für die relevanten Anfahr-Entwässerungen (Hauptdampfleitungen, Anwärmung) wird gemäß (9) die Armatur 1 als mehrstufiges Regelventil ausgeführt; für untergeordnete Anfahr-Entwässerungen gemäß (8) als gesteuertes Reduzier-Ventil. Dieses Reduzier-Ventil ist mit starrem Kegel auszuführen (Kegel und Spindel aus einem Stück, bei Strömungsturbulenzen kein Lösen des Kegels).

Die Reparatur von Armatur 2 – thermodynamischer Kondensatableiter – während des Betriebes ist möglich, da entsprechend Kapitel 6.2.4 eine Freischaltung mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden kann.

Zur betrieblichen Handhabung wird auf Kapitel 6.2.4 und Kapitel 6.2.5.1 (3) verwiesen.

- (13) Besonders bei langen Zuleitungen zwischen dem Kondensateinlaufgefäß und der Entwässerungsstation wird zum Schutz von Regelarmatur / Kondensatableiter (Armatur 1 und 2) empfohlen, jeweils sogenannte Schlammstöcke als Barriere einzusetzen.

Diese können mitgerissene Verschmutzungen aus dem Kondensateinlaufgefäß und abgelöster Zunder der Zuleitung auffangen. Die Schlammstöcke sind ähnlich den Kondensateinlaufgefäßen ohne durchgehenden Strömungsverlauf ausgeführt.

- (14) Es wird anordnungstechnisch angestrebt, die nachdruckseitigen Entwässerungsleitungen der von Entwässerungsstationen annähernd gleicher Betriebsweise bzw. Druckniveau in einer gemeinsamen Sammelkondensatleitung zum Entspanner zu führen. Sammelkondensatleitungen sind durch nachverdampfende Restkondensate, Verdampfungsschläge und Kondensationsschläge gefährdet.

Da je nach Anzahl der einspeisenden Entwässerungsstationen stark schwankende Zweiphasenströmungen vorliegen, sind Sammelkondensatleitungen hinsichtlich Dimensionierung, Trassenführung und Halterungskonzept planungsintensiv.

Als Richtwert für die Strömungsgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches in der Sammelkondensatleitung können ca. 12 m/s bis 15 m/s für die Dampfströmung zugrunde gelegt werden. Damit kann man eine evtl. Schwallbildung des Kondensats vermeiden.

- (15) Entleerungen sowie Be- und Entlüftungen sind so anzuordnen, dass ein einwandfreies Entleeren und Füllen gewährleistet ist. Toträume und Luftsäcke, in denen sich Korrosionsprodukte ansammeln können, sind zu vermeiden.
- (16) Wasserführende Rohrleitungen für Kondensat, Speisewasser und Kühlwasser sind zur ausreichenden Entlüftung mit einer Mindeststeigung von 3 % auszuführen.

- (17) Armaturen von Freientwässerungen, Entleerungsleitungen und Entlüftungen sind zu Bedienungsständen zusammenzufassen. Die Trichter sollen in ausreichendem Abstand neben den entsprechenden Armaturen bedienbar angeordnet sein, um in sicherer Entfernung den Mediumeintrag in den Trichter kontrollieren zu können. Zusätzlich ist ein Schutz vor Verbrühungen zu installieren, siehe Abbildung 6-5.

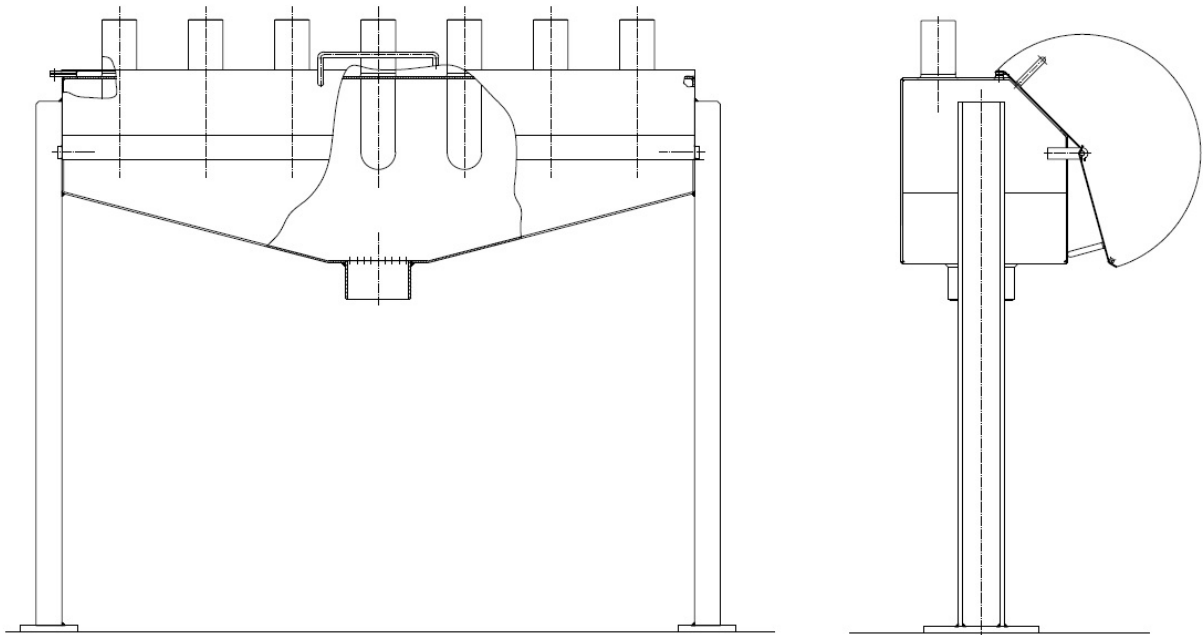


Abbildung 6-5: Entwässerungstrichter mit Verbrühschutz

6.2.7 Dampfkühlung

Für die Bestellung, Planung, Auslegung und Konstruktion von Einspritzungen und deren Regelung ist der **VGB-Standard VGB-S-540** „Dampfkühlung in Wärmekraftanlagen“ anzuwenden.

6.3 BauteilAusführung für Stahlrohrleitungen

6.3.1 Erzeugnisformen

6.3.1.1 Werkstoffanforderungen und Abnahmen

- (1) Die Werkstoffnachweise der Erzeugnisformen einschließlich der Wärmebehandlung müssen vor Beginn der Weiterverarbeitung vorliegen.
- (2) Die Erzeugnisformen umfassen im Wesentlichen nahtlose Rohre, geschweißte Rohre, Schmiedestücke, Bleche, Press- und Kumpelteile, Rohrbogen, Flansche, Rund- und Stabstahl, Reduzierstücke, Abzweigstücke, Böden.

- (3) Es gelten die Vorgaben der VGBE-S-109.
- (4) Die zusätzliche Anwendung von Werkstoffblättern bzw. Prüfblättern des Bestellers ist zu vereinbaren.
- (5) Die Wärmebehandlungslose im Durchlaufofen sind bei den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7380, 1.7335, 1.6368 und Austeniten in einzelne Wanddickenbereiche einzuteilen, so dass für jeweils eine Wanddicke ein Glühlos gilt.

6.3.1.2 Zusätzliche Prüfungen an Schmiedestücken

Schmiedestücke, die nach der mechanischen Bearbeitung in ihrer Form einem Rohr entsprechen, sind in dieser Form zusätzlich wie Rohre entsprechend den Vorgaben der VGBE-S-109 zu prüfen.

6.3.1.3 Zusätzliche Prüfungen an Blechen und Böden

Eine 100%ige UT-Flächenprüfung nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse S2 / E3, am Blech ist durchzuführen.

Bleche für ebene Böden sind mit einem Zugversuch in Dickenrichtung nach DIN EN 10164, Güteklasse Z25, zu prüfen.

Bei der Herstellung von Böden mittels Umformtechnik ist eine Prüfung der Randzonen nach DIN EN 10160, Qualitätsklasse E3, durchzuführen.

Bleche für ebene Böden sind in Systemgruppe 1 nur in Ausnahmefällen und im Einvernehmen mit dem Besteller und NoBo zulässig.

6.3.2 Rohre

Für zeitstandbeanspruchte Rohrleitungen sowie für Speisewasserdruckleitungen sind nahtlose Stahlrohre zu verwenden. Für die Herstellung sind die Anforderungen für Qualität und Abnahme je nach ausgewählter Produktnorm oder gewähltem Regelwerk festgelegt in

- DIN EN 10216;
- einer europäischen Werkstoffzulassung oder
- einem Einzelgutachten (PMA) wie z.B. den TÜV-Verband Werkstoffblättern.

Die Verwendung längsnahtgeschweißter Rohre für diesen Einsatzbereich ist zu vereinbaren.

Rohre sind in der Regel in Herstellungslängen von mindestens 6 m zu liefern. Lieferlängen sind zu vereinbaren.

6.3.3 Biegungen, Bogen

- (1) Für die Frischdampf-, Zwischenüberhitzer- und Speisewasserdruckleitungen einschließlich ihrer Nebenleitungen sind grundsätzlich Glattrohrbiegungen einzusetzen.
- (2) Einschweißbogen in zeitstandbeanspruchten Rohrleitungen und in Rohrleitungen aus warmfesten Feinkornbaustählen ≥ 80 mm lichtigem Durchmesser bedürfen der Zustimmung des Bestellers und erhalten beiderseits zylindrische Enden mit einer Mindestlänge entsprechend der 3,5-fachen Wanddicke, jedoch nicht kleiner als 50 mm. Die Enden sind den Rohranschlussmaßen anzupassen. Der Bogenradius entspricht dem 1,5-fachen des Rohraußendurchmessers. Andere Bogenradien sind besonders zu vereinbaren. Geschweißte Halbschalenbögen sind für zeitstandbeanspruchte Rohre sowie Speisewasserdruckleitungen nicht zulässig.
- (3) In Leitungen, die der Systemgruppe 2 angehören, werden in der Regel nahtlose Rohrbogen aus Stahl zum Einschweißen nach DIN EN 10253 eingesetzt. Der Bogenradius entspricht dem 1,5-fachen des Rohraußendurchmessers. Andere Radien sind zu vereinbaren. Der Einsatz von Schalenbogen ist zu vereinbaren.
- (4) Auch bei Kleinleitungen der Systemgruppen 1 und 2 empfiehlt sich der Einsatz von Glattrohrbiegungen mit einem Biegeradius des 4- bis 5-fachen des Rohrenndurchmessers.
- (5) Für die Herstellung von Rohrbiegungen (kalt- und warmgebogene Rohre) sind geeignete Biegeeinrichtungen zu verwenden und es sind zusätzlich die Anforderungen der DIN EN 12952-5 Anhang A und die zulässige Unrundheit gemäß Kapitel 6.3.3 0 einzuhalten.

Vor Fertigungsbeginn ist dem BÜ eine Verfahrensprüfung (Rohr-Biegeverfahrensprüfung) nach DIN EN 12952-5 nachzuweisen.

Für die Werkstoffe 1.6368, 1.4922, 1.4903, 1.4901 sind je Werkstoff Verfahrensprüfungen vorzulegen.

- (6) Es wird empfohlen, die Zone mit der größten Wanddicke des geraden Rohres in die Biegezugzone zu legen. Das gilt insbesondere für Biegungen mit kleinem Biegeradius ($R/d_a < 3$).
- (7) Die Unrundheit ist wie folgt definiert:

$$U = \frac{2 (d_{a \max} - d_{a \min})}{d_{a \max} + d_{a \min}} \bullet 100 \%$$

Für Biegungen gilt eine Unrundheit von max. ≤ 4 %.

Für Systemgruppe 1 mit $d_a \geq 88,9$ mm und $R_b/d_a \geq 3,0$ sind folgende maximal zulässige Unrundheiten einzuhalten:

- Frischdampfleitungen (FD) 2 %;
- Heiße Zwischenüberhitzerleitungen (HZÜ) 3 %;
- Speisewasserdruckleitungen 3 %.

Kaltbiegungen im Zeitstandbereich bedürfen der Zustimmung des Bestellers.

Die Messungen erfolgen in den Messebenen der Wanddickenmessung. An diesen Stellen ist bei Systemgruppe 1 ebenfalls der Umfang zu messen und zu dokumentieren.

Die Messungen werden vom Lieferer durchgeführt und bauteilbezogen protokolliert sowie vom BÜ stichprobenweise überprüft.

Die gemessenen Werte sind im Bericht anzugeben (Anlagen 15 und 16). Der Prüfumfang beträgt:

- bei Systemgruppe 1 100 %;
- bei Systemgruppe 2 10 %.

- (8) Der BÜ kontrolliert stichprobenweise die vom Lieferer gemessenen Unrundheiten der Biegungen.
- (9) Herstellungsbedingte Aufstauchungen am Bogenanfang und Bogenende von induktiv gebogenen Rohren dürfen belassen werden, wenn die Aufstauchung nicht im Bereich einer vorgesehenen Schweißnaht liegt und die zerstörungsfreien Prüfungen sowohl während der Herstellung und Errichtung als auch bei wiederkehrenden Prüfungen nicht beeinträchtigt werden.
- (10) Bei den Systemgruppen 1 und 2 ist das Schweißen im Biegebereich von Rohrbiegungen nicht zulässig.
- (11) Die Maßnahmen zur Sicherstellung der erforderlichen Gefälle sind bei der Herstellung der Glattrohrbiegungen und Rohrbögen zu berücksichtigen (Winkelmaß).
- (12) Segmentrohrbögen sind einsetzbar in Systemgruppen 3 und 4 für Rohrleitungen mit großen Durchmessern (i. d. R. > DN 500).

Bögen mit Radien von 1,0 D bis 1,5 D sind zu bevorzugen. Ein Segmentbogen für $R = 0,8 D$ bis 1,5 D ist mit einem Segmentwinkel von maximal $22,5^\circ$ zulässig.

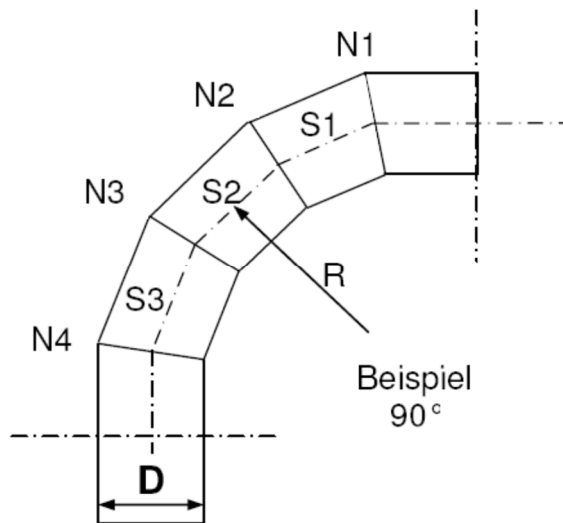


Abbildung 6-6: Bezeichnungen am Segmentrohrbogen

Die Anschlussrohre sind mit Segmentschnitten auszuführen.

Ein Schema der Bezeichnungen der einzelnen Segmente und Schweißnähte ist in Abbildung 6-6 ersichtlich.

6.3.4 Stutzen

- (1) Die Stutzenwanddicke für Abgänge, Entlüftungen, Entleerungen usw. ist möglichst der Haupt- oder Grundrohrwanddicke anzupassen. Stutzen auf Hochdruckleitungen sind als verstärkte Stutzen auszuführen. Der Übergang in der Stutzenschweißnaht zwischen Stutzen und Grundrohr ist bei legierten Werkstoffen kerbfrei mit einem Radius entsprechend der Stutzenwanddicke, siehe Tabelle 6-4 in (3), z.B. durch Beschleifen, auszuführen.
- (2) Stutzen für Messstellen sind entsprechend des VGB-Standards VGB-S-170-42 „Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen an wasser- und dampfführenden Systemen“ anzuordnen.
- (3) Die inneren Kanten der Stutzenbohrungen im Grundrohr sind abzurunden bzw. bei kleineren Bohrungsdurchmessern zu brechen.

Tabelle 6-4: Anzuwendende Rundungsradien

DN	r
≤ 50	3 mm
< 150	5 mm
≥ 200	10 mm

- (4) Die Baulänge von Anschweißstutzen soll so bemessen sein, dass bei eventueller Trennung der Anschlussleitung eine einwandfreie

Schweißendenbearbeitung, Anschlusschweißung, gegebenenfalls Wärmebehandlung und anschließende Schweißnahtprüfung möglich sind.

- (5) Der BÜ prüft die Ausführung auf Übereinstimmung mit den Konstruktionsgrundsätzen und den Vorgaben des Bestellers.

6.3.5 Formstücke

- (1) Die Formstücke werden in festigkeitsmäßig günstiger Form unter Einhaltung optimaler Wanddicken gefertigt. Es sollen keine großen Unterschiede zwischen Stutzen- und Grundrohrwanddicken bestehen.

Für die Ausführung mit warmfesten Stählen bzw. Feinkornstählen (DIN EN 10216-2/3) gelten die Festlegungen der gewählten Produktnorm (z.B. DIN EN 13480) oder die Festlegungen des ausgewählten Regelwerkes (z.B. AD 2000, AD-Merkblatt B9). Hierbei ist das Durchmesser Verhältnis auf max. 0,8 zu begrenzen ($\mu_0 = d_{Ai}/d_i$).

- (2) Im Hochdruckbereich (Systemgruppe 1) sind Formstücke aus Schmiedestahl oder aus nahtlosem Rohrmaterial einzusetzen.
- (3) Im MD- und ND-Bereich (Systemgruppe 2) sind nahtlose Stahlrohrformstücke nach DIN EN 10253 zulässig; im HD-Bereich bzw. im Bereich der DGRL nur insoweit, wie ein rechnerischer Nachweis gemäß ausgewählter Produktnorm z.B. DIN EN 13480 oder ausgewähltem Regelwerk z.B. AD 2000 erbracht werden kann.
- (4) Formstücke in geschweißter oder geschmiedeter Ausführung sind so auszuführen, dass eine einwandfreie Schweißnahtherstellung, Wärmebehandlung und Prüfung der Anschlussnähte möglich sind.
- (5) Stutzenbohrungen sind mit einem Radius, wie in Tabelle 6-4, auszuführen.
- (6) Formstücke die einer Wärmebehandlung bedürfen, sind als ganzes Bauteil im Glühofen Wärmezubehandeln. Ausnahmen davon sind mit dem Besteller zu vereinbaren.
- (7) Formstücke in ausgehalster Bauweise sind in Systemgruppen 1 und 2 nicht zulässig.
- (8) Stutzennähte oder Schweißverbindungen der Systemgruppen 1 und 2 sind gegen die drucktragende Rohrwand an Formstücken kerbfrei mit einem Übergangsradius Stutzen/Grundrohr auszuführen, der mindestens der Stutzenwanddicke entspricht, 10 mm aber nicht unterschreiten soll.

- (9) Sind an Formstücken aus legierten Werkstoffen Halterungspratzen oder Halterungsnocken erforderlich, sind diese so anzuordnen, dass alle Schweißungen prüfbar (auch wiederkehrend prüfbar) bleiben. Diese Voraussetzung ist z.B. auch erfüllt, wenn für die wiederkehrenden Prüfungen demontierbare Schellen oder Tragschalen entfernt werden müssen.

6.3.6 Kompensatoren

Die Bälge müssen in allen Betriebszuständen formstabil sein. Innere Leitrohre dienen zur Medienführung und dürfen nicht zur Stabilisierung eingesetzt werden. Innere Leitrohre sind bei Mediumsgeschwindigkeiten > 2 m/s zu empfehlen, da durch das Leitrohr eine Schwingungsanregung der Kompensatorbälge vermieden wird.

Wenn die Dehnungen der Rohrleitungen nicht gemäß Kapitel 6.2.2 (2) natürlich kompensiert werden können und Kompensatoren zum Einsatz kommen, ist folgendes zu beachten:

- (1) Kompensatoren sind mit korrosionsfesten Bälgen komplett mit allen eventuell erforderlichen Verspannungen, Ring- oder Sattelblechverstärkungen zum Einleiten der Belastung in Rohrleitungen auszuführen. Werkstoff und Abmessung von Anschweißenden müssen auf die Rohrleitung abgestimmt werden.
Für Leitungen \geq DN 300 ist die Übertragung der Längskräfte durch Flanschen mit Zugstangen nicht erlaubt. In diesen Fällen sind Gelenkkompensatoren einzusetzen (angular-lateral, kardanisch).
- (2) Kompensatoren mit Metallbälgen sind mehrlagig herzustellen.
- (3) Die Anordnung und Ausführung der Kompensatoren haben so zu erfolgen, dass diese nicht durch Verschmutzung der Bälge (z.B. Rost, Schweißperlen) unwirksam werden können. Sind Verschmutzungen durch die Betriebsweise (z.B. Eindickung, Sedimentation) möglich, so hat der Besteller darauf hinzuweisen.
- (4) Grundsätzlich ist der Einsatz eines Leitrohres zu untersuchen, z.B. bei höherer Geschwindigkeit. In molchbar zu gestaltenden Rohrleitungen sind die Kompensatoren mit einem Leitrohr zu versehen, um ein Festhaken des Molches zu verhindern.
- (5) Falls Kompensatoren im Vakuumbereich eingesetzt werden, ist dies konstruktiv zu berücksichtigen. Dabei sind eingelegte lose Stützringe nicht zulässig.
- (6) Die Berechnung und Auslegung der Kompensatoren erfolgen durch den Lieferer. Hierbei ist die gleiche Produktnorm oder das gleiche Regelwerk für die Berechnung und Auslegung, wie beim übrigen Rohrleitungssystem, anzuwenden.
Die Mindestlebensdauer ist mit 1.000 Vollastwechseln anzusetzen.
Die Entwurfsprüfung erfolgt je nach Modul ggf. unter Einschaltung einer notifizierten Stelle.
- (7) Kompensatoren sind zugänglich in die Rohrleitungsanlage einzuplanen.

(8) Abnahmeprüfungen und/oder Endabnahmen beim Lieferer sind zu vereinbaren.

(9) Werkstoffbelegung

Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204, 3.1 für die druckführenden Halbzeuge, wie Balg und Rohr.

(10) Fertigungskontrolle

Die nachfolgenden Kontrollen werden vom Lieferer durchgeführt und stichprobenweise vom BÜ kontrolliert:

- Kontrolle der Schweißarbeiten und der Montage;
- Kontrolle der Entlastungsbohrungen und Entwässerungsbohrungen am Leitrohr;
- Innenbesichtigung vor dem Anschweißen der Leitrohre;
- Funktionskontrolle, z.B. Kontrolle des Biegewinkels;
- Kennzeichnen der Durchflussrichtung;
- Kontrolle der Stempelung und der Kennzeichnung;
- Vergleich mit der Dokumentation;
- Sicht- und Maßkontrolle;
- Sauberheitskontrolle gem. Reinheitsvorgabe.

(11) Prüfungen

Die nachfolgenden Prüfungen werden vom Lieferer durchgeführt und stichprobenweise vom BÜ kontrolliert:

- Prüfung der Balglängsnähte und der Längsnähte der Rohre vor der Verformung 100 % RT;
- 100 % PT im Bereich der Schweißnahtvorbereitung für die Bälge, Balgeinschweißnähte (Rundnähte) und Schweißfasen der Anschweißenden;
- Prüfverfahren und -umfänge an anderen Schweißnähten sind zu vereinbaren;
- 100 % VT auf Oberflächenbeschädigung;
- Dichtheitsprüfung mit Helium-Lecktest, zulässige Leckagerate $< 1 \times 10^{-4}$ mbar l/s;
- Druckprüfung, Verankerung außer Funktion.

Achtung: Wegen der Gefahr der Spannungsrisskorrosion ist Deionat zu verwenden oder sicherzustellen, dass z.B. keine natrium- oder halogenhaltigen Rückstände auf der druckführenden Innenoberfläche verbleiben.

(12) Transport

Folgende Anforderungen sind vom Lieferer zu beachten:

- Demontierbare Transportsicherung, deutlich als solche gekennzeichnet;
- Metallbalg durch Blechmantel geschützt. Der Kontakt Ferrit (Blech) zu Austenit (Balg) ist zu vermeiden;
- Anschweißenden sind durch Kappen zu verschließen;
- Äußere Konservierung gem. Bestellung.

(13) Montage

Der BÜ führt folgende Kontrollen durch:

- Sichtkontrolle als Eingangsprüfung auf der Baustelle. Der Blechmantel ist danach wieder sorgfältig um den Balg zu befestigen. Mechanische Beschädigungen, Schweißspritzer etc. sind unzulässig;
- Der Blechmantel ist erst nach allen Schweißarbeiten, vor dem Isolieren, zu entfernen;
- Kontrolle der unbehinderten Ausdehnung des Kompensators. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Dämmstoffe die Wärmedehnung behindern;
- Kontrolle der Vorspannung;
- Sollte nach der Montage eine Wasserdruckprobe durchgeführt werden, gilt für die Wasserqualität die gleiche Anforderung wie vorstehend unter (11).

(14) Dokumentation

Die Dokumentation muss enthalten:

- Zeichnungen;
- Werkstoffbelegungen (Abnahmeprüfzeugnis);
- Berechnung;
- Verfahrensprüfung oder vergleichbarer Ersatznachweis;
- Schweißer-Prüfbescheinigungen (bis Kat I) oder Schweißer-Zertifikate (Kat. II bis IV);
- Bedienerprüfungen;
- Schweißpläne, Wärmebehandlungspläne sowie Inspektions- und Testpläne;
- Bescheinigung der durchgeführten Prüfungen und Kontrollen;
- Einbauanweisung des Lieferers.

6.3.7 Verbindungen

Es sollen grundsätzlich unlösbare Verbindungen vorgesehen werden.

Der Einsatz lösbarer Verbindungen ist mit dem Besteller abzustimmen.

Die Anzahl der Rohrverbindungen ist möglichst gering zu halten. Dies kann z.B. durch möglichst große Rohrlängen oder günstige Rohraufteilung und Anordnung der Rohrleitungseinbauten erreicht werden.

(1) Schweißverbindungen, siehe auch Kapitel 9

- Die Schweißverfahren und die Ausführung sind mit dem Besteller abzustimmen.
- Bei Schweißverbindungen in Rohrleitungen des Wasserdampfkreislaufes sind die Wurzellagen als Schutzgas-Schweißung auszuführen.
- Verzinkte Leitungen sind nach entsprechender Schweißnahtvorbereitung mit einem verfahrensgeprüften Fügeverfahren (z.B. MIG-Löten, MAG-Schweißen, WIG-Schweißen) zu verbinden.
- Bei zu beschichtenden oder auszukleidenden Rohrflächen sind die Schweißverbindungen beschichtungsgerecht auszuführen.

(2) Flanschverbindungen

- Die Verwendung von Flanschverbindungen soll auf die Fälle beschränkt bleiben, in denen Rohre, Anlagenteile oder Armaturen aus betrieblichen, prüf- und herstellungstechnischen Gründen mit Flanschen ausgeführt sein müssen.
- Es sind vorzugsweise Flansche nach DIN EN 1092-1 Typ 11 \geq PN 16 aus Walz- oder Schmiedestahl (z.B. nach DIN EN 10222, oder AD 2000, W9) einzusetzen, nachrangig solche aus Stahlguss (z.B. nach DIN EN 10213). Blattflansche (z.B. DIN EN 1092-1 Typ 01), hergestellt aus Walzprofilen und Blechen, sind nur bei Betriebsüberdrücken \leq 10 bar in Abstimmung mit dem Besteller einzusetzen.
- Für Flansche gelten die Lieferbedingungen nach DIN EN 1092-1. Im Geltungsbereich der DGRL gilt zusätzlich die Festlegung in der gewählten Produktnorm bzw. in dem gewählten Regelwerk (z.B. AD 2000, W9 und W13).
- Europäische Normen für Stahlflansche sind bis PN 400 beschränkt (DIN EN 1092-1). Darüber hinaus sind Einzelnachweise (PMA) zu führen.
- Für Rohrleitungsanlagen einschließlich Armaturen werden nachfolgende Flanschformen und Dichtflächen nach DIN EN 1092-1 empfohlen.
- Für die Auswahl von Dichtungen gelten die Empfehlungen der DIN EN 1514 und **VGBE-S-197** „Statische und quasistatische Dichtungen“.

- Schrauben und Mutterwerkstoffe müssen DIN EN 1515-4 „Auswahl von Schrauben und Muttern zur Anwendung im Gültigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU“ entsprechen.

Die ausführende Firma hat für die jeweiligen Einbauverhältnisse die Zweckmäßigkeit und die ausreichende Bemessung zu prüfen. Für Medien der Systemgruppe 5, wie für Fluide mit gefährlichen Eigenschaften sind die jeweiligen Anforderungen zu beachten.

(3) Muffenverbindungen

Erdverlegte Leitungen aus duktilem Gusseisen sollen durch Steckmuffen verbunden werden. Diese sind in der Regel gegen Längsschub zu sichern. Schraubmuffen sind zu vermeiden.

(4) Klammerverbindungen

Klammermuffen, Grayloc-Verbindungen oder ähnliche Klammerverbindungen sollen vermieden und nur dort eingesetzt werden, wo in Rohrleitungen ein häufiges Lösen der Verbindung zu erwarten ist. Der Einsatz erfolgt nur nach Abstimmung mit dem Besteller. Die Konformität mit der DRGL muss gewährleistet werden.

(5) Rohrverschraubungen

Sind aus technischen Gründen Verschraubungen erforderlich, so sind Fabrikat, Einsatzbereich und Ausführung mit dem Besteller abzustimmen. Verschraubungen mit Schneidring sind nicht zulässig.

(6) Schraubfittings

Bei verzinkten Leitungen ist bis DN 50 der Einsatz von verzinkten Stahl-Schraubfittings zulässig.

6.3.8 Ausführung von Durchmesser- und Wanddickenübergängen und von Schweißnähten

Für Schweißenden und für Rohrleitungsübergänge, die sich durch Veränderungen des Rohrdurchmessers oder der Wanddicke ergeben, müssen die nachstehenden Ausführungen beachtet werden.

- (1) Wanddickenübergänge sind aus spannungs- und prüftechnischen Gründen so zu gestalten, dass ein allmählicher Übergang an der Schweißnaht vorhanden ist. Bei Schweißnähten, für die eine Ultraschallprüfung vorgesehen ist, soll für Anschlusswanddicken von $s \geq 12$ mm der zylindrische Teil neben der Schweißnaht zur Ultraschallprüfbarkeit mindestens $3,5 \times s$ betragen. Andere Ausführungen sind zu vereinbaren.
- (2) In Prüfbereichen müssen die inneren und äußeren Oberflächen für zerstörungsfreie Prüfungen entsprechend den jeweiligen Anforderungen geeignet sein, um Fehldeutungen auszuschließen.

- (3) Bei Formstücken aus legierten Werkstoffen sind folgende Rundungsradien am Übergang zu den konischen Teilen einzuhalten:
 $R \geq 20 \text{ mm}$ bei $DN < 100$
 $R \geq 50 \text{ mm}$ bei $DN \geq 100$
- (4) Übergangsstücke, deren Schweißnähte einer Induktions- und Widerstandsglühlung unterzogen werden, sollen konstruktiv so ausgebildet werden, dass ein einwandfreies Wickeln der Glühkabel bzw. Widerstandselemente möglich ist.
- (5) Wanddickenübergänge, ohne die oben genannte zylindrische Länge, dürfen wegen der Ultraschallprüfung nur mit einem Neigungswinkel von maximal 7° ausgeführt werden.
- (6) Übergangsstücke an Bauteilen im HD-Bereich sind so auszubilden, dass im kegelförmigen Bereich mindestens die dem großen Durchmesser zugeordnete Wanddicke vorhanden ist. Diese Wanddicke muss auch im Anschluss an den konischen Teil auf der Seite des kleinen Durchmessers auf einer Länge von mindestens $1 \times s$ vorhanden sein. Die Rundungsradien zum konischen Teil dürfen 50 mm nicht unterschreiten, und der Neigungswinkel ist möglichst mit 15° zu wählen. Es ist zu beachten, dass jedoch 25° nicht überstiegen werden. Abweichungen von diesen Vorgaben sind vom Lieferer vor Fertigungsbeginn zu begründen.
- (7) Auch Formstücke zum Einsatz im MD-ND-Bereich sollen ausreichende Rundungsradien aufweisen. Neigungswinkel und Rundungsradien müssen den Festlegungen in der DIN EN 10253 entsprechen. Der Neigungswinkel für nicht genormte Übergänge darf 30° nicht überschreiten. An den zylindrischen Enden sind Längen von möglichst $\geq 20 \text{ mm}$ vorzusehen. Abweichungen von diesen Vorgaben sind vom Lieferer vor Fertigungsbeginn zu begründen.

6.3.9 Halterungen

Für die Planung, Konstruktion, Herstellung und Montage von Rohrhalterungen gilt die VGB-Richtlinie VGB-R 510.

Die Schnittstelle zwischen Rohrhalterung und Baukonstruktion ist gesondert zu vereinbaren. Dies gilt für die konstruktive und schweißtechnische Ausführung der Verbindung sowie deren zerstörungsfreie Prüfung.

(1) Definition

- Integrale Halterungsbauteile

Unter integralen Halterungsbauteilen werden solche Bauteile verstanden, die mit der drucktragenden Wandung verschweißt sind, z.B. Halterungs- und Isolierknocken.

- Nichtintegrale Halterungsbauteile

Unter nichtintegralen Halterungsbauteilen werden solche Teile verstanden, die nicht mit der drucktragenden Wandung verschweißt sind, z.B. Rohrschellen, Zugstangen und Stahlkonstruktionen.

- (2) Für integrale Halterungsbauteile an Rohrleitungen der Systemgruppe 1 gilt:

- Das Nockenmaterial ist auf das Rohrleitungsmaterial hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften, der Schweißbarkeit und des Wärmedehnungsverhaltens abzustimmen. Die Halterungs- und Isoliernocken sind artgleich der Rohrleitung auszuführen, hierfür gelten auch die Liefer- und Abnahmebedingungen für das Rohrmaterial;
- Flachnocken als lastabtragende Nocken sind nicht zulässig;
- Bei Rohrnocken soll das Durchmesser Verhältnis zu Nocken/Rohr $\leq 1:2$ betragen;
- Der Durchmesser der Rohrnocken ist so zu wählen, dass eine einwandfreie Gegenschweißung und Prüfung der Nockennaht möglich sind;
- Rohrnocken sind von innen Gegenzuschweißen. Vollnocken sind mittels einer voll durchgeschweißten K- oder U-Naht aufzuschweißen. Die Schweißnähte sind prüffähig zu Beschleifen;
- Im Bereich der Auflage der Halterungselemente oder der Unterkonstruktion für die Isolierung sind die Schweißnähte kerbfrei mit kleinen Rundungsradien zu beschleifen, so dass ein rohrnahes Anliegen der Unterstützungselemente (z.B. Abstandshalter) erzielt werden kann;
- Der Lieferer muss die Nockenschweißnähte in den Schweiß-, Wärmebehandlungs- und Prüfplänen berücksichtigen;
- Grundsätzlich sollen nach Möglichkeit nur 2 Nocken zur Lastabtragung ausgeführt werden. Sofern mehr als 2 Nocken erforderlich sind, ist dies mit dem Besteller abzustimmen;
- Für die Anbringung der Unterkonstruktionen der Isolierungen sind in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser mindestens 2 Nocken auszuführen. Ab einem Rohrdurchmesser ≥ 150 mm sind 3 Nocken anzubringen;
- Die Halterungsnocken sind nach Möglichkeit bereits werksseitig aufzuschweißen und mit dem kompletten Rohrspool Wärmezubehandeln. Das Aufschweißen der Nocken auf der Baustelle ist mit dem Besteller zu vereinbaren. Die Rohrleitung ist dann über den gesamten Umfang in die Wärmebehandlung mit einzubeziehen. Bei gegenüberliegenden Rohr- oder Vollnocken sind diese gemeinsam Wärmezubehandeln.

- (3) Für die Rohrleitungen der Systemgruppen 2 bis 5 gilt:
- Zur Abtragung von Lasten (Z-Stopps oder Hänger in vertikalen Strängen, Axialstopps) sind vorzugsweise Rohrnocken oder runde Vollnocken einzusetzen. Bei Rohrnocken ist der Durchmesser so zu wählen, dass eine einwandfreie Gegenschweißung möglich ist.
 - Flachnocken bedürfen der Zustimmung des Bestellers. Falls Flachnocken eingesetzt werden, ist die Nockenbreite auf ca. 15 mm und die Nockenlänge auf ca. 100 mm zu begrenzen.
 - Für die Systemgruppen 3 bis 5 können an kaltgehenden Systemen Fuß- oder Sattelkonstruktionen bzw. Ringträger zur Lastabtragung eingesetzt werden.
- (4) Bauüberwachung
- Der BÜ prüft die Konstruktion, Ausführung und Montage sowie das Funktionsverhalten der Rohrhalterungen gemäß VGB-Richtlinie VGB-R 510. Der BÜ prüft ferner die Einhaltung der konstruktiv vorgegebenen Einbauorte sowie die Dokumentation. Das Ergebnis der Prüfung ist zu protokollieren.

6.3.10 Aufweitungsmessungen, Dehnungsmessungen

- (1) Hochbeanspruchte Bauteile, die mit zeitabhängigen Festigkeitskennwerten berechnet werden (Systemgruppe 1), sind zur Messung der bleibenden Dehnung (plastischen Verformung) während der Betriebszeit mit Aufweitemessstellen auszurüsten. Die Ausführung und Installation von Aufweitemessstellen sind zu vereinbaren.
- (2) Hierzu sind an zugänglichen Stellen, im Bereich der geringsten Wanddicken von Rohren, der Rohrbögen mit den größten Unrundheiten und der am höchsten beanspruchten Formstückanschlussstellen, Messstellen anzuordnen. Dabei sollten für Rohre und Rohrbögen die Messstellen auch im Bereich der höchstmöglichen Betriebstemperatur (möglichst nahe hinter Kesselaustritt) liegen, damit tatsächlich die maximalen Dehnungen erfasst werden.
- (3) Es werden in der Regel Durchmesser- und Umfangsmessungen angewendet. Die Durchmesser- und Umfangsmessungen zeigen die Wirkung der Betriebsbeanspruchungen und des evtl. ausgleichenden Kriechens bezogen auf die ursprünglich vorhandenen Unrundheiten. Die Umfangsmessungen zeigen dagegen zuverlässig die Gesamtaufweitung infolge des Langzeit-Kriechvorganges.
- (4) Zur Erzielung fortlaufender, belastbarer Messergebnisse während der gesamten Betriebszeit ist es unabdingbar, dass eine Nullmessung vor der ersten Inbetriebnahme durchgeführt wird. Auch sind alle weiteren Messungen kontinuierlich nach dem gleichen Procedere durchzuführen und zu dokumentieren. Weiterhin sind die eingesetzten, klassifizierten und ggf. kalibrierten Messwerkzeuge über den gesamten Zeitraum der Aufzeichnungen vorzuhalten.

Siehe hierzu VGB-Standard VGB-S-509 „Inhalte wiederkehrender Prüfungen an Rohrleitungen und deren Komponenten in Wärmekraftwerken“.

- (5) Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung von Dehnungen ist die Installation von Dehnungsmessstreifen. Ihr Einsatz ist zu vereinbaren.
- (6) Mit Dehnungsmessstreifen lassen sich elastische und plastische Dehnungen erfassen. Je nach Ausführung und Anzahl der Messstreifen können Mittelspannungen, örtliche Spannungsspitzen oder auch Spannungsverläufe ermittelt werden. Langzeitmessungen liefern Aussagen über eventuelle Belastungsänderungen und Kriechvorgänge. Der Einsatz im Kriechbereich erfordert spezielle Hochtemperatur-Dehnungsmessstreifen.
- (7) Weitere Einsatzmöglichkeiten von Dehnungsmessstreifen sind Untersuchungen von Montage- und Prüfbedingungen, von speziellen Betriebsfällen (Anfahren, Lastwechsel), von äußeren Lasten, von Rohrleitungsaufhängungen (Stoßbremsen, Lasteinleitstellen), von kritischen Geometrien und Formübergängen (Armaturen, Formstücke) und von Schadensfällen.

6.4 Korrosionsschutz

Ein dauerhafter Korrosionsschutz ist für den Erhalt von Rohrleitungsanlagen von wirtschaftlicher und technischer Bedeutung und muss unter Beachtung der technischen Regelwerke und Spezifikationen sorgfältig ausgeführt werden.

6.4.1 Allgemeine Anforderungen

Es dürfen für die Beschichtungsarbeiten nur Firmen beauftragt werden, die nachweisen, dass sie die Planung, Ausführung und Überwachung des Korrosionsschutzes auf der Grundlage der Normenreihe DIN EN ISO 12944 sicherstellen können.

Das Beschichtungssystem ist vom Lieferer – sofern vom Besteller nicht anders vorgegeben – unter Berücksichtigung der folgenden Randbedingungen auszulegen:

- Art des Bauwerks;
- Umgebungsbedingungen (Korrosionsbeanspruchung);
- Schutzdauer des Beschichtungssystems;
- Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen.

Die Planung des Korrosionsschutzes muss so erfolgen, dass am gesamten Bauteil der Korrosionsschutz über die Schutzdauer gewährleistet ist.

Vor Beginn der Beschichtungsarbeiten sind dem Besteller nachfolgende Unterlagen gemäß DIN EN ISO 12944-8 einzureichen:

- Projekt-Spezifikation (verfahrenstechnische Anforderungen);

- Beschichtungssystem-Spezifikation; einschließlich Datenblätter; Verarbeitungshinweise und Eignungsnachweise;
- Ausführungs-Spezifikation (Korrosionsschutzplan);
- Überwachungs-Spezifikation.

Die Beschichtungsarbeiten sind durch den Lieferer so zu planen und auszuführen, dass alle gesetzlichen Auflagen des jeweiligen Landes am Ausführungsort bezüglich Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit und Umweltschutz eingehalten werden.

Alle dafür erforderlichen Nachweise sind dem Besteller zu übergeben.

Mit den Beschichtungsarbeiten darf erst begonnen werden, wenn die Unterlagen vom Besteller genehmigt sind.

6.4.2 Allgemeine Ausführungsforderungen

Die Einhaltung der Applikationsbedingungen bei den Beschichtungsarbeiten (Temperatur, Luftfeuchte, Zwischenzeiträume) ist durch geeignete Aufzeichnungen des Lieferers nachzuweisen. Alle dafür erforderlichen Arbeitsmittel sind vom Lieferer vorzuhalten.

Grundsätzlich ist eine Werkstattbeschichtung einer Beschichtung auf der Baustelle vorzuziehen. Mindestens die Grundbeschichtung hat werksseitig zu erfolgen.

Verschmutzungen der Stahloberflächen durch Öle, Fette, Salze, Säuren und Laugen müssen durch geeignete Reinigungsmittel rückstandsfrei entfernt werden. Durch die Reinigung darf eine fertig bearbeitete Oberfläche nicht nachteilig verändert werden.

Oberflächenschichten wie z.B. Rost oder Walzhaut müssen durch geeignete Entrostungsverfahren entfernt werden. Es sind die Anforderungs-Spezifikationen der Besteller zu beachten. In der Regel gilt als Norm-Reinheitsgrad Sa 2½ als Mindestanforderung.

Der Lieferer hat die Verträglichkeit und Haftung mit der Folgebeschichtung sicherzustellen. Vor dem Aufbringen von Folgebeschichtungen hat der Lieferer sicherzustellen und zu dokumentieren, dass die Oberfläche trocken und frei von Verunreinigungen ist.

Die Applikation der Grundbeschichtung muss mittels Pinsel bzw. Spritzverfahren erfolgen. Die Deckbeschichtung kann mit Pinsel, Rolle oder Spritzverfahren aufgetragen werden, sofern vom Besteller nichts anders gefordert.

An Stellen, an denen der Beschichtungsaufbau unterbrochen wird, müssen die einzelnen Schichten ausreichend abgestuft werden, um bei Weiterführung eine einwandfreie Schichtenfolge sicherzustellen.

Für spezielle Anlagenteile bzw. mechanisch bearbeitete Rohrleitungsteile (z.B. Schweißflanken) ist ein temporärer überschweißbarer Transportanstrich vorzusehen. Die Rohrenden sind mit Kunststoff- oder Gummikappen zu verschließen.

Baustellenschweißnähte sind nach dem Schweißen mechanisch zu säubern und nachträglich mit dem Beschichtungssystem zu versehen, gleiches gilt für beschädigte Bereiche.

6.4.3 Besondere Korrosionsschutzanforderungen verschiedener Rohrleitungssysteme

Der Innenschutz von Rohrleitungen ist, abhängig von dem Medium und den Strömungsverhältnissen, mit dem Besteller abzustimmen.

Wärme gedämmte Druckteile (z.B. HD-Rohrleitungen, Formstücke, Bogen) erhalten in der Regel nur einen temporären Transportanstrich.

Hauptkühlwasserleitungen erhalten einen geeigneten Innenschutz (z.B. Zementmörtelinnenauskleidung).

Erdverlegte Rohrleitungen sind gegen äußere Korrosion zu schützen, wie z.B. durch bituminiertes Glasfaserband, PE-Umhüllung ggf. in Verbindung mit kathodischem Korrosionsschutz.

6.4.4 Fertigfabrikate

Fertigfabrikate, wie z.B. Armaturen, Federhänger, Konstanthänger erhalten einen Korrosionsschutz entsprechend dem Fertigungsprogramm der Lieferfirma unter Berücksichtigung der Einsatzbedingungen (Freiluftbauweise) – sofern nicht anders vom Besteller gefordert.

Nach der Montage wird der Zustand der Beschichtung geprüft. Schäden sind unmittelbar nach den Lieferervorgaben vom Lieferer auszubessern.

Verbindungsmittel wie Schrauben, Bolzen, Muttern und Scheiben werden in der Regel cadmiert und chromatiert oder galvanisch verzinkt und chromatiert angeliefert und mit dem Anlagenteil mitbeschichtet.

Ausgenommen sind in der Regel warm- oder hochfeste Schraubverbindungen und Sonderschrauben sowie mediumberührte Schraubverbindungen.

Die Auflageflächen von Schraubenköpfen, Unterlegscheiben bzw. Muttern sind mindestens mit einer Grundbeschichtung zu versehen. Erst nach Anzug der Schraubverbindungen ist der komplette Anstrich in diesem Bereich herzustellen.

6.4.5 Bauüberwachung

Die Korrosionsschutzarbeiten sind gemäß der Überwachungsspezifikation zu überwachen.

Der Besteller behält sich vor, ggf. einen eigenen Bauüberwacher zu beauftragen.

6.4.6 Dokumentation

Die Planung, Ausführung und Prüfung der Korrosionsschutzarbeiten sind gemäß DIN EN ISO 12944 vom Lieferer zu dokumentieren.

6.5 Bauteilkennzeichnung

Bei Bauteilen der Systemgruppen 1 und 2 müssen neben der Werkstoffkennzeichnung die in den Zeichnungen ausgewiesenen Bezeichnungen angebracht sein. Diese müssen gut lesbar auf jedem Stück der vorgefertigten und fertig gestellten Bauteile angebracht sein.

Bei der Vorfertigung ist durch geeignete verwechslungssichere Markierungen die Kennzeichnung sicherzustellen.

6.6 Anlagenbeschilderung

6.6.1 Allgemeines

- (1) Die Anlagenbeschilderung dient der einfachen Erkennung der Komponenten.
- (2) Die Qualität und der Umfang der Beschilderung sind vor der Herstellung/Errichtung zwischen Lieferer und Besteller zu vereinbaren.

6.6.2 Beschilderung von Rohrleitungen

- (1) Isolierte und austenitische Rohrleitungen, die keinen Anstrich erhalten, sowie isolierte oder ferritische Rohre mit einem vollflächigen Deckanstrich (neutraler Farbton) sind grundsätzlich mit Selbstklebefolien in den dem Medium zugeordneten Farbton zu kennzeichnen.

Rohrleitungen, die einen dem Medium farblich zugeordneten Deckanstrich erhalten, können auch mit Selbstklebefolien weiß mit schwarzem Aufdruck gekennzeichnet werden.

- (2) Die Beschilderung ist gemäß DIN 2403 mit Angabe des Durchflusstoffes, der Fließrichtungsangabe und ggf. der entsprechenden Gefahrensymbole vorzunehmen.
- (3) Die Beschilderung kann nach Absprache mit dem Besteller um die Anlagen-Kennzeichnung der Rohrleitung ergänzt werden, wenn eine Identifikation durch erkennbare Komponenten-Beschilderung nicht möglich ist.
- (4) Die Bänderolen sind an betriebswichtigen Stellen sowie vor und hinter räumlichen Trennungen (z.B. Mauerdurchführungen) anzubringen und müssen gut zu erkennen sein.
- (5) Bänderolen mit einer Kombination aus Richtungspfeil und Durchflusstoff sind in Hinsicht auf die Montagevereinfachung vorzuziehen.

- (6) Zur allseitigen Lesbarkeit ist der Aufdruck des Durchflusstoffes alternierend um 180 ° gedreht aufzubringen.
- (7) Die Schrifthöhe der Beschilderung ist dem Leitungsdurchmesser und der Lage der Rohrleitung anzupassen.
- (8) Die Beschilderung muss zwischen minus 20 °C bis plus 120 °C temperaturbeständig und UV-beständig sein.

6.6.3 Beschilderung von systemzugehörigen Komponenten

- (1) Die Schilder für Gerätebezeichnungen sollen rechteckig sein und mehrzeilig aufgebaut werden.
- (2) Die Schilder sollen im Regelfall aus Kunststoff bestehen. Für besondere Einsatzfälle können Schilder aus Edelstahl oder Aluminium mit abgerundeten Ecken verwendet werden.
- (3) Die Schilderfarbe ist materialspezifisch, die Beschriftung schwarz.
- (4) Die Farbe der Kunststoff-Schilder ist beidseitig Weiß.
- (5) Die Schrift ist nach der Gravur schwarz. Das Material soll UV-beständig und chemisch belastbar sein.
- (6) Die Schilderträger können je nach Einsatzfall aus Edelstahl, Aluminium oder Kunststoff hergestellt werden.
- (7) Besteht die Möglichkeit einer direkten Befestigung der Schilder am Objekt, ist dies zulässig. Wo dies nicht möglich ist, kommen Schilderträger zum Einsatz.

Die Schilderträger müssen folgende Eigenschaften haben:

- für gewölbte und plane Flächen gleichermaßen verwendbar;
 - selbstzentrierend;
 - um 90° drehbar;
 - vibrationsfest;
 - formstabil;
 - wiederverwendbar.
- (8) Der Schildertext muss mit dem in den Schilderlisten angegebenen Bezeichnungen übereinstimmen.
 - (9) Die Schilderliste ist vom Besteller zu genehmigen.
 - (10) Die Beschriftung erfolgt in der Regel in drei Zeilen mit Angabe der KKS bzw. RDS-PP® Bezeichnung, der Rohrleitungs- bzw. Komponentenbezeichnung (Klartext oder Abkürzung nach **vgbe-Standard VGBE-S-891**) und einem nach Einsatzfall zu vereinbarendes Kriterium.

6.7 Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen mit und ohne Liner

6.7.1 Allgemeines

Diese Ausführungen gelten für die Planung und Verlegung von Rohrleitungssystemen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) mit und ohne Liner für aggressive und abrasive Medien wie z.B. Kühl- und Brauchwasser, Abwasser, Suspensionen und Chemikalien. Der VGB-Standard VGB-S-609 ist anzuwenden.

Die im Wesentlichen für den Kraftwerksbereich zum Einsatz kommenden GFK-Rohre werden gemäß DIN 16965 wie folgt eingeteilt:

- Rohrtyp B - Rohre mit Liner aus z.B. PVC, PP, PVDF, HDPE usw.
- Rohrtyp D - Rein-GFK-Rohre mit einer ca. 2,5 mm dicken, harzreichen Chemieschutzschicht.
- Rohrtyp E - Rein-GFK-Rohre, jedoch mit durchgehendem, harzreichem Aufbau.

Für untergeordnete Anwendungsfälle im Kraftwerksbereich, bei geringem Drücken und niedrigeren Temperaturen, können u. U. auch unverstärkte Rohre aus PP, PE oder PVC-U eingesetzt werden.

Regelwerksanforderungen für GFK-Rohrleitungen sind in folgenden Normen u.a. beschrieben: AD 2000 HP110R, AD 2000 N1 (mit Verweis auf DIN EN 13121) und für Rohrsystemanalysen in DIN EN 14692. Das Gesamtsicherheitskonzept inkl. Teilsicherheitsbeiwerte und Einzelbegutachtung (inkl. Beprobung des Werkstoffes) des Werkstoffes ist zu Projektbeginn zwischen allen Beteiligten Parteien abzustimmen.

6.7.2 Berechnungen und Konstruktionsgrundsätze

GFK-Rohrleitungen in Anlehnung an DIN 16965-2, -4, -5, DIN 16870-1, DIN 16871, ASTM D 3517:2019 Anforderungen für Druckleitungen aus glasfaserverstärktem härtbarem Harz und VGB-S-609 müssen unter Berücksichtigung der spezifischen Werkstoffeigenschaften geplant und berechnet werden, dabei sind alle chemischen, thermischen und mechanischen Belastungen zu berücksichtigen. Zulässige, temperaturabhängige Innendrucke ohne Zusatzlasten sind in DIN 16867 festgelegt. Es ist zu beachten, dass die zulässigen Drücke für Formstücke und Verbindungen kleiner sein können als für die Rohre. Für Rohrleitungsteile, die über die in den Normen angegebenen Werte hinaus belastet werden, ist ein Festigkeitsnachweis (rechnerisch oder durch Kurzzeit-Innendruckversuche nach DIN EN ISO 1167) zu erbringen.

Bei Anschlüssen von Rohrleitungen aus GFK an Behälter, Apparate oder Pumpen sind die zulässigen Stutzenlasten einzuhalten. Schwingungsbelastungen der GFK-Bauteile sind zu vermeiden. Gegebenenfalls sind Ausgleichselemente oder schwingungsdämpfende Elemente einzusetzen.

Grundsätzlich sind für die konstruktive Gestaltung und Berechnung die Verlegerichtlinien für Rohrleitungen aus textilglasfaserverstärkten Reaktionsharzformstoffen „Planungs- und Konstruktionshinweis“ vom Kunststoffrohrverband e. V. (KRV) einzuhalten.

6.7.3 Konstruktive Gestaltung

(1) Stutzen

Stutzen und Abzweige an GFK-Rohrleitungen werden durch Einsetzen eines Rohrstützens hergestellt oder es kommen vorgefertigte Abzweige oder T-Stücke zum Einsatz.

Wenn es die Leitungsführung erlaubt, sind im Bereich der Stutzen und Abzweige Festpunkte vorzusehen, andernfalls müssen die Anschlussleitungen für die Bewegungen der Hauptleitung ausgelegt werden. Tritt bei eingesetzten Stutzen Biegung auf, so ist bei einem Durchmesser Verhältnis von Stutzen zur Leitung $> 0,5$ das Verbindungslaminat nicht sattelförmig auszuführen, sondern die Rohrleitung muss von Laminat vollständig umschlossen sein.

Sind Abzweige im Bereich von Laminatverbindungen in der Rohrleitung unumgänglich, ist der Stutzen so anzuordnen, dass sich die Nahtstellen nicht berühren. Die Lamine für Rohrverbindungen und Stutzen sollten dann in einem Arbeitsgang aufgebracht werden.

Für den Einsatz von Kompensatoren in GFK-Rohrleitungssystemen gelten sinngemäß die gleichen Festlegungen gemäß Kapitel 6.3.6.

(2) Verbindungen

Eine Übersicht der möglichen Verbindungsarten und ihre Ausführungen sind in den DIN-Normen bzw. der Verlegeanleitung „GFK-Industrierohre“ Rohrleitungen im Industriebereich, A 984 Kunststoffrohrverband (KRV) enthalten.

Lösbare Verbindungen:

Losflansche sind Festflanschen vorzuziehen, da der Losflansch ein loser Metallring ist, der auf einen GFK-Bund drückt und damit größere Toleranzen bei der Ausrichtung zulässt.

Dichtungen:

Es sollte möglichst eine Dichtungsform gewählt werden, die ein geringes Schraubenanzugsmoment für die Flanschverbindungen erfordert.

Als Dichtwerkstoff kommen verschiedene, für den jeweiligen Durchflusstoff chemisch widerstandsfähige Elastomerwerkstoffe zur Anwendung (Hartfaserdichtungen sind nicht zulässig). Es ist darauf zu achten, dass diese Werkstoffe einerseits flexibel sind, um die Dichtheit der Verbindung zu gewährleisten und andererseits eine ausreichende Festigkeit aufweisen, um den Innendruck- und Anzugskraftbelastungen zu widerstehen.

Als zweckmäßig haben sich Dichtungen aus Elastomerwerkstoffen mit einer Shore-A-Härte max. 60 erwiesen, bei großen Nennweiten haben sich Weichgummi-Dichtungen mit Stahleinlage bewährt, siehe auch VGBE-S-197.

Unlösbare Verbindungen:

Laminatverbindungen entsprechend DIN 16966, Teil 8 und Klebemuffenverbindungen können bei Rohrleitungen mit und ohne Auskleidung sowohl auf der Baustelle als auch in der Werkstatt ausgeführt werden, wobei der Werkstatt der Vorzug zu geben ist.

Es sind nur geprüfte Laminierer entsprechend DVS-Richtlinie 2220 einzusetzen. Die Laminatverbindung ist bei höher belasteten Rohrsystemen vorzuziehen. Der Liner darf nur von geprüften Schweißern entsprechend DVS-Richtlinie 2212 geschweißt werden.

(3) Halterungen

Anforderungen an Halterungen für GFK-Rohrleitungen sind in der KRV Verlegerichtlinie A435 "Planung- und Konstruktionshinweise" oder ASME B31.3 festgelegt.

6.7.4 Transport und Lagerung

- (1) Rohre dürfen nur dann auf Fahrzeugen transportiert werden, wenn sichergestellt ist, dass sie auf ihrer gesamten Länge aufliegen und ein Verschieben, Scheuern, Springen oder Herunterfallen nicht möglich ist. Es sind weiche Anschlagmittel wie Hanf- oder Kunststoffseile bzw. Gurtbänder, jedoch keinesfalls Ketten oder Drahtseile zu verwenden.
- (2) Beim Be- und Entladen sowie Transport dürfen keine punktförmigen Belastungen und schlagartigen Beanspruchungen auf die Rohre erfolgen. Beim Transport bzw. bei Lagerung ist darauf zu achten, dass Beschädigungen durch Verformungen nicht auftreten.
- (3) Losflansche müssen gegen Verschieben bzw. Rohr- und Formstückenden gegen Beschädigungen gesichert sein. Die Dichtflächen an Flanschverbindungen müssen zur Vermeidung von Beschädigungen geschützt sein, z.B. durch Schutzkappen.
- (4) Formstücke werden zweckmäßigerweise in Kisten oder auf Paletten transportiert und gelagert. Rohre und Formstücke dürfen nicht geworfen oder abgekippt werden. Die Lagerung kann im Freien erfolgen. Bei längeren Lagerungszeiten und/oder extremen Umgebungsbedingungen sind Schutzmaßnahmen zu treffen.
- (5) Rohrstackel sind nur bis etwa 1,5 m Höhe sinnvoll und müssen gegen Verschieben gesichert werden. Werden Rohre ebenerdig gelagert (nicht auf kantige Schottersteine o. ä.), so soll das Rohr auf der ganzen Länge aufliegen. Rohre mit Flanschen müssen mit Zwischenlagen in ausreichender Anzahl (Holzplatten) gestapelt werden.

6.7.5 Rohrverlegung und Verarbeitung

Das Verlegen der Rohrleitungen erfordert sowohl in der Leitungsführung als auch für die Befestigung die Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften der Kunststoffe. Für die einzelnen Anwendungsgebiete und die Art der Verlegung sind die entsprechenden Vorschriften, Normen und Richtlinien sowie insbesondere die KRV-Verlege Richtlinien A 435 „Planungs- und Konstruktionshinweise“ und die KRV-Verlegeanleitung A 984 für „GFK-Industrierohre“ zu beachten.

Armaturen oder sonstige Komponenten dürfen die Rohrleitungen und die Verbindungsflansche nicht durch ihr Eigengewicht belasten. Sie müssen außerdem so befestigt sein, dass Betätigungs- und Reaktionskräfte nicht auf die Rohrleitung übertragen werden können.

6.7.6 Bau- und Montageüberwachung

Die Herstellung der Bauteile erfolgt in den Werkstätten des Lieferers und der Zusammenbau auf der Baustelle. Die Verarbeitung, das Verkleben oder die Laminierung von GFK-Kunststoffrohrleitungen erfordert eine sorgfältige Vorbereitung der Nahtbereiche. Die Arbeiten sind in witterungsgeschützten und im Winter möglichst beheizten Fertigungshallen bzw. Überdachung bei Außenarbeiten zu erfolgen. Dem Besteller und BÜ ist der verantwortliche Bauleiter und eine verantwortliche Person für die Qualitätsüberwachung zu benennen. Im Einzelnen werden vom BÜ mindestens folgende Punkte durchgeführt:

- Kontrolle der Herstellungsvorbereitungen für die Rohre (Glasaufbau, Herstellung der Harzmischung) in Stichproben;
- Visuelle Kontrolle an fertigen Rohren und Wanddickenmessung in Stichproben;
- Überprüfung des Aushärtungsgrades des Verstärkungsmaterials (Barcollhärte);
- Vergleich der Kennzeichnung der Teile mit den Zeugnisangaben;
- Das Personal, welches Laminier- und Klebearbeiten ausführt, hat die erforderliche Sachkunde nachzuweisen (DVS-Prüfungen);
- Stichprobenweise Kontrolle der Vorbereitungen und Ausführung der Verklebearbeiten (Oberflächenvorbehandlung, Herstellung der Mischungen, Handhabung);
- Stichprobenweise Kontrolle der Wärmeführung zum Aushärten der Klebeverbindungen. Kontrolle der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen im Bereich der Klebearbeiten zur Taupunktbestimmung. Die Objekttemperatur muss mindestens 5 K über der Taupunkttemperatur liegen. Schreibende Geräte sind zu bevorzugen;
- Stichprobenweise visuelle Kontrolle aller Laminatkleber-, Muffen- und Flanschverbindungen;

- Stichprobenweise Kontrolle der Planparallelität an Flanschdichtungsflächen;
- Stichprobenweise Überprüfung der Klebeverbindungen durch Zugversuch und Haftscherversuch an 2 Fertigungsproben aus der Originalleitung pro verwendete Nennweite und pro eingesetzten Mitarbeiter, verteilt über den Fertigungszeitraum;
- Prüfung der Leitungsverlegung auf zeichnungsgerechte Ausführung; insbesondere der Hauptabmessungen, der Unterstützungen und der Fest- und Gleitlager. Prüfen auf Dehnungsmöglichkeiten der Kompensatoren;
- Überprüfung der angelieferten Teile auf Transportschäden und Lagerung.

6.7.7 Prüfungen

Für Rohrleitungen im abnahmepflichtigen Bereich gelten die Vorschriften der jeweils gültigen Richtlinie und/oder Verordnung (DGRL, MVO/MRL) in Verbindung mit dem zwischen Besteller und Lieferer festgelegten Regelwerk (z.B. AD 2000).

Art und Umfang der Prüfungen sowie Anforderungen, welche an die betreffende Rohrleitung gestellt werden, sind auftragsspezifisch festzulegen. Hinweis gibt der **VGB-Standard VGB-S-609** „Anwendung, Konstruktion und Güteüberwachung von faserverstärkten Kunststoffen im Kraftwerksbau“.

Vorbereitung, Durchführung und Beurteilung der Druck- und Dichtheitsprüfungen hat gemäß der KRV-Verlegeanleitung A 984 „GFK-Industrierohre“ zu erfolgen.

7 Prüfung und Freigabe von Unterlagen

- (1) Es ist eine Vereinbarung zu treffen, welche der nach Kapitel 15 und 16 zu erstellenden Planungs- und Fertigungsunterlagen dem Besteller zur Freigabe vorzulegen sind. Die frei zu gebenden Unterlagen können in Tabelle 1 (in Kapitel 15) und Tabelle 2 (in Kapitel 16) über „F“ (Freigabe durch den Besteller) anstatt eines „X“ (Erstellung durch den Lieferer) gekennzeichnet werden.
- (2) Zwischen Besteller und Lieferer sind die Freigabemodalitäten zu vereinbaren, welche sich nach den terminlichen Randbedingungen orientieren. Der Besteller ist berechtigt, ohne den nach Kapitel 7 (1) vereinbarten Freigabevermerk gefertigte Bauteile zurückzuweisen.
- (3) Der Freigabevermerk schränkt die Gewährleistung des Lieferers nicht ein; er begründet keine Haftung des Bestellers.

8 Bau- und Montageüberwachung

- (1) Der Besteller legt den Überwachungsumfang im Überwachungsplan fest. Der Bau- und Montageüberwachungsplan ist der Ausschreibung der Rohrleitungsanlagen beizufügen und Bestandteil der Rohrleitungsbestellung.
- (2) Führt der Besteller die Bauüberwachung nicht selbst durch, kann er einen geeigneten BÜ mit der Durchführung beauftragen, z.B.:
 - vgbe energy e. V.;
 - Überwachungsorganisationen.

8.1 Organisation der Überwachung

- (1) Der BÜ wird im Auftrag des Bestellers tätig oder ist der Besteller selbst.

Ein Inspektions- und Testplan ist vom Lieferer zu erstellen und vom Besteller oder BÜ zu vereinbaren.

Im Rahmen der Auftragsabwicklung legt der Besteller/BÜ seine beabsichtigten Prüfteilnahmen fest.
- (2) Müssen Inspektionen oder Tests wiederholt werden oder sind Bauteile oder Dokumentationsunterlagen zum vereinbarten Zeitpunkt nicht prüffähig, trägt der Lieferer die zusätzlichen Kosten des BÜ zu der Wiederholung der Inspektion bzw. des Tests. Bei unzulässigen Abweichungen ist der Prüfumfang zu Lasten des Lieferers zu erhöhen und der Besteller und BÜ zu informieren.
- (3) Das Auftreten wesentlicher Fehler, Schwierigkeiten bei der Herstellung der Bauteile sowie Terminverschiebungen sind dem Besteller und dem BÜ unverzüglich mitzuteilen.
- (4) Der Lieferer ist verantwortlich für das Einhalten des Inspektions- und Testplans und ermöglicht hiervon unabhängig die Bauüberwachung, auch bei seinen Unterlieferanten.
- (5) An allen Prüfungen nimmt der BÜ gemäß dem Inspektions- und Testplan teil. Die Auswahl der Stichproben und anteiliger Prüfungen wird durch den BÜ festgelegt.
- (6) Vom Lieferer ist ein Fertigungs- und Montageterminplan zu erstellen, der dem Besteller und BÜ zur Verfügung zu stellen ist.

Der Lieferer lädt den BÜ rechtzeitig, schriftlich (mindestens drei Werktage vorher, fünf Werktage vorher bei Auslandseinsatz) zu den Prüfungen mit vereinbarter Besteller-/BÜ-Teilnahme in den eigenen Fertigungsstätten und zu denen seiner Unterlieferanten ein und gewährt ihm darüber hinaus jederzeit ungehindert Zugang zu den Montage-, Fertigungs- und Prüfstätten.

Abweichungen hiervon sind zu vereinbaren. Der Besteller wird über den Endabnahmetermin rechtzeitig in Kenntnis gesetzt.

- (7) Personal, Geräte, Hilfsmittel und Gerüste werden vom Lieferer im erforderlichen Umfang für die Prüfungen gestellt. Der BÜ ist so rechtzeitig einzuladen, dass für seine Tätigkeiten Montagegerüste mitgenutzt werden können.
- (8) Für die vom BÜ durchzuführenden Prüfungen sind vom Lieferer die erforderlichen Vorbereitungen zu treffen und alle Unterlagen, die dem aktuellen Ausführungsstand entsprechen, bereitzuhalten. Alle BÜ-Prüfungen sind zu dokumentieren.

9 Montage

9.1 Grundlagen und Vorbereitungen

9.1.1 Grundlegende Richtlinien

Bei der Durchführung der Montagearbeiten sind neben diesem Standard die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und die Baustellenordnung des Bestellers zu beachten.

9.1.2 Transport- und Lagerverhältnisse

- (1) Der Lieferer hat bei Auftragsvergabe seinen Flächenbedarf für die Baustelleneinrichtung bekannt zu geben und die Einrichtung und Platzverteilung mit dem Besteller abzustimmen.
- (2) Über die Transport- und Lagerverhältnisse auf der Baustelle sind vor Auftragsvergabe Vereinbarungen zwischen Besteller und Lieferer zu treffen. Der Lieferer hat sich über die örtlichen Verhältnisse zu informieren. Auf besondere Einschränkungen weist der Besteller den Lieferer hin. Gegebenenfalls sind hierüber mit dem Besteller besondere Vereinbarungen zu treffen.
- (3) Anlieferungen zur Baustelle sollen während der Arbeitszeit des Montagepersonals erfolgen. Sie sind mit der vom Besteller eingesetzten Bauleitung abzustimmen.
- (4) Die Anlieferung großer und sperriger Bauteile, insbesondere soweit sie Sperren oder Umleitungen vorhandener Verkehrsflächen und Transportwege erfordern, ist rechtzeitig mit den zuständigen Stellen abzustimmen.
- (5) Der Transport und die Lagerung haben sachgemäß mit der für die jeweiligen Bauteile notwendigen Sorgfalt zu erfolgen. Die inneren Oberflächen der Bauteile sind durch geeignete Maßnahmen derart zu schützen, dass während des Transportes, der Lagerung auf der Baustelle, der Montage und der Wartezeit bis zur Inbetriebnahme keine Schäden auftreten.
- (6) Für bauseitig vorhandene Transport- und Montageeinrichtungen übernimmt der Besteller keine Gewähr für deren ständige Verfügbarkeit während der Montagezeit oder deren Eignung für die von der Montagefirma vorgesehene Nutzung.

9.1.3 Baustellen- und Montageeinrichtungen

Der Lieferer trägt die Verantwortung für die einwandfreie Beschaffenheit und Verwendbarkeit der von ihm gestellten Montageeinrichtungen gemäß den gesetzlichen Vorschriften und den Unfallverhütungsvorschriften. Er hat die notwendigen Überprüfungen und Abnahmen, z.B. für Rüst- und Hebezeuge, elektrische Einrichtungen zu veranlassen. Für die Anlage von Baubuden, fliegenden Bauten und sonstigen notwendigen Räumlichkeiten, sind alle behördlichen Genehmigungen rechtzeitig einzuholen.

9.1.4 Zeitplan, Terminabstimmung

- (1) Die Montagearbeiten sind in einem Montageablaufplan anzugeben. Im zugehörigen Terminplan ist der vorgesehene Personaleinsatz zu berücksichtigen. Ein verantwortlicher Bauleiter ist mit dem Besteller abzustimmen.
- (2) Der Lieferer bzw. die Montagefirma hat mit dem Besteller einen Zeitplan für die Lieferungen und den Zusammenbau der Rohrleitungsanlagen zu vereinbaren und die Lieferung zeitlich so einzuteilen, dass sie mit dem Fortschritt der übrigen Montagearbeiten in Einklang gebracht werden kann.
- (3) Auf andere gleichzeitig dort tätige Montagefirmen ist Rücksicht zu nehmen. Gegebenenfalls sind getrennte Transport- und Zugzeiten in Absprache mit dem Bauleiter des Bestellers festzulegen, wenn gemeinsame Transportwege oder bauseitig vorhandene Zug- und Transporteinrichtungen benutzt werden.

9.1.5 Montagesorgfalt

- (1) Die Montage der Rohrleitungsanlage hat derart zu erfolgen, dass keine Personen verletzt oder Anlagenteile hierbei beschädigt werden. Gegebenenfalls sind zu deren Schutz besondere Maßnahmen durch Verbau, Abweiser oder durch Auslegen mit Bohlen erforderlich.
- (2) Die vorzurichtenden Rohrstränge sind vor der Montage gemäß den Bestellanforderungen zu reinigen.

Insbesondere sind nach der mechanischen Bearbeitung der Schweißenden die Dreh- und Schleifspäne sorgfältig zu entfernen. Das gleiche gilt nach dem Durchbohren von Stützen. Vor dem Herstellen der Rohrverbindungen ist sicherzustellen, dass Verunreinigungen entfernt sind.

(siehe VGB-Standard VGB-S-513, „Innere Reinigung von Wasserrohr-Dampferzeugeranlagen und Rohrleitungen“)
- (3) Es wird empfohlen, Rohrleitungen vor der Inbetriebnahme nach den Vorgaben des Bestellers auf Sauberkeit zu kontrollieren und danach sofort zu verschließen.
- (4) An Armaturen, Pumpen oder ähnlichen Bauteilen, die von der Rohrleitungsfirma zu montieren sind, dürfen Schluppe, Seile oder Ketten nicht an Handrädern, Spindeln, Antrieben, Wellen oder ähnlichen Elementen angeschlagen werden.
- (5) Bei der Durchführung von Schweißarbeiten ist sorgfältig darauf zu achten, dass Stoßbremsen, federnde Halterungen, Armatureneinbauten, Pumpen oder andere Bauteile mit engen Bewegungsspielen nicht im Stromfluss liegen, um deren Beschädigung zu vermeiden. Die Erdung ist entsprechend anzuklemmen.
- (6) Montageöffnungen und provisorische Öffnungen in Bühnen oder Gerüsten, die für Montagevorgänge hergestellt werden, sind zu sichern. Gitterroste sind nach dem Schließen der Öffnungen sofort wieder vorschriftsmäßig zu befestigen.

- (7) Vor dem Anschlag von Tragseilen oder Greifzügen zu Montagezwecken an vorhandenen Bauteilen oder Betriebseinrichtungen oder dem Transport von schweren Einzellasten über Bühnen ist ein statischer Nachweis dem vom Besteller eingesetzten Bauleiter zur Freigabe vorzulegen.
- (8) Rohrhalterungen und Stützkonstruktionen sind vor der Rohrleitungs montage anzubringen. Abweichungen hiervon benötigen die Zustimmung des Bestellers.
- (9) Bei Hochdruckleitungen wird unter Beachtung der Vorschriften des Turbinenlieferers die Turbine bei frei liegenden, ausgewogenen Rohrleitungsenden belastungsfrei angeschlossen. Hierbei sind für fehlende Betriebslasten (Wärme- bzw. Schalldämmung, Füllung oder ähnliches) Ersatzlasten vorzusehen. Die Hänger sind dann bei vollem Gewichtsausgleich zu deblockieren (siehe Tabelle 4 (Kapitel 18) Anschlussprotokoll).

Die Werte sind normalerweise dem Gewichtslastfall zu entnehmen. Sollten Anschlusslasten unvermeidlich sein, sind diese durch den Besteller zu genehmigen. Über den Anschluss ist ein gemeinsames Protokoll vom Rohrleitungslieferant und Turbinenlieferer anzufertigen.

- (10) Der Anschluss der Rohrleitungen an Kessel und empfindlichen Komponenten, z.B. Pumpen, Wärmeaustauscher, Kondensator, erfolgt unter Beachtung der Vorschriften der Komponentenlieferer.

Bei Kesselanschlüssen an großen Dampferzeugern empfiehlt es sich, diese erst nach der Druckprobe durchzuführen. Soweit hinsichtlich der Anschlusslasten besonders zu betrachtende Komponenten, wie Speisewasserpumpen, anzuschließen sind, ist wie in (9) vorzugehen. Es empfiehlt sich, in Anwesenheit des Komponentenlieferers und Bestellers ein Protokoll zu erstellen. Für den korrekten Komponentenanschluss siehe Tabelle 4 (Kapitel 18) Anschlussprotokoll.

- (11) Bei der Durchführung von Glüharbeiten, insbesondere bei Zusammenführung parallellaufender und miteinander verbundener Stränge, ist die bei der Erwärmung auftretende Längendehnung zu berücksichtigen. Unter Umständen ist es erforderlich, parallele Stränge gleichzeitig zu glühen.
- (12) Rohrleitungen, die mit einem Innenschutz versehen sind, wie z.B. Kühlwasserleitungen, sonstige Wasserleitungen, gummierte Leitungen usw., sind so zu verlegen und zu montieren, dass ein nachträgliches Anschweißen von Unterstützungskonstruktionen oder sonstigen Bauteilen nicht erforderlich ist. Der fertige Innenschutz der Leitung darf durch Wärmezufuhr nicht gefährdet werden.
- (13) Während der Montagearbeiten und vor Verlassen der Montageplätze bzw. der Baustelle, hat die Montagefirma dafür Sorge zu tragen, dass die von ihr in Anspruch genommenen Flächen und Einrichtungen aufgeräumt sind und Fluchtwege freigehalten werden. Anfallender Schutt und Schrott sind laufend zu beseitigen, und die Anlage ist in einem sauberen Zustand zu halten, der Unfallgefahren ausschließt.

9.2 Fertigung und Montage

9.2.1 Allgemeine Hinweise

(1) Dem BÜ sind vom Lieferer vor Beginn der Fertigung alle für die Bau- und Montageüberwachung notwendigen Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

Dies sind im Wesentlichen:

- Inspektions- und Testpläne;
- Rohrleitungsisometrien;
- Konstruktionszeichnungen;
- Statik;
- Schweiß- und Wärmebehandlungspläne;
- Nachweis gültiger Verfahrensprüfungen und Arbeitsproben;
- Nachweis über die gültige Zulassung als Fertigungsbetrieb;
- Nachweis über die gültige Prüfer-Zertifikation;
- Nachweis über gültige Schweißer-Prüfbescheinigungen (bis Kat I) oder Schweißer-Zertifikate (Kat. II bis IV);
- Schweißanweisungen (auch für Reparaturen);
- Anweisungen auf Sauberkeits- und Konservierungsmaßnahmen;
- Montageanweisungen.

(2) Der BÜ führt in Abstimmung mit dem Besteller folgende Prüfungen in jeweils erforderlichem Umfang durch:

- Die Übereinstimmung mit den Bestellvorgaben an Erzeugnisformen und Bauteilen während der Fertigung und Montage der Rohrleitungsanlage;
- Kontrolle der Abrundungen bzw. Entgratungen der inneren Kanten;
- Die Gültigkeit und Vollständigkeit der Nachweise über Schweißer- und Verfahrensprüfungen. Darüber hinaus überwacht er die ordnungsgemäße Protokollierung über Prüfungen und Wärmebehandlungen;
- Evtl. Abweichungen und Reparaturen sind dem Besteller und BÜ unverzüglich unter Vorlage der Reparaturanweisung anzuzeigen. Sie bedürfen grundsätzlich der Zustimmung des Bestellers und sind durch den Lieferer durch Abweichungsberichte zu dokumentieren;
- Besichtigung der Bauteile auf Transportschäden und ordnungsgemäße Konservierung und Sauberkeit. Bei Bauteilen, die abgelegt oder bis zum Einbau zwischengelagert werden, sind die Rohröffnungen sicher zu verschließen;

- Der BÜ überzeugt sich von der Eingangskontrolle durch den Lieferer. Es dürfen nur Bauteile montiert bzw. weiterverarbeitet werden, von denen die Werksdokumentation vorliegt;
- Prüfung der Werkstoffkennzeichnung (Stempelung, Farbkennzeichnung) der Rohrleitungen;
- Kontrolle der ordnungsgemäßen Lagerung von Bauteilen, z.B. Armaturen und Messblenden;
- Überwachung der Rohrleitungsmontage z.B. auf Einhalten der vorgegebenen Gefälle, Sauberkeit, Vorspannung, Beschädigungen der Oberflächen;
- Kontrolle der zeichnungsgerechten Montage der Rohrleitungssysteme und ihrer Komponenten. Zusätzlich ist auf die Bewegungsfreiheit und mögliche Kollisionen mit anderen Bauteilen zu achten;
- Kontrolle der Ausführung von Schweißnähten;
- Kontrolle der zeichnungsgerechten Ausführung der Halterungen auf Einbau von Sicherungen wie Scheiben, Federn, Kontermuttern, Splinten usw.;
- Kontrolle des spannungsarmen Komponentenanschlusses;
- Kontrolle auf ordnungsgemäße Beseitigung von Montagehilfen;
- Kontrolle von sachgerechten Dichtungsmontagen und Schraubenanzugsmomenten;
- Kontrolle des geforderten Korrosionsschutzes;
- Kontrolle der geforderten Isolierung.

Durch geeignete Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass während der Montage keine Verunreinigungen in die Rohrleitungen gelangen können. Bei Arbeitsunterbrechungen sind die freistehenden Enden sicher zu verschließen. Vor dem endgültigen Zusammenbau einzelner Rohrleitungsabschnitte, spätestens jedoch vor dem Schließen der Rohrleitungen, sind diese sorgfältig zu reinigen. Der Bauüberwacher überzeugt sich von der inneren Sauberkeit der Rohrleitungen.

Andere Vorgehensweisen sind mit dem Besteller und dem BÜ abzustimmen.

9.2.2 Umformen

- (1) Der Lieferer muss nachweisen, dass für die Umformarbeiten geeignete Einrichtungen zur Verfügung stehen und Verfahrensprüfungen sowie detaillierte Arbeitsanweisungen vorliegen.
- (2) Für die Warmumformarbeiten gelten die Temperaturangaben aus den spezifizierten Normen und Regelwerken sowie die Vorgaben aus den Verfahrensprüfungen des Lieferers.

- (3) Für den gesamten Verformungsvorgang an Teilen aus den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7745, 1.7715, 1.7380, 1.7335 (Systemgruppe 1), 1.6368 und Austeniten ist der Nachweis zu erbringen, dass die Vorgaben aus (2) eingehalten werden. Dies ist zu dokumentieren.

9.3 Wärmebehandlung

9.3.1 Allgemeine Bedingungen

- (1) Der Lieferer führt Aufzeichnungen über die Wärmebehandlung (z.B. Glühdiagramme) und legt sie dem BÜ zur Einsichtnahme vor. Diese Aufzeichnungen müssen eine eindeutige Zuordnung zu den wärmebehandelten Rohrleitungsteilen ermöglichen.
- (2) Die zur Wärmebehandlung vorgesehenen Messeinrichtungen sind vom Lieferer in regelmäßigen Abständen gemäß Betriebsanweisung zu überprüfen. Auf der Baustelle sind die Messeinrichtungen vor dem ersten Einsatz und dann nach jedem Ortswechsel zu überprüfen. Über das Ergebnis der Überprüfung legt der Lieferer dem BÜ einen Nachweis vor.
- (3) Der Verlauf der Wärmebehandlungs-Temperaturen ist je Glühlos zu messen und auf Diagrammstreifen zu registrieren. Zusätzlich ist bei den nachfolgenden Werkstoffen der Systemgruppe 1 bei Ofenglühung die Temperatur an mindestens drei Werkstücken je Glühlos an der Außenseite zu messen und zu registrieren: 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7745, 1.7715, 1.7380, 1.7335, 1.6368 und Austenite.

Temperaturmessungen an weiteren Werkstücken sowie an der Innenseite sind bei Wanddicken über 40 mm gesondert zu vereinbaren.

- (4) Über alle Wärmebehandlungen sind Werksbescheinigungen/-zeugnisse (siehe Werkstoffblätter bzw. Prüfblätter des Bestellers) mit Angaben der Aufheiz-, Haltezeit, Temperatur, Abkühlzeit und -medium auszustellen. Das Glühdiagramm ist Bestandteil der Bescheinigung.

Diese Aufzeichnungen müssen eine eindeutige Zuordnung zum Werkstück ermöglichen. Die Lage der Thermoelemente ist anzugeben. Alle Wärmebehandlungsunterlagen sind vom BÜ einzusehen und auf Einhaltung von Temperatur, Aufheiz-, Haltezeit und Abkühlzeit (bis 400 °C) zu kontrollieren und der Dokumentation als Anlage beizufügen.

Der Lieferer führt Aufzeichnungen über alle Wärmebehandlungen. Insbesondere sind Hinweise über Mehrfachglühungen und Anlassglühungen, Zeit und Temperatur deutlich erkennbar zu machen.

9.3.2 Zusätzliche Bedingungen für die Wärmebehandlung nach einer Warmformgebung

- (1) Sofern Rohrleitungsteile aus den nachfolgenden Werkstoffen der Systemgruppe 1 warmverformt werden, ist im Anschluss daran eine Wärmebehandlung (z.B. Vergütung) entsprechend den in den zutreffenden Regeln und Normen, z.B. DIN EN, TÜV-Verband- und Stahl-Eisen-Werkstoffblätter festgelegten Temperaturen und Zeiten durchzuführen und zu bescheinigen: 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7715, 1.6368, 1.7745, 1.7380, 1.7335, 1.5415 und Austenite.
- (2) Vor Weiterverarbeitung der 9 % bis 12 % Cr-Werkstoffe und dem 1.6368 müssen dem Weiterverarbeiter und dem BÜ die **beim Lieferer angewendeten Wärmebehandlungstemperaturen bekannt sein**, damit eine ordnungsgemäße schmelzenabhängige Glühung ohne Überschreitung der werksseitigen Wärmebehandlungstemperatur durchgeführt werden kann. Diese Aufzeichnungen müssen eine eindeutige Zuordnung zu den einzelnen Schmelzen erkennen lassen.

9.3.3 Prüfungen nach der Wärmebehandlung nach Umformung

- (1) Sofern in mitgeltenden Werkstoffblättern keine vergleichbaren Prüfungen vorgeschrieben sind oder keine Werkstoffblätter gelten, sind die Prüfungen nach Tabelle 9-1 im Beisein des BÜ durchzuführen:

Tabelle 9-1: Prüfumfang nach der Wärmebehandlung aufgrund einer Kalt- oder Warmverformung

Werkstoff	Mechan.-technolog. Prüfung	Härteprüfung der Teile
Mo- und Mn- legierte Stähle	-	10 %
Austenite	je Schmelze und Glühlos 1 Probensatz ¹⁾ an der größten Wanddicke	-
1.7335		20 %
1.7380		50 %
1.6368		
1.4901		100 %
1.4903		
1.4922		
1.7745		
1.7715		

- 1) Ein Probensatz besteht aus einer Zugprobe und drei Kerbschlagproben (ISO-V bzw. DVM je nach Norm der Erzeugnisform), entnommen aus Überlängen in Längs- oder Querrichtung, möglichst aus der Mitte der Wanddicke. Die Prüfung erfolgt bei Raumtemperatur.

- (2) Härteprüfungen nach Umformungen siehe Abbildung 9-2. Abbildung 9-2: Lage der Messpunkte für Härteprüfungen

Warmbiegungen mit Normalisierung bzw. Vergütung	Warmbiegungen ohne Normalisierung bzw. Vergütung	Reduzierungen	Kaltbiegungen
1 Messpunkt am unverformten Schenkel 4 Messpunkte über den Umfang gleichmäßig verteilt im Biegebereich (je neutrale Zone einmal)	1 Messpunkt am unverformten Schenkel 1 Messpunkt in der Zugzone 1 Messpunkt in der Druckzone	1 Messpunkt im unverformten Bereich 1 Messpunkt im Bereich der stärksten Verformung	1 Messpunkt am unverformten Schenkel 1 Messpunkt in der Zugzone

Zulässige Härtewerte siehe VGB-S-013.

- (3) An allen warmumgeformten Oberflächenbereichen ist eine Oberflächenrissprüfung gemäß Tabelle 9-3 durchzuführen. Bei ferritischen Werkstoffen ist grundsätzlich die Magnetpulverprüfung anzuwenden. Ist aus geometrischen Gründen das Magnetpulververfahren nicht anwendbar, kann das Farbeindringverfahren eingesetzt werden. Die Prüfflächen sind in einen prüffähigen Zustand zu bringen. Die Prüfung gemäß Tabelle 9-3 umfasst die äußere und soweit möglich, die innere Oberfläche der warmumgeformten Bereiche.

Die Prüfungen werden vom Lieferer durchgeführt, nach Rohrleitungsposition protokolliert und vom BÜ durch Stichproben überprüft.

Tabelle 9-3: Prüfumfang für Oberflächenrissprüfung aufgrund einer Warmumformung

Erzeugnisform	Werkstoff	Prüfumfang	Anforderungen
Systemgruppe 1 Warmbiegungen Reduzierungen	1.4901 1.4922 1.4903	100 % Biegebereich	rissartige Anzeigen sind nicht zulässig
	Austenite	100 % Zugzone	
	1.7745 1.7715 1.6368	100 % Zugzone	
	1.7380 1.7335	50 % Zugzone	
	1.5415 C-Stahl	10 % Zugzone	

Für die Biegungen, die im Zeitstandbereich eingesetzt werden, kann ein erhöhter Prüfumfang vereinbart werden.

9.3.4 Zusätzliche Bedingungen für die Wärmebehandlung von Schweißnähten

- (1) Vor Beginn der Wärmebehandlung prüft der BÜ stichprobenweise die Vorbereitungen am Objekt auf Übereinstimmung mit der Glühanweisung (Lage der Thermoelemente, ggf. Innenisolierung, Glühbreite). Die Glühanweisung muss an der Glühanlage vorliegen.
- (2) Für lokal wärmebehandelte Schweißnähte aus den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7745, 1.7715, 1.7380 und 1.6368 ist ein Nachweis der ausreichenden Durchwärmung (Temperaturdifferenz außen zu innen) für die eingesetzten Glühverfahren vorzulegen oder bei Nichtvorhandensein für ausgewählte Komponenten zu erbringen.

Auf eine Innentemperaturmessung kann nur dann verzichtet werden, wenn vor Beginn der Glühung durch Messversuche nachgewiesen wurde, dass die erforderliche Temperatur über den vollen Nahtquerschnitt erreicht wird.

- (3) Für Wärmebehandlungen an Schweißnähten aus den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, und 1.4922 ist ein lückenloser Nachweis über die gesamte Temperaturführung dem BÜ vorzulegen:
 - vom Beginn des Vorwärmens;
 - die Haltezeit der Zwischenabkühlung;
 - das Wiederaufheizen;

- die Haltezeit im Bereich der Glühtemperatur;
 - die Abkühlung bis auf eine Temperatur von ca. 400 °C.
- (4) Lokale Wärmenachbehandlungen von Schweißnähten sind in Form von Widerstands- oder Induktivglühungen durchzuführen.
- (5) Für alle Wärmebehandlungen, einschließlich der Arbeitstemperatur (Haltetemperatur) beim Schweißen, sind die in den Regeln und Normen z.B. DIN EN, TÜV-Verband-Werkstoffblättern bzw. in den Verbändevereinbarungen oder Einzelgutachten festgelegten Temperaturen und Glühzeiten einzuhalten.
- (6) Schweißungen gegen die druckführenden Wandungen aus den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, 1.4922, 1.7745, 1.7715, 1.7380 und 1.6368 (z.B. Prätzen, Stützkonstruktionen) sind als Ganzkörperglühung im Ofen Wärmezubehandeln. Abweichungen sind mit dem Besteller abzustimmen.
- An den Werkstoffen 1.7380, 1.7335 und 1.5415 kann im Einverständnis mit dem BÜ und Besteller von der Ganzkörperglühung Abstand genommen werden. Dann sind jedoch die Glühbedingungen mit dem Besteller und dem BÜ abzustimmen.
- (7) Um die Wärmebehandlungstemperatur an der Rohrinneenseite zu erreichen, ist ein unzulässiger Wärmeabfluss an dickwandigen Bauteilen oder durch Kaminwirkung in den Leitungen durch geeignete Maßnahmen zu verhindern (z.B. durch zusätzliche Glühzonen).

9.3.5 Schweißen

Für Schweißarbeiten sind generell einzuhalten DIN EN 13480 und für:

- Systemgruppe 1 die Anforderungen an den Fertigungsbetrieb gemäß DIN EN ISO 3834-2 und
- Systemgruppe 2 die Anforderungen an den Fertigungsbetrieb gemäß DIN EN ISO 3834-3.

Für sämtliche Schweißarbeiten sind Schweiß- und Wärmebehandlungsanweisungen zu erstellen.

9.3.6 Lage der geprüften Schweißnähte

Die Lage aller Schweißverbindungen in den Rohrleitungssystemen der Gruppen 1 bis 3 wird vom Lieferer in Zeichnungen festgehalten. Zu prüfende Nähte sind zu kennzeichnen.

Diese Pläne müssen eine eindeutige Zuordnung zwischen jeder geprüften Naht und jedem geprüften Nahtabschnitt einerseits und den im Prüfungsprotokoll bei jedem Einzelbefund angegebenen entsprechenden Naht- und Nahtabschnittsbezeichnungen andererseits ermöglichen.

Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass diese Zuordnung auch für die in der Werkstatt geschweißten Nähte nach Einbau der entsprechenden Teile in die Leitung gewahrt bleibt.

Schweißnahtkennzeichnungen dürfen nicht doppelt vergeben werden.

Sind für einzelne Leitungsteile keine Lagepläne in Form von Zeichnungen vorhanden (z.B. bei Leitungsänderungen), muss die Schweißnahtlage bei Vorlage der Prüfberichte und Filme mindestens durch einfache Skizzen eindeutig beschrieben werden. Dies gilt sinngemäß auch für die sonstigen zerstörungsfreien Prüfungen.

9.3.7 Verfahrensprüfungen und Schweißerprüfbescheinigungen

Vor Beginn der Schweißarbeiten muss der Lieferer für die betreffenden Schweißverbindungen gültige Verfahrensprüfungen DIN EN 15614-1 Stufe 2 und Schweißerprüfungen DIN EN 9606-1 nachweisen. Für Bedienungspersonal von teil-/vollmechanisierten bzw. automatisierten Schweißanlagen sind Bedienerprüfungen gemäß DIN EN 14732 nachzuweisen.

Für Schweißarbeiten an 9 % bis 12 % Cr-Stählen, 1.7715 und austenitischen Werkstoffen, ist eine Verfahrensprüfung am spezifischen Werkstoff erforderlich.

An Rohrleitungen der Systemgruppen 1 und 2 muss jeder Schweißer im Beisein des BÜ eine Handfertigkeitsprüfung ablegen, deren Prüfumfang mit dem BÜ abzustimmen ist.

An Rohrleitungen der übrigen Systemgruppen kann eine zerstörungsfreie Prüfung der ersten Schweißnähte zur Beurteilung der Handfertigkeit herangezogen werden.

Im Zeitstandbereich ist hierbei, auf die Zeitstandfestigkeit der Schweißzusätze und der finalen Schweißverbindung im Besonderen zu achten (inkl. Einfluss auf die Auslegungsberechnung).

9.3.8 Schweiß- und Wärmebehandlungspläne

Vor Beginn der Schweiß- und Glüharbeiten legt der Lieferer dem BÜ die Schweiß- und Wärmebehandlungsanweisungen vor. Aus diesen müssen alle Einzelheiten über Schweißart, Zusatzwerkstoff, Wärmeführung und der Wärmebehandlung ersichtlich sein. Die Unterlagen müssen den einzelnen Schweißnähten zugeordnet werden können. Für jede Glühung ist eine Wärmebehandlungsanweisung zu erstellen.

Änderungen oder Abweichungen von den in den Anweisungen festgelegten Anforderungen müssen dem BÜ mitgeteilt werden.

9.3.9 Schweißaufsicht

Die Schweißarbeiten in der Werkstatt und auf der Baustelle müssen unter regelmäßiger Aufsicht benannter Schweißaufsichten stehen. Die Schweißaufsichten sind fachlich von der Bauleitung unabhängig. Benannte Schweißaufsichten unterstehen fachlich der verantwortlichen Schweißaufsicht (DIN EN 14731).

Name und Qualifikation von Schweißaufsichten sind dem BÜ rechtzeitig vor Fertigungsbeginn schriftlich zu benennen.

Die Schweißaufsicht vor Ort führt werkstatt- bzw. baustellenbegleitend eine Schweißliste. Sie ist Bestandteil der Dokumentation.

9.3.10 Sonstige Bedingungen für Schweißverbindungen

- (1) Die Schweißstellen sind durch geeignete Maßnahmen gegen schädigende Witterungseinflüsse zu schützen. Diese sind mit dem BÜ abzustimmen (z.B. Vorkehrungen beim Schweißen unter 5 °C).
- (2) Schweißnähte müssen hinsichtlich ihrer Unregelmäßigkeiten die Anforderungen der DIN EN 13480-5 erfüllen. Abweichende Bewertungsgruppen nach DIN EN ISO 5817 sind zu vereinbaren.
- (3) Der Masseanschluss muss in unmittelbarer Nähe der Schweißstelle erfolgen.
- (4) Der Lichtbogen darf nur in der Schweißfuge gezündet werden. Unbeabsichtigte Zündstellen sind zu markieren, zu Beschleifen und auf Rissfreiheit zu überprüfen.
- (5) Schweißnähte an Querschnittsübergängen, z.B. Anschlüsse an Formstücken oder Armaturen sind bei warmfesten Werkstoffen (ausgenommen: 1.5415) bei äußerem Durchmesser $\geq 88,9$ mm kerbfrei und prüffähig zu bearbeiten.

Rohrschweißnähte in den Rohrleitungssystemen der Systemgruppe 1 in Leitungen bei äußerem Durchmesser $\geq 88,9$ mm sind gleichfalls kerbfrei und prüffähig zu bearbeiten.

Die Kontur der bearbeiteten Naht (rohreben oder ballig) ist mit dem Besteller zu vereinbaren.

- (6) Bei der Verarbeitung von Austeniten sind Anlauffarben bis strohgelb zulässig. Darüberhinausgehende Anlauffarben sind mit geeigneten Maßnahmen zu vermindern bzw. zu entfernen.
- (7) Sind Schweißnahtreparaturen oder Reparaturschweißungen erforderlich, so ist der BÜ vorab zu informieren. Die Vorgehensweise ist abzustimmen.
- (8) Hilfsschweißungen sind nicht zulässig. Sofern in Ausnahmefällen vom BÜ Hilfsschweißungen genehmigt werden, sind sie anschließend zu beseitigen. Für Hilfsschweißungen gelten die gleichen Anforderungen (WPS, WPQR, Wärmebehandlung, etc.) wie für die entsprechenden Verbindungsschweißungen der Rohrleitung.

Die Oberfläche unter den abgetrennten Nähten ist völlig kerbfrei zu bearbeiten und oberflächeneben zu schleifen. Im Anschluss hieran werden diese Bereiche einer Oberflächenrissprüfung unterzogen vorzugsweise mittels MT.

- (9) Heftstellen sind vor dem Überschweißen flach anzuschleifen und visuell auf Rissfreiheit zu prüfen.
- (10) Alle druckführenden Schweißnähte müssen während der Montage mindestens mit einer temporären Kennzeichnung (Naht- und Schweißernummer) versehen werden. Eine Rückverfolgbarkeit muss gewährleistet sein. Bei einer Hartstempelung ist eine kerbbarme Stempelung auszuführen.
- (11) Der zulässige innere Kantenversatz bei Rundnähten aus den Werkstoffen 1.4901, 1.4903, 1.4905, 1.4922 und vollaustenitischen Werkstoffen beträgt max. 1 mm. Der Kantenversatz ist durch den Lieferer an je vier Messstellen um 90° versetzt zu messen. Über die Ergebnisse bei äußerem Durchmesser ≥ 133 mm ist ein Messprotokoll zu erstellen.
Der Kantenversatz ist durch den BÜ stichprobenweise zu überprüfen.
- (12) Auftragsschweißungen, z.B. zum Ausgleich von Wanddickenunterschreitungen, bedürfen der Zustimmung des Bestellers und des BÜ.
- (13) Die Schweißkanten bei warmfesten Werkstoffen sind vorzugsweise spanabhebend und in Ausnahmefällen mittels Schleifen vorzubereiten, für die Schweißnahtvorbereitung gilt DIN EN ISO 9692 und DIN 2559. Abweichungen hiervon sind mit dem BÜ abzustimmen.
- (14) Schweißnahtflanken von Rohren sind nach dem Fertigbearbeiten visuell auf Oberflächenfehler zu prüfen.
- (15) Für Anschweißteile gelten die gleichen Anforderungen (WPS, WPQR, Wärmebehandlung, etc.) wie für die entsprechenden Verbindungsschweißungen der Rohrleitung.

10 Prüfungen

10.1 Zerstörungsfreie Prüfung

10.1.1 Allgemeine Bedingungen

- (1) Es ist zu vereinbaren, ob die Prüffirma nach DIN EN ISO 17025 für die auszuführenden Prüfungen akkreditiert sein muss.

Fallen Schweißnähte, Komponenten usw. unter die DGRL, so müssen die Prüfer für dauerhafte Verbindungen im Sinne der DGRL für den jeweiligen Produktsektor qualifiziert und zertifiziert sein.

- (2) Die Prüfung ist von einer Person durchzuführen, die mindestens nach DIN EN ISO 9712, Stufe 1 zertifiziert ist, und muss von Personal der Stufe 2 oder Stufe 3 überwacht werden, dass auch für die Beurteilung der Ergebnisse verantwortlich ist.

Die Sichtprüfung ist von einer Person mit ausreichenden Kenntnissen und Erfahrungen, bezogen auf die einschlägigen Normen und Spezifikationen, durchzuführen und zu beurteilen. Bescheinigungen nach DIN EN ISO 9712 sind nicht erforderlich.

Die Ultraschallprüfung ist von einer Person durchzuführen und zu beurteilen, die mindestens nach DIN EN ISO 9712, Stufe 2 zertifiziert ist.

- (3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen

VT	-	Sichtprüfung (DIN EN 13018)
RT	-	Durchstrahlungsprüfung (DIN EN ISO 5579)
UT	-	Ultraschallprüfung (DIN EN ISO 23243)
MT	-	Magnetpulverprüfung (DIN EN ISO 9934-1)
PT	-	Farbeindringprüfung (DIN EN ISO 3452-1)
HT	-	Härteprüfung (DIN EN ISO 6507-1)

gelten die verfahrenstechnischen Mindestanforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren nach den entsprechenden DIN EN ISO Normen.

Der BÜ nimmt stichprobenweise an den Prüfungen teil oder führt Nachprüfungen selbst durch.

- (4) Alle Prüfungen erfolgen im endbearbeiteten Zustand und nach der letzten Wärmebehandlung im Werk des Lieferers bzw. auf der Baustelle. Vorgezogene Prüfungen beim Halbzeuglieferer werden anerkannt, sofern die Prüfbedingungen (Oberflächenzustand, endformnahe Kontur usw.) identisch sind. Sind die Prüfmöglichkeiten bei endformnaher Kontur eingeschränkt, dann sind der Prüfumfang und der Zeitpunkt der Prüfungen mit dem Besteller abzustimmen. Dies gilt insbesondere bei der Prüfung an Schmiedestücken.

- (5) Schweißnähte, die im Montageendzustand oder späteren Betrieb nicht prüfbar sind, werden vorab zu 100 % zerstörungsfrei geprüft.
- (6) Wenn bei einer Prüfung eine oder mehrere Schweißnähte die Anforderungen nicht erfüllen, ist der Prüfumfang für jede zurückgewiesene Schweißnaht, abweichend von DIN EN 13480-5 Abschnitt 8.1.3, um je 3 zusätzliche Schweißnähte des betroffenen Schweißers zu erweitern.
 - Erfüllen alle Schweißnähte des erweiterten Prüfumfanges die Anforderungen, wird der ursprüngliche Prüfumfang wieder angewendet.
 - Wenn eine oder mehrere Schweißnähte des erweiterten Prüfumfanges die Anforderungen nicht erfüllen, entscheidet die Schweißaufsicht des Bestellers über den Umfang der zusätzlichen Prüfung. Dieser Prüfumfang kann bis auf 100 % ausgedehnt werden. Der Mindestprüfumfang gemäß DIN EN 13480-5 Abschnitt 8.1.3 darf nicht unterschritten werden. Die zusätzlichen Prüfkosten gehen zu Lasten des Schweißbetriebs.
- (7) Sofern nur eine Stichprobenprüfung erfolgt, ist darauf zu achten, dass alle eingesetzten Schweißer im selben Umfang geprüft werden. Die zu prüfenden Schweißnähte sind gemeinsam mit dem Lieferer und dem BÜ festzulegen.
- (8) Die zu prüfenden Bauteile müssen in einem prüffähigen Zustand entsprechend den jeweiligen Prüfverfahren gemäß den Anforderungen der Normen der DIN EN (ISO) und der VGB-S-509 vorliegen.
- (9) Bei Werkstoffkombination unterschiedlicher Werkstoffe gilt der Prüfumfang mit den höheren Anforderungen.
- (10) Sofern Stahlgussstücke Verwendung finden, sind bei der Bestellung solcher Teile mit dem Besteller und dem BÜ Vereinbarungen über Abnahme und Prüfungen zu treffen. Empfehlungen hierzu können in Anlehnung an die VGB-S-504 entnommen werden.
- (11) Abweichungen, sowohl von dem Prüfverfahren als auch des Prüfumfanges bedürfen der Zustimmung des Bestellers und BÜ.

10.1.2 Zerstörungsfreie Prüfungen an ebenen Böden

- (1) Fertig bearbeitete, ebene Böden entsprechend DIN EN 12952-3 Abschnitt 10.3.1, Bild 41 a, b und e, sind mindestens im Bereich der Entlastungsnut, des Innenradius und der Schweißkanten nach dem MT-Verfahren auf Fehlerfreiheit zu prüfen. Bei Böden für die System-Gruppe 1 ist der komplette Boden nach dem MT-Verfahren zu prüfen.
- (2) An ebenen Böden aus Blech ist nach dem Schweißen bzw. nach einer Wärmebehandlung im Bereich der Schweißnaht eine Ultraschallprüfung mit der Senkrechteinschallung in Dickenrichtung des Bodens zu wiederholen.

10.1.3 Zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten

Alle Schweißnähte sind vom Lieferer einer visuellen Prüfung (VT) zu unterziehen. Die Anforderungen ergeben sich aus Abschnitt 6.4.5(2). Die Prüfungen erfolgen gemäß Arbeitsfortschritt.

10.1.3.1 Prüfungen an Schweißnahtrandzonen der System-Gruppe 1

Nach dem Fertigbearbeiten von Blechen, Press- und Kumpelteilen sind die Schweißnahtrandzonen unabhängig von der Bearbeitungsweise mit Magnetpulver und Ultraschall zu prüfen.

Für die Randzonenprüfung mit Ultraschall gilt für die Größe einer Ungänze die Festlegung in ISO 10893-8. Die Ultraschallprüfung erfolgt zweckmäßigerweise an den angezeichneten Randzonen vor deren Bearbeitung.

An den Werkstückzonen, die in Blechdickenrichtung beansprucht werden, erfolgt örtlich eine Randzonenprüfung mit Ultraschall (Gefahr von Lamellenbruch).

10.1.3.2 Prüfungen von Rundschweißnähten

Der Umfang der Prüfungen in Systemgruppe 1 in Abhängigkeit vom Werkstoff und den Abmessungen ist in Anlage 1 (Kapitel 18) aufgeführt. Für Prüfungen in Systemgruppe 2 gilt Anlage 2 (Kapitel 20).

10.1.3.3 Prüfungen von Längsschweißnähten

Sofern Längsnähte (z.B. an längsnahtgeschweißten Rohren) verwendet werden, gilt für sie der gleiche Prüfumfang wie für die Rundnähte. Bei Formstücken und bei Schweißnahtfaktor $V = 1,0$ erhöht sich der Prüfumfang auf 100 %.

Sollen Längsnähte auf automatisierten Prüfanlagen geprüft werden, sind vorher die Prüfbedingungen mit dem BÜ abzustimmen.

10.1.3.4 Prüfungen von Stutzenschweißnähten

Der Umfang der Prüfungen in Abhängigkeit vom Werkstoff und den Abmessungen ist in Anlage 3 (Kapitel 24) für Systemgruppe 1 und in Anlage 4 (Kapitel 25) für Systemgruppe 2 angegeben.

10.1.3.5 Prüfungen von Schweißnähten an Anschweißteilen

Einzelheiten enthält Anlage 5 (Kapitel 26) für Systemgruppe 1 und Anlage 6 (Kapitel 27) für Systemgruppe 2.

10.1.3.6 Anforderungen an das Durchstrahlungsprüfverfahren

Das Prüfprotokoll und die Durchstrahlungsaufnahmen sind dem BÜ zur abschließenden Beurteilung (einschließlich Durchstrahlungsaufnahmen von Reparaturen) vorzulegen. Die Filmlage ist nachvollziehbar festzulegen.

10.1.4 Anforderungen an das Ultraschallprüfverfahren

Die Ultraschalluntersuchungen führt der Lieferer durch (Anlage 1 bis 6 (Kapitel 22 bis 27)). Der BÜ nimmt stichprobenweise an Prüfungen teil.

10.1.5 Anforderungen an die Oberflächenrissprüfverfahren

10.1.5.1 Allgemeine Bedingungen

- (1) Für ferritische Werkstoffe ist die Magnetpulverprüfung vorzuziehen.
- (2) Risse und rissartige Anzeigen sind unzulässig.
- (3) Alle für die Oberflächenrissprüfung vorgesehenen Schweißverbindungen müssen prüffähig vorbereitet sein. Der Oberflächenbereich umfasst die Decklage und eine ca. 20 mm breite Grundwerkstoffzone beiderseits der Schweißnaht.
- (4) Oberflächenrissprüfungen werden vom Lieferer durchgeführt und bescheinigt. Der BÜ kontrolliert diese Prüfungen in einem von ihm festzulegenden Umfang durch Teilnahme an diesen Untersuchungen oder ggf. durch stichprobenweise Nachprüfungen (Anlage 1 bis 6 (Kapitel 22 bis 27)).

10.1.5.2 Anforderungen an das Magnetpulverprüfverfahren

Alle zur Magnetpulverprüfung vorgesehenen Teile müssen eine prüffähige Oberfläche aufweisen, so dass Form- und Scheinanzeigen ausgeschlossen sind.

Die Magnetisierung erfolgt mittels Jochmagnetisierung mit Wechselstrom (JEW). Andere Magnetisierungsverfahren sind nur mit Zustimmung des BÜ zulässig.

Hinweis:

Eventuell auftretende Restmagnetisierung ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. Entfernen des Handmagneten im eingeschalteten Zustand, Herunterregeln des Prüfstromes oder Verwendung von Entmagnetisierungsspulen) zu entmagnetisieren.

10.1.5.3 Anforderungen an das Farbeindringprüfverfahren

Alle zur Eindringprüfung vorgesehenen Teile müssen eine prüffähige Oberfläche aufweisen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass eventuelle Anzeigen durch Schleifarbeiten oder Vorreinigungen nicht verschlossen werden. Bei ferritischen Werkstoffen ist die Eindringprüfung nur nach Zustimmung des BÜ einzusetzen.

Als Prüfmittel kommen nur muster- und chargengeprüfte Systeme mit einer Mindest-Empfindlichkeitsklasse 3 (Kontrollkörper A nach DIN ISO 3452-3) zur Anwendung.

Hinweis:

Gemäß Empfehlung der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 614 sollten nur azofarbstofffreie Prüfmittel eingesetzt werden.

Für austenitische Werkstoffe sind die der BÜ kontrolliert stichprobenweise die Durchführung der PT (z.B. Eindring- und Entwicklungsdauer).

10.1.6 Anforderungen an die Härteprüfverfahren

- (1) Härteprüfungen werden vom Lieferer ausgeführt und dokumentiert. Der BÜ kontrolliert diese Messungen in einem von ihm festzulegenden Umfang durch Teilnahme an Messungen oder durch stichprobenweise Nachprüfungen (Anlage 1 bis 6 (Kapitel 22 bis 27)).
- (2) Die Härteprüfung erfolgt nach der letzten Wärmebehandlung mit je drei Messpunkten im Schweißgut und beiderseitigem Grundwerkstoff.
Prüfungen in der Wärmeeinflusszone (WEZ) sind zu vereinbaren.
- (3) Die Härteprüfungen werden durch anerkannte Härteprüfverfahren, z.B. nach dem UCI-Verfahren (Mikrodur) nach der letzten Wärmebehandlung durchgeführt. Andere Härteprüfverfahren wie Kugelrücksprungverfahren (EQUOTIP, DYNAMIC) sind mit dem BÜ abzustimmen.

Tabelle 10-1: Zulässige Härtewerte

Werkstoff	Schweißgut HV	WEZ ¹ HV (max. 350)	Grundwerkstoff ²
1.5415 16Mo3	≤ 260	≤ 320	140-190
1.7335 13CrMo4-5	≤ 270	≤ 320	135-185
1.7380 10CrMo9-10	≤ 280	≤ 320	140-190
1.7715 14MoV6-3	≤ 280	≤ 320	145-190
1.7745 15CrMoV5-10	≤ 280	≤ 320	140-215
1.4922 X20CrMoV11-1	≤ 300	< 350	215-265
1.4901 X10CrWMoVNb9-2 1.4903 X10CrMoVNb9-1	≤ 300	≤ 320	190-260
1.6368 15NiCuMoNb5-6-4	≤ 300	≤ 330	190-240

¹⁾ Ein Wert von 350 darf in keinem Fall überschritten werden.

²⁾ Für kaltumgeformte Bauteile, z.B. Rohrbiegungen, gelten die Höchstwerte des Grundwerkstoffes + 60 HV.

- (4) Liegen Über- oder Unterschreitungen vor (siehe Tabelle 10-1), sind Kontrollmessungen mit einem Gerät höherer Messgenauigkeit durchzuführen.
- (5) Die Prüfungen werden vom Lieferer durchgeführt, protokolliert und vom BÜ durch Stichproben überprüft. Die Protokolle sind Bestandteil der Dokumentation.

10.2 Verwechslungsprüfungen

Zur Vermeidung von Materialverwechslungen sind alle Bauteile aus legierten Werkstoffen vor dem Versand einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

An Werks- und Baustellenschweißnähten legierter Werkstoffe sind die Legierungsprüfungen entsprechend den Anlagen 1 und 3 (Kapitel 22 und 24) vorzunehmen.

10.3 Bauteilmetallographie

Hierzu siehe die VGB-Standards VGB-S-509 und VGBE-S-517.

Der Lieferer führt nach Vereinbarung mit dem Besteller an ausgewählten Bauteilen und/oder Werkstoffen eine Oberflächengefügeuntersuchung durch.

Dabei handelt es sich um hochbeanspruchte Bauteile wie z.B. Formstücke, Rohrbögen sowie Lasteinleitstellen und Schweißnähte oder um nichtgenormte Werkstoffe mit Einzelgutachten.

Wesentlich dabei sind die Gefügestände des unbeanspruchten Materials. Die Ergebnisse werden durch den Lieferer dokumentiert und dem Besteller zur Begutachtung vorgelegt. Sie sind Bestandteil der Gesamtdokumentation.

Der BÜ prüft anhand der Montageisometrie die Einhaltung der festgelegten Prüfstellen sowie die ordnungsgemäße Durchführung der vereinbarten Prüfmethode. Die Bauteiloberfläche ist zuvor in einen prüffähigen Zustand zu versetzen.

10.4 Maßkontrollen

Die Messungen werden vom Lieferer durchgeführt und bauteilbezogen protokolliert sowie vom BÜ stichprobenweise überprüft. Die gemessenen Werte sind im Bericht anzugeben (Muster: Anlagen 12 bis 20 (Kapitel 33 bis 41)).

Der Prüfumfang für die Prüfungen gemäß Anlagen ist gesondert zu vereinbaren.

Die Stichproben beziehen sich auf:

- Kontrolle der geraden Rohre gemäß Beispiele Anlage 12 (Kapitel 33);
- Überprüfung der Wanddicke Anfang, Mitte, Ende jeweils 4x gleichmäßig am Umfang verteilt sowie Rohraußen- und Rohrrinnendurchmesser (Anlage 12 (Kapitel 33));
- Die Bearbeitungsgüte (z.B. Maßhaltigkeit, Oberflächengüte, Sauberkeit) der Schweißfugenflanken ist ebenfalls zu überprüfen;
- Kontrolle aller gebogenen Rohre auf zeichnungsgerechte Ausführung, Formgebung und Maßhaltigkeit (Anlagen 13 und 16 (Kapitel 34 bis 37))
- Die Abweichung des Biegewinkels, darf $\pm 0,5^\circ$ nicht überschreiten. Richtarbeiten bedürfen der vorherigen Zustimmung des Bestellers und des BÜ;
- Gebogene Rohre siehe Kapitel 6.3.3;
- Maßkontrollen an Formstücken der Systemgruppe 1 gemäß Anlagen 17 bis 20 (Kapitel 38 bis 41);
- Die Messebenen und -punkte sind so zu dokumentieren/markieren, dass sie für wiederkehrende Prüfungen wieder auffindbar sind. Die Methode der Dokumentation/Markierung ist zu vereinbaren.

10.5 Kennzeichnungen

Alle Rohrleitungsbauteile wie z.B. Rohre, Bögen, Biegungen, Formstücke und Stützen in Systemgruppen 1 und 2 sind mit der Werkstoffbezeichnung (Werkstoffnummer oder DIN-Bezeichnung) dauerhaft zu markieren. Bei einer Hartstempelung ist eine kerbarme Stempelung auszuführen. Vor dem Trennen der Erzeugnisformen ist die Kennzeichnung zu übertragen. Darüber hinaus ist eine Zuordnung über die Stempelung zum Materialzeugnis (Schmelznummer o. ä.) erforderlich. Das Stempelfeld ist mit hitzebeständiger Farbe zu kennzeichnen.

Der BÜ prüft in Stichproben die Zuordnung der Einzelteile über die Stempelung zum Materialzeugnis. Weitergehende Anforderungen sind zu vereinbaren.

10.6 Druck- und Dichtheitsprüfungen

Der Prüfdruck ist unter Anwendung des regelwerkskonformen Prüfdruckfaktors unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Druckes (PS) und Temperatur (TS) festzulegen.

Die Festigkeitsprüfung ist mit einer geeigneten Flüssigkeit zur Verhinderung von Schädigungen am System durchzuführen. Das zu verwendende Prüfmedium ist mit dem Besteller abzustimmen.

Die Dichtheitsprüfung kann mit Luft und inertem Gas durchgeführt werden. Der Prüfdruck sollte maximal 100 mbar betragen.

10.6.1 Systemgruppen 1 und 2

Für Rohrleitungen, die der Baugruppe Dampferzeuger nach Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (DGRL) zuzuordnen sind, ist eine Festigkeitsprüfung vorgesehen.

Gleiches gilt sinngemäß für Rohrleitungen des Wasser-Dampf-Kreislaufes im Kessel-aufstellungsraum.

Es ist möglich, die Festigkeitsprüfung an Rohrleitungen außerhalb der Baugruppe Dampferzeuger wegen ihrer begrenzten Aussagekraft durch zerstörungsfreie Prüfungen, z.B. nach den anliegenden Prüfplänen (Anlagen 1 bis 6 (Kapitel 22 bis 27)) zu ersetzen und dies mit der notifizierten Stelle, Besteller und BÜ zu vereinbaren.

10.6.2 Systemgruppen 3, 4 und 5

Über die Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen sind zwischen Lieferer, Besteller, notifizierter Stelle und BÜ-Festlegungen zu treffen.

Für erdverlegte und geflanschte Rohrleitungen wird eine Festigkeits- und Dichtheitsprüfung empfohlen.

10.6.3 Brennstoffleitungen

Heizölleitungen im Kesselaufstellraum unterliegen den wasserrechtlichen Vorschriften. Die fertig verlegten Ölleitungen einschließlich der Armaturen und sonstiger Bauteile sind einer Festigkeits- und Dichtheitsprüfung zu unterziehen.

Fertig verlegte Gasleitungen einschließlich der Armaturen und sonstiger Bauteile sind einer Dichtheitsprüfung mit Luft oder inertem Gas zu unterziehen.

10.6.4 Bescheinigungen

Der Lieferer bescheinigt die ordnungsgemäße Festigkeits- und Dichtheitsprüfung (Anlage 21 (Kapitel 42)). Der BÜ nimmt im vereinbarten Umfang teil.

10.7 Prüfungen bei Herstellung und Montage

10.7.1 Prüfungen in den Herstellerwerken

Die Durchführung der gesetzlich vorgeschriebenen und/oder vertraglich vereinbarten Prüfungen von Halbzeugen, Bauteilen, Komponenten oder Rohrleitungen veranlasst der Lieferer.

10.7.2 Prüfung nach Montageende

Nach Beendigung der Rohrleitungsmontage erfolgt eine Prüfung durch den Besteller. Dies geschieht durch eine Kontrolle der vom Lieferer vorzulegenden Unterlagen und Prüfnachweise auf Vollständigkeit und durch eine gemeinsame Begehung der Rohrleitungssysteme und ihrer Komponenten mit dem Lieferer zum Nachweis der Betriebsbereitschaft. Die Rohrleitungen werden insbesondere kontrolliert auf:

- zeichnungsgerechte Ausführung;
- Vollständigkeit;
- betriebsfertige Ausführung;
- Bewegungsfreiheit;
- Zugänglichkeit;
- Beseitigung von Montagehilfen;
- äußere Beschaffenheit;
- Einhaltung der Fluchtwege;
- Sauberkeit der Anlage.

Die betriebsbereite Fertigstellung ist in einem gemeinsamen Protokoll zu dokumentieren.

11 Aufmaß

- (1) Ein Aufmaß ist erforderlich bei einer Abrechnung nach Einheitspreisen. Das Aufmaß muss den Angaben des Leistungsverzeichnisses entsprechen. In der Regel wird das Aufmaß vom Lieferer erstellt und vom Besteller geprüft. Andere Vorgehensweisen sind zu vereinbaren.
- (2) Das Aufmaß ist in der Regel durch Zeichnungsaufmaß anhand der Revisionspläne (Isometrien, Rohrverlegungspläne) der verlegten Rohrleitungen vor Ort anzufertigen, ansonsten durch Aufmessen.

Das Aufmaß vor Ort ist vor Aufbringung von Dämmungen oder Korrosionsschutzbeschichtungen durchzuführen.

- (3) Sofern nichts anderes vereinbart ist, gelten folgende Aufmaßbedingungen:
 - a) Es werden nur tatsächlich verlegte Längen gemessen;
 - b) Flansche, Armaturen, Formstücke, Einschweißbögen und sonstige Einbauteile werden nicht mitgemessen, sondern nach Stückzahl abgerechnet;
 - c) Trennschnitte für Passlängen werden nicht aufgemessen und nicht besonders vergütet;
 - d) Schweißnähte werden nach Stückzahl erfasst. In den Preisen für Schweißnähte sind auch die Kosten für die Schweißnahtvorbereitung (z.B. Andrehen der Schweißfasen) und für die Wärmebehandlung und eventuelle Endbearbeitung enthalten;
 - e) Schweißnahtprüfungen werden nach Stückzahl und gegebenenfalls nach Art erfasst. Die Preise für Prüfungen beinhalten die Kosten für die Vorbereitung der Prüfoberflächen, die Gestellung der Prüfgeräte, der Prüfmittel, die Prüftätigkeiten, die Auswertetätigkeiten und des erforderlichen Prüfpersonals sowie die Kosten für die Erstellung des Prüfberichtes;
 - f) Rohrstützen sowie Unterstützungs- und Isoliernocken werden bei dem jeweiligen Leitungsstrang erfasst;
 - g) Rohrhalterungen und Stützkonstruktionen werden nach Zeichnungen und zugehörigen Stücklistengewichten oder, wenn dies vereinbart wurde, nach Versandgewichten abgerechnet. Hierzu gehören auch: Gewindestangen, Bügel, Ösen, Bolzen, Stifte, Splinte, Schrauben, Scheiben und ähnliche Maschinenelemente;
 - h) Für Flach- und Profilstahl ist die theoretische Masse mit einer Dichte von $7,85 \text{ kg/dm}^3$ zu berechnen.
 - i) Konstant- und Federhänger, Stoßbremsen sowie Schwingungsdämpfer werden nach Stückzahl erfasst;
 - j) Das Material für Rohrbiegungen wird über die neutrale Faser (Bogenmitte) aufgemessen bzw. ermittelt und bei den geraden Rohrlängen abgerechnet. Die

Preise der Biegungen beinhalten die Herstellung der Biegungen einschließlich aller hierzu erforderlichen Nebenarbeiten und Nachbehandlungen;

Die Biegungen werden nach Stückzahl erfasst und unterteilt nach Biegewinkel, Biegeradius sowie Art der Herstellung;

- k) Segmentbögen werden nach Stückzahl aufgemessen und abgerechnet. Der Stückpreis enthält die erforderlichen Segmente und die Segmentnähte.

12 Literatur

Normen, Standards, Richtlinien und Rohr-Merkblätter, auf die in dieser Richtlinie verwiesen wird:

- [1] VGB-S-013-00-2017-04-DE
„Bau- und Montageüberwachung bei der Herstellung und Errichtung von Wasserrohrkesseln und zugehörigen Anlagen in Wärmekraftwerken“, 04/2014
- [2] VGB-R 101
„Bestellung von Hochleistungsdampfkesseln“, 05/2005
- [3] VGBE-S-104-00-2023-01-DE
„Leitfaden zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung in Kraftwerken. Fortführung der vorherigen Onlineversion, VGB-S-104-O“ 01/2023
- [4] VGB-S-107-00-2018-03-DE
„Bestellung und Ausführung von Armaturen in Wärmekraftwerken“, 03/2018
- [5] VGBE-S-109-00-2025-05-DE-EN
„Werkstoffspezifikation für drucktragende Komponenten in fossil befeuerten Kraftwerken / Material specification for components under pressure in fossil-fired power plants“, 05/2025
- [6] VGB-S-110-R-00;2012-07.DE
„Wärmeübertrager und Behälter im Wasserdampfkreislauf von Wärmekraftanlagen“, 07/2012
- [7] VGB-Richtlinie-R 123 C/1.5
„Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen an wasser- und dampfführenden Systemen“, 05/1985
- [8] VGB-Richtlinie-R 123 C/1.2
„Auswahl von Mess- und Probenahmeleitungen für die Wasser- und Dampfbereiche im Wärmekraftwerk“, 05/1985
- [9] VGB-Standard VGB-S-150-24-2020-08-DE (vormals VGB-R 123 C/2.4)
„Auslegung, Prüfung und Montage von Durchflussmessstrecken mit Drosselgeräten“, 08/2020
- [10] VGB-S-170-42-2014-08-DE
„Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen an wasser- und dampfführenden Systemen – Ausführung, Auswahl und Auslegung“, 08/2014
- [11] VGBE-S-197-00-2024-04-DE
„Statische und quasistatische Dichtungen“, 04/2024
- [12] VGB-S-503-00-2017-06-DE
„VGB-Standard für die internen Rohrleitungen des Turbosatzes“, 06/2017
- [13] VGB-S-504-00-2015-12-DE
„Prüfung von großen Schmiede- und Gussstücken für Dampf- und Gasturbosätze“, 12/2015

- [14] VGB-S-506-00-2019-02-DE
„Zustandsüberwachung und Prüfung der Komponenten von Dampfkesselanlagen und Wasser oder Dampf führenden Rohrleitungen in Wärmekraftwerken“, 02/2019
- [15] VGB-S-509-00-2019-11-DE
„Inhalte wiederkehrender Prüfungen an Rohrleitungen und deren Komponenten in Wärmekraftwerken“, 11/2019
- [16] VGB-R 510
„Rohrhalterungen“, 04/1996
- [17] VGB-S-513-00-2014-07-DE
„Innere Reinigung von Wasserrohr-Dampferzeugeranlagen und Rohrleitungen“, 07/2014
- [18] VGBE-S-517-00-2024-11-DE
„Richtreihen zur Bewertung der Gefügeausbildung und Zeitstandschädigung warmfester Stähle für Hochdruckrohrleitungen und Kesselbauteile und deren Schweißverbindungen“, 03/2025
- [19] VGB-S-540-00-2020-07-DE
„Dampfkühlung in Wärmekraftanlagen“, 07/2020
- [20] VGB-S-609-00-2016-03-DE
„Anwendung, Konstruktion und Güteüberwachung von faserverstärkten Kunststoffen im Kraftwerksbau“, 03/2016
- [21] VGBE-S-891-00-2024-04-DE-EN
„vgbe-Abkürzungskatalog für Anlagen der Energieversorgung / vgbe abbreviation-catalog for power supply units“, 04/2024
- [22] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- [23] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
- [24] Druckbehälter (TRB, AD-Merkblätter)
- [25] AD 2000 Merkblatt B 9:2023-03
„Berechnung von Druckbehältern – Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln“
- [26] AD 2000 Merkblatt W 9:2024-05
„Werkstoffe für Druckbehälter – Flansche aus Stahl“
- [27] AD 2000 Merkblatt W13:2024-05
„Werkstoffe für Druckbehälter – Schmiedestücke und gewalzte Teile aus unlegierten und legierten Stählen“
- [28] AD 2000 Merkblatt HP110R:2022-06
„Herstellung und Prüfung von Druckbehältern – Bauvorschriften – Rohrleitungen aus textilglasverstärkten Duroplasten (GFK) mit und ohne Auskleidung“

- [29] AD 2000 Merkblatt N 1:2018-05
„Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK)“
- [30] Rohrleitungen (TRR)
- [31] WHG und AwSV
- [32] Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRBF)
- [33] Technische Regeln für Gefahrstoffe
- [34] TÜV-Verband – Merkblätter
- [35] TÜV-Verband – Werkstoffblätter
- [36] Stahl-Eisen – Lieferbedingungen
- [37] Stahl-Eisen – Prüfblätter
- [38] Stahl-Eisen – Werkstoffblätter
- [39] DIN 2403:2018-10
„Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff“
- [40] DIN 16867:1982-07
„Rohre, Formstücke und Verbindungen aus glasverstärkten Polyesterharzen (UP-GF) für Chemierohrleitungen; Technische Lieferbedingungen“
- [41] DIN 16870-1:1987-01
„Rohre aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (EP-GF), gewickelt; Maße“
- [42] DIN 16871:1982-02
„Rohre aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (EP-GF); geschleudert, Maße“
- [43] DIN 16965-2:1982-07
„Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp B; Maße“
- [44] DIN 16965-4:1982-07
„Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp D; Maße“
- [45] DIN 16965-5:1982-07
„Rohre aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF), gewickelt, Rohrtyp E; Maße“
- [46] DIN 16966-8:1982-07
„Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF); Laminatverbindungen; Maße“
- [47] DIN 25410:2023-12
„Kerntechnische Anlagen – Oberflächensauberkeit von Komponenten“
- [48] DIN EN 1092-1:2018-12
„Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche“

- [49] DIN EN 1333: 2006-06
„Flansche und ihre Verbindungen – Rohrleitungsteile – Definition und Auswahl von PN“
- [50] DIN EN 1591-4:2013-12
„Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung“
- [51] DIN EN 9606-1:2017-12
„Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 1: Stähle“
- [52] DIN EN 10204:2005-01
„Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen“
- [53] DIN EN 10213:2016-10
„Stahlguss für Druckbehälter“
- [54] DIN EN 10216:
„Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen“
- [55] DIN EN 10216-2: 2025-02
„Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen“
- [56] DIN EN 10216-3:2014-03
„Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen“
- [57] DIN EN 10217
„Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen“
- [58] DIN EN 10222
„Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter“
- [59] DIN EN 10253:
„Formstücke zum Einschweißen“
- [60] DIN EN 14732:2024-07
„Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen“
- [61] DIN EN 13480:2024-12
„Metallische industrielle Rohrleitungen“
- [62] DIN EN 13480-3:2024-12
„Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung“

- [63] DIN EN 15614-1:2020-05
„Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen“
- [64] DIN EN 12952-3:2023-01
„Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 3: Konstruktion und Berechnung für drucktragende Kesselteile“
- [65] DIN EN 12952-4:2011-10
„Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 4: Betriebsbegleitende Berechnung der Lebensdauererwartung“
- [66] DIN EN 12952-7:2013-10
„Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 7: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel“
- [67] DIN EN 10164:2018-12
„Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche – Technische Lieferbedingungen“
- [68] DIN EN 13018:2016-06
„Zerstörungsfreie Prüfung – Sichtprüfung – Allgemeine Grundlagen“
- [69] DIN EN 13480-5:2024-12
„Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 5: Prüfung“
- [70] DIN EN 14731:2005-12
„Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Baugrundverbesserung durch Tiefenrüttelverfahren“
- [71] DIN EN ISO 1167
„Rohre, Formstücke und Bauteilkombinationen aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten – Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck“
- [72] DIN EN ISO 3452-1:2022-02
„Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen“
- [73] DIN EN ISO 3452-3:2014-03
„Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung – Teil 3: Kontrollkörper“
- [74] DIN EN ISO 3834-2:2021-08
„Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen“
- [75] DIN EN ISO 3834-3:2021-08
„Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen“
- [76] DIN EN ISO 4126
„Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck“

- [77] DIN EN ISO 4126-6:2014-10
„Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck – Teil 6: Berstscheibeneinrichtungen; Anwendung, Auswahl und Einbau“
- [78] DIN EN ISO 5167:2023-08
„Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt – Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“
- [79] DIN EN ISO 5817:2023-07
„Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten“
- [80] DIN EN ISO 6507-1:2024-01
„Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 1: Prüfverfahren“
- [81] DIN EN ISO 9692
„Schweißen und verwandte Prozesse – Arten der Schweißnahtvorbereitung“
- [82] DIN EN ISO 9712:2022-09
„Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung“
- [83] DIN EN ISO 9934-1:2017-03
„Zerstörungsfreie Prüfung – Magnetpulverprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundlagen“
- [84] DIN EN ISO 12944
„Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- [85] DIN EN ISO 12944-8:2018-04
„Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung“
- [86] DIN EN ISO 17025:2018-03
„Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“
- [87] DIN EN ISO 23243:2021-03
„Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung mit Arrays – Terminologie“

13 Abkürzungen

AD 2000	Regelwerk der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter
AKZ	Anlagen-Kennzeichnungssystem
ANSI	American National Standard Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AwSV	Verordnung für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung (Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BÜ	Bauüberwacher
CAD	Computer-Aided Design
DGRL	Druckgeräterichtlinie (siehe Richtlinie 2014/68/EU)
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfall-Versicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DVS	Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
FD	Frisch-Dampf
FEM	Finite Elemente Berechnung
GFK	Glasfaserverstärkte Kunststoffe
HD	Hoch-Druck
HT	Härteprüfung
HZÜ	Heiße Zwischenüberhitzerleitungen
ITP	Inspektions- und Testpläne
JEW	Jochmagnetisierung mit Wechselstrom
KKS	Kraftwerk-Kennzeichensystem

KRV	Kunststoffrohrverband e. V.
KZÜ	Kalte Zwischenüberhitzerleitungen
LDÜ	LebensDauerÜberwachungssystem
MD	Mittel-Druck
MRL	Maschinenrichtlinie (siehe Richtlinie 2006/42/EG)
MT	Magnetpulverprüfung
MVO	Maschinenverordnung
NoBo	Notified Body (notifizierte Stelle)
PN	Nenndruck
PS	Maximal zulässiger Druck
PT	Farbeindringprüfung
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
R&I-Schema	Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema
RDS-PP®	Reference Designation System for Power Plants
RT	Durchstrahlungsprüfung
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TS	Zulässige minimale/maximale Temperatur
TÜV-Verband	Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V.
UT	Ultraschallprüfung
VAIS	Verband für Anlagentechnik und IndustrieService e.V.
VT	Sichtprüfung
WEZ	Wärmeeinflusszone
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
zfP	Zerstörungsfreie Prüfung
zP	zerstörende Prüfung
ZÜS	Zugelassene Überwachungsstelle

14 Anlage Federmatrix

- (1) Um bei der Rohrsystemberechnung realistische Randbedingungen an den Kesselanschlüssen und somit auch realistische Belastungen auf den Kessel zu erhalten, ist es sinnvoll für das Sammler-/Nippelsystem Flexibilitäten zu berücksichtigen.

Ebenfalls ist die Berücksichtigung dieser Flexibilitäten auch für das Bewegungsverhalten der Feder- und Konstanthänger im Kesselbereich von großer Bedeutung.

- (2) Hierzu sollten vom Kessellieferer stellvertretend für eine bestimmte Anzahl Nippelscheiben Flexibilitätsmatrizen ermittelt werden, die am Sammlerrohr angreifen.

Die Angriffspunkte der Matrizen am Sammlerrohr sowie die Lage der Sammlerunterstützungen und deren Funktion (abhebend, etc.) und die Sammlerabmessungen müssen ebenfalls angegeben werden.

Ferner sollten die Vorverschiebungen aus Wärmedehnungen des Kessels für die Sammlerunterstützungen und die Matrizenfußpunkte bekannt sein.

- (3) Um bei der Rohrleitungsberechnung die errechneten Lasten beurteilen zu können, kann die Geometrie der höchstbelasteten Nippelscheiben (Durchmesser, Wanddicke, Radien, Länge und Material) sowie deren Verschiebungen am Kesseldurchtritt bei der Rohrsystemberechnung berücksichtigt werden.

In erster Näherung ist für diese Originalnippel eine Spannungsanalyse gemäß dem Rohrleitungsregelwerk (DIN EN 13480 Teil 3) durchzuführen.

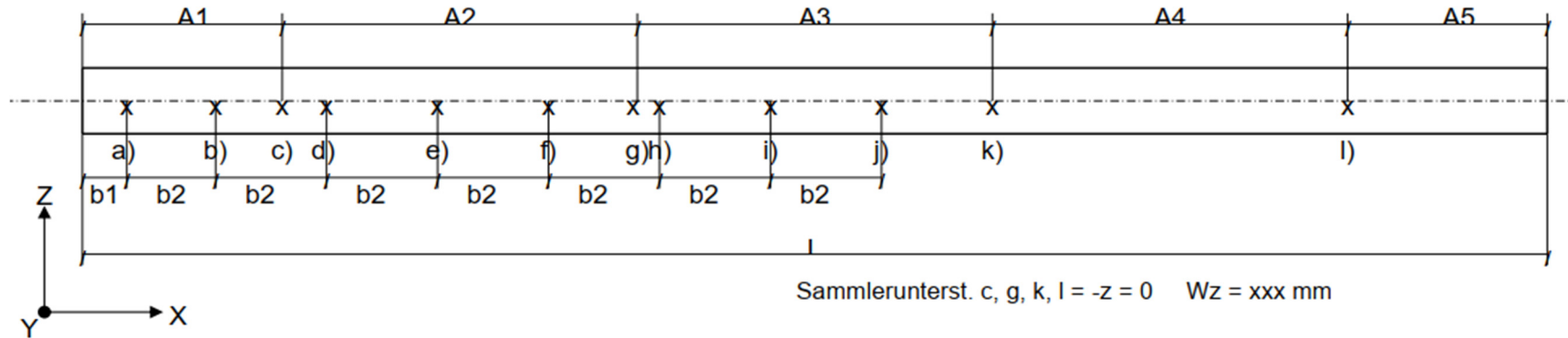
- (4) Der Spannungserhöhungsfaktor für den Intersektionspunkt Nippel / Sammler kann nach den Formeln für „unverstärkte T-Stücke“ gemäß den Rohrleitungsregelwerken erfolgen. Treten keine Spannungsüberschreitungen bei der Spannungsanalyse auf, kann man im Wesentlichen davon ausgehen, dass die Belastungen aus der Rohrleitung von dem Sammler-/Nippelsystem aufgenommen werden können.

- (5) Die Belastungen sind jedoch dem Kessellieferer zur Nachrechnung und Genehmigung einzureichen.

- (6) Bei Bestandsanlagen ist eine einvernehmliche Regelung zwischen Besteller und Lieferer zu erreichen.

Häufig werden bei Austausch von Dampfsystemen höherwertigere Werkstoffe als die vorherigen eingesetzt, die zu geringeren Wandstärken und damit und zu niedrigerem Eigengewicht bei gleichem Rohrleitungsverlauf (Reduzierung der Anschlusslasten) des neuen Systems führen.

14.1 Tabelle Federmatrix



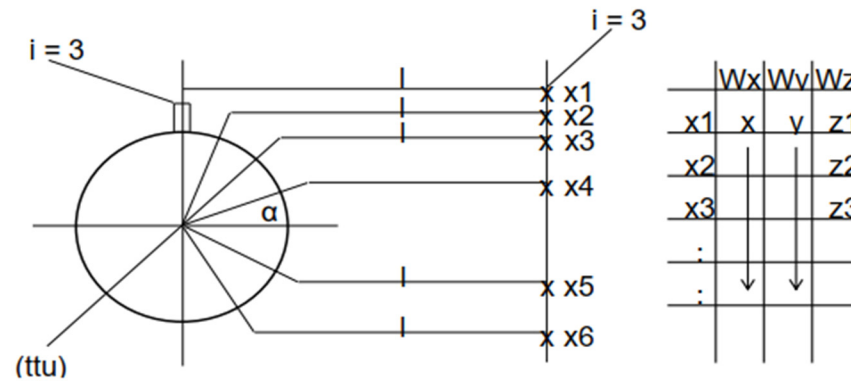
Sammler D/x Wd
 Material:
 Isolierung:
 Temperatur, Druck

Nippel Dx Wd
 Material:

Flexibilitätsmatrizen
 Angabe der Einheit,
 mit kaltem oder warmem E-Modul ermittelt

Matrizen	Wx	Wy	Wz	[mm]
b	x1	y	z	
d	x2	↓	↓	
e	x3			
f	x4			
h	x5			
i	x6			
j	x7			

Nippelscheibe a)



15 Tabelle 1: Leistungsumfang des Lieferers

<p style="text-align: center;">Planung und Konstruktion Erläuterungen siehe 5.3.1</p> <p style="text-align: center;">Kennzeichnung E = zu erstellen</p>		Gruppe 1 HD-Systeme					Gruppe 2 MD- + ND-Systeme					Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser					Gruppe 5 sonstige Systeme										
		Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschließlich Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen	Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlturmzusatzleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlöschleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmeleitungen	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen	Spül-, Heiz- und Ausblaseleitungen	
Zeichnungen	Rohrleitungspläne (Grundriss, Längs- und Querschnitte)																											
	Belastungspläne																											
	Berechnungsisometrien																											
	Gesamtisometrie pro Rohrsystem *																											
	Teilisometrie *																											
	Schweiß- und Prüfisometrie																											
	Rohrleitungsschemata, Messstellen-schemata (Einzelschemata, Gesamt-schemata)																											
	Höhenschemata (Entleerungs-, Entlüftungs-, Entwässerungsschemata)																											
	Formstückzeichnungen einschließ-lich Reduzierungen *																											
	Unterstützungs- und Halterungs-zeichnungen *																											
	Anordnung für Armaturen einschließ-lich Betätigungselemente																											
	Zeichnungen für Mauerdurchführungen *																											
	Zeichnungen der Verspannungen von Kompensationselementen *																											
	Zeichnungen der Entwässerungs- und Entlüftungsstationen																											
	Zeichnungen der Probenentnahme-einrichtungen																											
	Stutzenzeichnungen und Entnahme-stellen für verfahrenstechnische Messungen																											
	Messnocken																											
	Listen, Pläne, Vorschriften, Berichte	Grabenprofil- und Höhenpläne																										
Dübelplattenpläne																												
Rohrleitungslisten																												
Armaturenlisten																												
Antriebslisten																												
Übersichtslisten für Messstellen																												
Zeichnungsverzeichnis																												
Stücklistenverzeichnis																												
Rrohrhalterungsverzeichnis																												
Anfahr-, Betriebs-, und Wartungsvor-schriften																												
Schweiß- und Wärmebehandlungs-plan																												
Inspektions- und Testplan																												
Planungsfortschrittsberichte																												
Montagefortschrittberichte																												
Kostenentwicklungsplan																												
Terminplan																												
Schilderlisten																												

16 **Tabelle 2: Leistungsumfang des Lieferers**

Berechnung¹⁾, Vorprüf- und Genehmigungs-unterlagen²⁾ 1) Erläuterungen siehe 5.3.2 2) Erläuterungen siehe 5.3.4		Gruppe 1 HD-Systeme				Gruppe 2 MD- + ND-Systeme				Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser				Gruppe 5 sonstige Systeme												
		Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschließlich Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen	Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlumzusatzeleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlöschleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmeleitungen	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen	Spül-, Heiz- und Ausblaseleitungen
Berechnungen	Festigkeitsberechnung der Rohrleitungen																										
	Druckverlustberechnung der Rohrleitungen																										
	Wärme- bzw. Temperaturverlustberechnung																										
	Berechnung der Temperaturtransienten																										
	Druckstoßberechnung																										
	Rohrsystemanalyse - Hängerschrägung - Reibung																										
	Gewichtsermittlung																										
	Ist-Statik																										
	Spannungsnachweis für Rohrhalterungen und Stützkonstruktionen																										
	Spannungsnachweis für Verspannungen																										
	Optimierung der Wärmedämmung																										
	Schwingungsuntersuchung																										
	Vorprüf- und Genehmigungsunterlagen	Erstellen und Zusammenstellen der Unterlagen für den Antrag nach BImSchG bzw. WHG																									
Erstellen und Zusammenstellen der Unterlagen nach EU DGRL bzw. nach gewähltem Regelwerk																											
Revision der technischen Unterlagen vor Übergabe an den Besteller																											

17 Tabelle 3: Leistungsumfang des Lieferers

	Dokumentation Erläuterungen siehe 5.3.13	Gruppe 1 HD-Systeme				Gruppe 2 MD- + ND-Systeme				Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser						Gruppe 5 sonstige Systeme												
		Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschließlich Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen	Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlturmzusatzleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlöschleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmeführungen	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen	Spül-, Heiz- und Ausblaseleitungen		
Zeichnungen	Rohrleitungspläne																												
	Belastungspläne																												
	Berechnungsisometrien																												
	Gesamtisometrie pro Rohrsystem *																												
	Teilisometrie *																												
	Schweiß- und Prüfisometrie																												
	Formstücke, einschl. Reduzier. *																												
	Unterstützungen- und Halterungen *																												
	Mauerdurchführungen *																												
	Zeichnungen der Verspannungen von Kompensationselementen *																												
	Zeichnungen der Entwässerungs- und Entlüftungsstationen																												
	Stutzenzeichn. und Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen																												
Grabenprofil- und Höhenpläne																													
Dübelplattenpläne																													
Listen, Pläne, Vorschriften	Rohrleitungslisten																												
	Armaturenlisten																												
	Antriebslisten																												
	Schilderlisten																												
	Zeichnungsverzeichnis																												
	Stücklistenverzeichnis																												
	Rohrhalterungsverzeichnis																												
	Anfahr-, Betriebs-, und Wartungsvorschriften																												
	Schweiß- und Wärmebehandlung																												
	Berechnungen	Festigkeitsberechnung																											
Druckverlustberechnung																													
Berechn. der Temperaturtransienten																													
Druckstoßberechnung																													
Rohrsystemanalyse																													
- Hängerschrägzug																													
- Reibung																													
Ist-Statik																													
Spannungsnachweis für Halterungen und Stützkonstruktionen																													
Spannungsnachweis für Verspannungen																													
Rechnerische Entwurfsprüfung																													
Anweisung, Protokoll, Bescheinigung, Filme	Bau- und Montageüberwachungspläne bzw. Prüfanweisungen für ZfP																												
	Werkstoffzeugnisse																												
	Protokolle über ZfP mit Prüfergeb.																												
	Durchstrahlungsaufnahmen und Filmpläne																												
	Bescheinigung durchgeführter Wärmebehandlungen																												
	Protokolle über Druck- und Dichtheitsprüfungen																												
	Freigabeprotokolle für Anschlüsse an Komponenten																												
	Einstellprotokoll federnder Halterung																												
	Abnahmebescheinigungen für Korrosionsschutzbeschichtungen																												
	Prüfstandsprotokolle (z.B. Sicherheitsventile)																												
Konformitätserklärung nach DGRL																													
Betriebsanleitung																													

Lieferer:	_____	_____
	:	
<i>Betreiber Abt. 1:</i>	_____	_____
	:	
<i>Betreiber Abt. 2:</i>	_____	_____
	:	
ext. Überwachung:	_____	_____
	:	

19 Empfehlungen für Tabelle 1

<p style="text-align: center;">Planung und Konstruktion Erläuterungen siehe 5.3.1</p>		Gruppe 1 HD-Systeme					Gruppe 2 MD- + ND-Systeme					Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser					Gruppe 5 sonstige Systeme										
		Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschließlich Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen	Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlumzusatzleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlösleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmeleitungen	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen	Spül-, Heiz- und Ausblaseleitungen	
Zeichnungen	Rohrleitungspläne (Grundriss, Längs- und Querschnitte)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Belastungspläne	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Berechnungsisometrien	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X															
	Gesamtsolisierung pro Rohrsystem *	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X									X							
	Teilisometrie *							X					X															X
	Schweiß- und Prüfisometrie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
	Rohrleitungsschemata, Messstellen-schemata (Einzelschemata, Gesamtschemata)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Höhenschemata (Entleerungs-, Entlüftungs-, Entwässerungsschemata)	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X			X							
	Formstückzeichnungen einschließlich Reduzierungen *	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														
	Unterstützungs- und Halterungszeichnungen *	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Anordnung für Armaturen einschließlich Betätigungselemente	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				
	Zeichnungen für Mauerdurchführungen *	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Zeichnungen der Verspannungen von Kompensationselementen *							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Zeichnungen der Entwässerungs- und Entlüftungsstationen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X						
	Zeichnungen der Probenentnahmeeinrichtungen																											
	Stutzenzeichnungen und Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Messnocken	X	X																										
Listen, Pläne, Vorschriften, Berichte	Grabenprofil- und Höhenpläne											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Dübelplattenpläne																											
	Rohrleitungslisten																											
	Armaturenlisten																											
	Antriebslisten																											
	Übersichtslisten für Messstellen																											
	Zeichnungsverzeichnis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Stücklistenverzeichnis																											
	Rohrhalterungsverzeichnis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Anfahr-, Betriebs-, und Wartungsvorschriften	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X						X
	Schweiß- und Wärmebehandlungsplan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															X
	Inspektions- und Testplan	X	X	X	X	X																						
	Planungsfortschrittsberichte																											
	Montagefortschrittberichte																											
Kostenentwicklungsplan																												
Terminplan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Schilderlisten																												

20 Empfehlungen für Tabelle 2

Berechnung¹⁾, Vorprüf- und Genehmigungsunterlagen²⁾ 1) Erläuterungen siehe 5.3.2 2) Erläuterungen siehe 5.3.4		Gruppe 1 HD-Systeme					Gruppe 2 MD- + ND-Systeme					Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser					Gruppe 5 sonstige Systeme									
		Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschließlich Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen	Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlumzusatzleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlöscheinleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmeleitungen	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen	Spül-, Beiz- und Ausblaseleitungen
Berechnungen	Festigkeitsberechnung der Rohrleitungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X					X	
	Druckverlustberechnung der Rohrleitungen	X	X	X	X	X	X		X	X			X														
	Wärme- bzw. Temperaturverlustberechnung	X	X	X																							
	Berechnung der Temperaturtransienten	X	X																								
	Druckstoßberechnung																										
	Rohrsystemanalyse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X														
	- Hängerschragung	X	X	X	X	X	X																				
	- Reibung	X	X	X	X	X	X																				
	Gewichtsermittlung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X					
	Ist-Statik																										
	Spannungsnachweis für Rohrhaltungen und Stützkonstruktionen																										
	Spannungsnachweis für Verspannungen																										
	Optimierung der Wärmedämmung																										
	Schwingungsuntersuchung																										
Vorprüf- und Genehmigungsunterlagen	Erstellen und Zusammenstellen der Unterlagen für den Antrag nach BImSchG bzw. WHG	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X						
	Erstellen und Zusammenstellen der Unterlagen nach EU DGRL bzw. nach gewähltem Regelwerk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Revision der technischen Unterlagen vor Übergabe an den Besteller	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

21 Empfehlungen für Tabelle 3

	Gruppe 1 HD-Systeme					Gruppe 2 MD- + ND-Systeme					Gruppe 3	Gruppe 4 Versorgungssysteme für Wasser					Gruppe 5 sonstige Systeme									
	Frischdampfleitungen	heiße Zwischenüberhitzerleitungen	kalte Zwischenüberhitzerleitungen	Hochdruckanzapfleitungen	Speisewasserdruckleitungen	HD-Einspritzwasserleitungen (einschl. Mindestmengen- und Entlastungswasserleitungen)	MD- und ND-Anzapfleitungen	Versorgungsleitungen für Dampf	Speisewassersaugleitungen	Hauptkondensatleitungen		Nebenkondensatleitungen	MD-Einspritzwasserleitungen	Hauptkühlwasserleitungen	Nebenkühlwasserleitungen	Kühlturmsatzleitungen	Rohwasserleitungen	Reinwasserleitungen	Trinkwasserleitungen	Deionatleitungen	Feuerlösleitungen	Heizwasserleitungen	Mess- und Probenentnahmetg.	Arbeitsluftleitungen	Steuerluftleitungen	Entsorgungsleitungen
Dokumentation Erläuterungen siehe 5.3.13	Rohrleitungspläne	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Belastungspläne																									
	Berechnungsisometrien	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X													
	Gesamtisolierung pro Rohrsystem *	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X														
	Teilisometrie *							X					X													
	Schweiß- und Prüfisometrie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X													
	Formstücke, einschl. Reduzier. *	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Unterstützungen- und Halterungen *																									
	Mauerdurchführungen *																									
	Zeichnungen der Verspannungen von Kompensationselementen *																									
	Zeichnungen der Entwässerungs- und Entlüftungsstationen																									
	Stutzenzeichn. und Entnahmestellen für verfahrenstechnische Messungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Grabenprofil- und Höhenpläne																									
	Dübelplattenpläne																									
Zeichnungen	Rohrleitungslisten																									
	Armaturenlisten																									
	Antriebslisten																									
	Schilderlisten																									
	Zeichnungsverzeichnis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Stücklistenverzeichnis																									
	Rohrhalterungsverzeichnis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Anfahr-, Betriebs-, und Wartungsvor- schriften	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Schweiß- und Wärmebehandlung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Festigkeitsberechnung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X				
Berechnungen	Druckverlustberechnung	X	X	X	X																					
	Berechn. der Temperaturtransienten																									
	Druckstoßberechnung																									
	Rohrsystemanalyse - Hängerschrägzug - Reibung Ist-Statik																									
	Spannungsnachweis für Halterungen und Stützkonstruktionen																									
	Spannungsnachweis für Verspann.																									
	Rechnerische Entwurfsprüfung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X				
	Bau- und Montageüberwachungspläne bzw. Prüfanweisungen für ZfP																									
	Beschein. über Werkstoffprüfungen																									
	Anweisung, Protokoll, Bescheinigung, Filme	Protokolle über ZfP mit Prüfergeb.																								
Durchstrahlungsaufnahmen und Filma- gepläne																										
Bescheinigungen über durchgeführte Wärmebehandlungen																										
Protokolle über Druck- und Dichtheits- prüfungen																										
Freigabeprotokolle für Anschlüsse an Komponenten																										
Einstellprotokoll federnder Halterung																										
Abnahmebescheinigungen für Korrosi- onsschutzbeschichtungen																										
Prüfstandsprotokolle (z.B. Sicherheits- ventile)																										
Konformitätserklärung, nach DGRL																										
Betriebsanleitung																										

22 Anlage 1 Prüfplan 1

Systemgruppe 1

Mindest-Umfang [%] der zu prüfenden Rundnähte

Werkstoff	Abmessungen in mm		Ultraschall		Durchstrahlung		Magnetpulver		Härtemessung		Legierungskontrolle 4)	
	äußerer Ø	Wanddicke	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ
1.4922	≥ 88,9	15	100	S	1) ¹⁾	1) ¹⁾	100	S	100	S	10	S
1.4901		< 15	-	-	100	100	100	S	100	S	10	S
1.4903		< 88,9	alle	-	-	100	100	100	S	100	S	5
1.7380	≥ 88,9	≥ 15	100	S	1) ¹⁾	1) ¹⁾	10 ²⁾	S	10	S	5	S
1.7335		< 15	-	-	100	100	10 ²⁾	S	10 ³⁾	S	5	S
		< 88,9	alle	-	-	50	50	10	S	- ³⁾	S	5
1.6368	≥ 88,9	≥ 15	100	S	1) ¹⁾	1) ¹⁾	100	S	100	S	10	S
1.7715		< 15	-	-	100	100	100	S	50 ⁵⁾	S	10	S
1.7745		< 88,9	alle	-	-	100	100	100	S	50 ⁵⁾	S	5
1.5415 und unlegierte Werkstoffe	≥ 88,9	≥ 15	100	S	1) ¹⁾	1) ¹⁾	10 ²⁾	S	-	-	-	-
		< 15	-	-	50	50	10 ²⁾	S	-	-	-	-
		< 88,9	alle	-	-	20	20	10	S	-	-	-

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

H Prüfung durch Lieferer

BÜ Prüfung durch den BÜ

S Stichprobenprüfung (Umfang mind. 10 %)

1) Zusätzlich 100 % RT wenn UT auf Längsfehler nur von einer Nahtseite möglich ist.

2) Anschlussnähte, Formstücke, Querschnittsübergänge und Nähte, die mit Ultraschall nur von einer Nahtseite aus prüfbar sind, zu 100 %

3) Jedoch alle Nähte, die mit Ringschwenkbrenner geglüht werden.

4) Die zu prüfenden Nähte werden vom BÜ festgelegt. Mit der Werkstoffverwechslungsprüfung wird die Verwendung des korrekten Schweißzusatzes gemäß WPS auf der Decklage geprüft.

5) 1.7715 Prüfumfang 100 %.

23 Anlage 2 Prüfplan 2

Systemgruppe 2

Mindest-Umfang (%) der zu prüfenden Rundnähte

Werkstoff	Abmessungen in mm		Ultraschall		Durchstrahlung	
	äußerer	Wand- dicke	H	BÜ	H	BÜ
1.5415 und unlegierte Werkstoffe	≥ 168,3	≥ 15 < 15	100 -	S -	1) 50	1) 50
	≥ 88,9 bis < 168,3	alle	-	-	20	20
	< 88,9	alle	-	-	10	10

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

H Prüfung durch Lieferer

BÜ Prüfung durch den BÜ

S Stichprobenprüfung

1) Zusätzlich 100 % RT wenn UT auf Längsfehler nur von einer Nahtseite möglich ist.

24 Anlage 3 Prüfplan 3

Systemgruppe 1

Mindest-Umfang der Prüfungen (%) an Stutzen- und Nippelnähten

Werkstoff	Abmessung in mm		Ultraschall		Durchstrahlung		Oberflächenrissprüfung ¹⁾		Härtemessung ⁵⁾		Legierungskontrolle ³⁾	
	li. Durchmesser des Stutzens	Wanddicke	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ
1.4901	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.4903	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.4922	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7715	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7745	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.6368	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7380	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	10 ²⁾	S	10	S
1.7335	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	10	S	10	S
alle o. g. Werkstoffe	< 120	alle	-	-	-	-	100	S	10 ⁴⁾²⁾⁶⁾	S	10	S
o. g. Werkstoffe	≥ 120	< 15	-	-	-	-	100	S	10 ⁴⁾²⁾	S	10	S
1.5415 und unlegierte Werkstoffe	≥ 120	≥ 15	100	S	-	-	100	S	-	-	-	-
		< 15	-	-	-	-	50	S	-	-	-	-
	< 120	alle	-	-	-	-	25	S	-	-	-	-

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

H Prüfung durch Lieferer BÜ Prüfung durch den BÜ S Stichprobenprüfung

- 1) An der Außenoberfläche ist in jedem Fall nach dem Magnetpulververfahren zu prüfen. An der Innenfläche kann auch nach dem Farbeindringverfahren geprüft werden, wenn eine Magnetpulverprüfung nicht möglich ist.
- 2) Zusätzlich alle Nähte die mit Ringschwenkbrenner geglüht werden.
- 3) Die zu prüfenden Nähte werden vom Bauüberwacher festgelegt.
- 4) Bei 1.4922, 1.4901 und 1.4903 zu 100 %.
- 5) Bei Ofenglühung kann ein reduzierter Prüfumfang mit dem BÜ vereinbart werden.
- 6) Härtemessung soweit prüftechnisch sinnvoll.

25 Anlage 4 Prüfplan 4

Systemgruppe 2

Mindest-Umfang der Prüfungen (%) an Stutzennähten

Werkstoff	Abmessungen in mm		Ultraschall		Durchstrahlung		Oberflächenrissprüfung ¹⁾	
	Stutzen li Ø	Wand- dicke	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ
1.5415 und unlegierte Werkstoffe	≥120	≥15	100	S	-	-	50	S
		< 15	-	-	-	-	25	S
	< 120	alle	-	-	-	-	10	S

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

- H Prüfung durch Lieferer
- BÜ Prüfung durch den BÜ
- S Stichprobenprüfung

- 1) An der Außenoberfläche in jedem Fall mit Magnetpulver. An der Innenfläche kann auch nach dem Farbeindringverfahren geprüft werden, wenn MT nicht möglich ist.

26 Anlage 5 Prüfplan 5

Systemgruppe 1

Mindest-Umfang der Prüfungen (%) an Schweißungen für Anschweißteile gegen die drucktragende Wandung

Werkstoff	Wanddicke der Anschweißteile oder a-Maß der Naht		Ultraschall auf Durchschweißung und Unternahtrisse		Durchstrahlung		Oberflächenrissprüfung ¹⁾		Härtemessung ²⁾		Legierungskontrolle	
			H	BÜ	H	BU	H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ
1.4901,		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.4903,		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.4922,		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7715,		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7745,		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.6368		≥ 15	100	S	-	-	100	S	100	S	10	S
1.7380		≥ 15	100	S	-	-	100	S	10	S	10	S
1.7335		≥ 15	100	S	-	-	50	S	10	S	10	S
alle o. g. Werkstoffe		< 15	-	-	-	-	50 ³⁾	S	10 ³⁾	S	10 ³⁾	S
1.5415 und unlegierte Werkstoffe		15	100	S	-	-	25	S	-	-	-	-
		< 15	-	-	-	-	10	S	-	-	-	-

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

H Prüfung durch Lieferer

BÜ Prüfung durch den BÜ

S Stichprobenprüfung

1) An der Außenoberfläche in jedem Fall nach dem Magnetpulververfahren zu prüfen. An der Innenfläche kann auch nach dem Eindringverfahren geprüft werden, wenn eine Magnetpulverprüfung nicht möglich ist.

2) Härtemessung soweit prüftechnisch sinnvoll.

3) Bei 1.4922, 1.4901 und 1.4903 zu 100 %.

27 Anlage 6 Prüfplan 6

Systemgruppe 2

Mindest-Umfang der Prüfungen (%) an Schweißungen für Anschweißteile gegen die drucktragende Wandung

Werkstoff	Wanddicke der Anschweißteile oder a-Maße der Naht						
		Ultraschall		Durchstrahlung		Oberflächenrissprüfung	
		H	BÜ	H	BÜ	H	BÜ
1.5415 und unlegierte Werkstoffe	≥15	-	-	-	-	25	S
	< 15	-	-	-	-	10	S

Prüfungen an austenitischen Werkstoffen sind gesondert zu vereinbaren.

- H Prüfung durch Lieferer
- BÜ Prüfung durch den BÜ
- S Stichprobenprüfung

28 Anlage 7 Grenzwerte von Unregelmäßigkeiten für Schweißverbindungen aus Stahl

Stumpfnähte						
Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Benennung	Bewertungsgruppe nach DIN EN ISO 5817				
		Systemgruppe				
		1	2	3	4	5
100	Risse	nicht zulässig				
104	Endkraterriß	nicht zulässig				
3042	Kupfereinschlüsse	nicht zulässig				
17	Kantenversatz	B	B	C	C	C ¹⁾
511	Decklagenunterwölbung	B	B	C	C	C ¹⁾
515	Wurzelrückfall	B	B	C	C	C ¹⁾
509	Schweißgutüberlauf	B	B	C	C	C ¹⁾
5072	Kantenversatz	B	B	C	C	C ¹⁾
Alle weiteren		B	B	C	C	C

Kehlnähte						
Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Benennung	Bewertungsgruppe nach DIN EN ISO 5817				
		Systemgruppe				
		1	2	3	4	5
100	Risse	nicht zulässig				
104	Endkraterriß	nicht zulässig				
304	Kupfereinschlüsse	nicht zulässig				
617	Schlechte Passung	B	B	C	C	C ¹⁾
5213	Nahtdickenunterschreitung.	B	B	C	C	C ¹⁾
5214	Nahtdickenüberschreitung.	B	B	C	C	C ¹⁾
512	Ungleichschenkeligkeit	B	B	C	C	C ¹⁾
Alle weiteren		B	B	C	C	C

1) Mess- und Probenahmeleitungen B

29 Anlage 8 Bericht über Oberflächenrissprüfungen (Magnetpulverprüfung)

Beispiel Anlage 8	Bericht über Oberflächenrissprüfungen Magnetpulverprüfung nach DIN EN ISO 9934-Reihe	WIQ -Nr. : Prüfer.-Nr. : Blatt 1 von
------------------------------	---	---

Auftraggeber :	Verteiler :
IH-Nr. :	WIQ-Akte :

Angaben zum Objekt

Kraftwerk/Standort :	
Hersteller :	Prüfobjekt :
Fabriknummer :	KKS- Nr. :
Werkstoff :	Anlagenkennzeichen:
Abmessungen :	Zeichnungs-Nr. :
Schweißverfahren :	Prüfbereich :
Bemerkungen :	:
:	Nahtbreite :
:	Prüfbreite :

Prüftechnische Daten

Feldstärke : kA/m	Felderzeugung :
Gerät :	
Prüfmittel :	nass / trocken / fluoreszierend schwarz / rot / grün / orange
Trägerflüssigkeit :	Konzentration :
Kontrastmittel :	

Prüfflächenzustand :	Prüffächentemperatur :
Prüfung: vor / nach / ohne Wärmebehandlung	Prüfzeitpunkt: vor / nach / ohne Druckprobe
Basisprüfung / Wiederholungsprüfung	

Anforderungen:

Prüfort und Prüfdatum :

Prüfergebnis

Lfd Nr.	Prüfbereich	Abstand der An- zeige vom Be- zugspunkt 1) l [mm]	Anzeigen- länge l [mm]	Anzeigen- lage q [mm]	WEZ 2)	Schleiftiefe bei Anzei- gen- frei- heit [mm]	Längs- fehler (LF)	Quer- fehler (QF)	fehlerfrei bzw belaß- bar	fehlerfrei nach Nachar- beit	3) e	3) ne

- 1) Bezugspunkt und Abwicklungsrichtung gekennzeichnet
 2) G = Grundwerkstoff WEZ = Wärmeeinflusszone S = Schweißgut
 3) e = erfüllt ne = nicht erfüllt

Datum

Prüfer

Prüfaufsicht

Der Sachverständige

Beispiel Anlage 8-2	Bericht über Oberflächenrissprüfungen Farbeindringprüfung nach DIN EN ISO 9937-FF	WIQ -Nr. : Prüfber.-Nr. : Blatt von									
Auftraggeber : IH-Nr. :		Verteiler : WIQ-Akte:									
<u>Angaben zum Objekt</u>											
Kraftwerk/Standort : Hersteller : Fabriknummer : Werkstoff : Abmessungen : Schweißverfahren : Bemerkungen :											
Prüfobjekt : KKS- Nr. : Anlagenkennzeichen: Zeichnungs-Nr. : Prüfbereich : Nahtbreite : Prüfbreite :											
<u>Prüftechnische Daten</u>											
Eindringmittel : 9 VF 2, Fa. Ardrex fluoreszierend / nicht fluoreszierend Einwirkdauer : 30 min. Zwischenreiniger : 9 PR 50, Fa. Ardrex Emulgator : - Entwickler : 9 D1B, Fa. Ardrex Beurteilungszeitpunkt : 0-30 min.											
Prüfflächenzustand : Prüfflächentemperatur : Prüfung: vor / nach / ohne Wärmebehandlung Prüfzeitpunkt: vor / nach / ohne Druckprobe Basisprüfung / Wiederholungsprüfung											
<u>Anforderungen</u> :											
Prüfort und Prüfdatum :											
<u>Prüfergebnis</u>											
Lfd Nr.	Prüfbereich	Abstand der An- zeige vom Be- zugspunkt 1) l [mm]	Anzeigen- länge l [mm]	Anzeigenlage q [mm] 2)	Schleiftiefe bei Anzei- gen- freiheit [mm]	Längs- fehler (LF)	Quer- fehler (QF)	fehlerfrei bzw belaß- bar	fehlerfrei nach Nachar- beit	3) e	3) ne

<p>1) Bezugspunkt und Abwicklungsrichtung gekennzeichnet 2) G = Grundwerkstoff, WEZ = Wärmeeinflußzone, S = Schweißgut 3) e = erfüllt, ne = nicht erfüllt</p>												
Datum				Prüfer				Prüfaufsicht			Der Sachverständige	

30 Anlage 9: Bericht über Durchstrahlungsprüfungen

Beispiel Anlage 9	Bericht über Durchstrahlungsprüfungen Durchstrahlungsprüfungen nach DIN EN ISO 5579	WIQ -Nr.: Prüfer-Nr.: Blatt 1 von							
Auftraggeber : IH-Nr. :		Verteiler : WIQ-Akte :							
Angaben zum Objekt									
Kraftwerk/Standort : Hersteller : Fabriknummer : Werkstoff : Abmessungen : Schweißverfahren : Bemerkungen :									
Prüfobjekt : KKS-Nr: : Anlagenkennzeichen: Zeichnungs-Nr. : Prüfbereich :									
Prüftechnische Daten									
Strahlenquelle : Größe Brennfleck : x mm Röhrenspannung : kV Röhrenstrom: mA Belichtungszeit : sek / min Filmsorte- und Hersteller : Filmabmessung : x cm Prüfung: vor / nach / ohne Wärmebehandlung									
Prüfklasse : Bild : Strahler-Abmessung : x mm Aktivität : GBq / Ci Film-Fokus-Abstand : mm Aufnahme- und Foliendicke : Pb, v+h 0,02 mm Prüfflächentemperatur : Prüfflächenzu- stand : Prüfzeitpunkt: vor / nach / ohne Druckprobe Basisprüfung / Wiederholungsprüfung									
Anforderungen :									
Prüfort und Prüfdatum:									
Prüfergebnis:									
Prüfbereich	Abmessung	Prüf- abschnitt	Schweis- ser nummer	Bild- güte zahl	Reparatur- bereich von...bis	Befund	Bewertung		
1)	[mm]	von...bis [mm]			von...bis [mm]	2)	3)	e	ne

- 1) Bezugspunkt- und Abwicklungsrichtung gekennzeichnet
R = Reparatur N = Nahterneuerung
- 2) Kurzzeichen nach DIN 8524, Blatt 1
E=Riss Ea=Längsriss Eb=Querriss Ec=Endkraterriss A=Gaseinschluss Aa=Pore Ab=Schlauchpore K=Lunker
Ba=nicht scharfkantiger Schlackeneinschluss G=scharfkantiger Schlackeneinschluss J=Oxidhaut H=Fremdmetalleinschluss
C=Bindefehler D=ungenügende Durchschweißung F=Formfehler FF=Filmfehler
- 3) 1=ohne Fehler 2=geringfügige Fehler 3=Fehler, die belassen werden können 4=Fehler, die eine Ausbesserung der Naht erfordern
5=Fehler, die eine Erneuerung der Naht erfordern
- 4) e=erfüllt ne=nicht erfüllt

Datum

Prüfer

Prüfaufsicht

Der Sachverständige

1) R = Reparatur N = Nahterneuerung

2) Kurzzeichen nach DIN 8524, Blatt 1

E=Riss Ea=Längsriss Eb=Querriss Ec=Endkraterriss A=Gaseinschluss Aa=Pore Ab=Schlauchpore K=Lunker
Ba=nicht scharfkantiger Schlackeneinschluss G=scharfkantiger Schlackeneinschluss J=Oxidhaut H=Fremdmetalleinschluss
C=Bindefehler D=ungenügende Durchschweißung F=Formfehler FF=Filmfehler

3) 1=ohne Fehler 2=geringfügige Fehler 3=Fehler, die belassen werden können 4=Fehler, die eine Ausbesserung der Naht erfordern
5=Fehler, die eine Erneuerung der Naht erfordern

4) e=erfüllt ne=nicht erfüllt

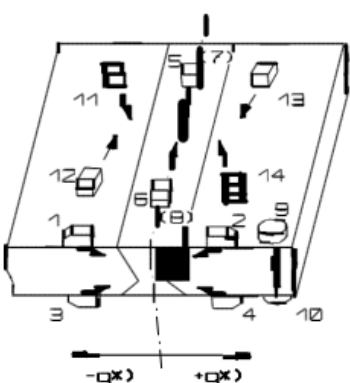
Datum

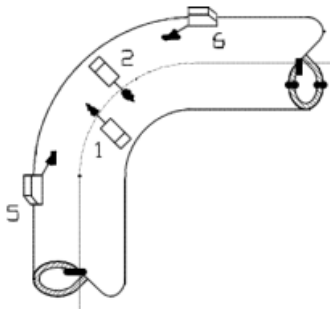
Prüfer

Prüfaufsicht

Der Sachverständige

31 Anlage 10: Bericht über Ultraschallprüfungen

Beispiel Anlage 10	Bericht über Ultraschallprüfungen	WIQ -Nr. : Prüfer-Nr.: Blatt 1 von																																																																																										
Auftraggeber : IH-Nr. :		Verteiler : WIQ-Akte :																																																																																										
Angaben zum Objekt Kraftwerk/Standort : Hersteller : Fabriknummer : Werkstoff : Abmessungen : Schweißverfahren : Bemerkungen :																																																																																												
Prüfobjekt : Anlagenkennzeichen: Zeichnungs-Nr. : Prüfbereich : Nahtbreite und - form:																																																																																												
Anforderungen : Prüfort und Prüfdatum :																																																																																												
Prüftechnische Daten Gerät : Gerätejustierung nach : an : Transferkorrektur : dB Schallschwächung : dB/m Prüfung : vor / nach / ohne Wärmebehandlung Prüfzeitpunkt : vor / nach / ohne Druckprobe Basisprüfung / Wiederholungsprüfung																																																																																												
Nahtoberfläche : Prüflächenzustand : Prüflächentemperatur : Ankoppelmittel : Registrierschwelle : mm KSR																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Prüfkopf</th> <th style="width: 50%;">Bezeichnung</th> <th style="width: 25%;">V_k*) (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Prüfkopf	Bezeichnung	V _k *) (dB)	A			B			C			D			E																																																																										
Prüfkopf	Bezeichnung	V _k *) (dB)																																																																																										
A																																																																																												
B																																																																																												
C																																																																																												
D																																																																																												
E																																																																																												
*) = Amplitudenkorrekturwert für K1 und K2																																																																																												
Einschallpositionen Eingesetzte Prüfköpfe in folgenden Einschallpositionen:																																																																																												
																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A															B															C															D															E														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																														
A																																																																																												
B																																																																																												
C																																																																																												
D																																																																																												
E																																																																																												
Prüferegebnis: *)q= Mittenabstand																																																																																												
Datum	Prüfer	Prüfaufsicht Der Sachverständige																																																																																										

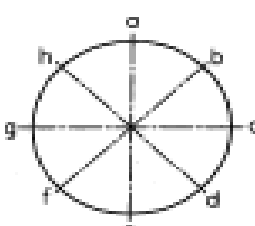
Beispiel Anlage 10-2	Bericht über Ultraschallprüfungen Rohrbogen	WIQ -Nr. : Prüfer-Nr. : Blatt 1 von																																																																																																						
Auftraggeber : IH-Nr. :	Verteiler : WIQ-Akte :																																																																																																							
Angaben zum Objekt																																																																																																								
Kraftwerk/Standort :																																																																																																								
Hersteller :	Prüfobjekt :																																																																																																							
Fabriknummer :																																																																																																								
Werkstoff :	Anlagenkennzeichen:																																																																																																							
Abmessungen :	Zeichnungs-Nr. :																																																																																																							
Schweißverfahren :	Prüfbereich :																																																																																																							
Bemerkungen :																																																																																																								
Nahtbreite und - form:																																																																																																								
Anforderungen :																																																																																																								
Prüfort und Prüfdatum :																																																																																																								
Prüftechnische Daten																																																																																																								
Gerät :	Nahtoberfläche :																																																																																																							
Gerätejustierung nach :	Prüflächenzustand :																																																																																																							
an :	Prüflächentemperatur :																																																																																																							
Transferkorrektur : dB	Ankoppelmittel :																																																																																																							
Schallschwächung : dB/m	Registrierschwelle : mm KSR																																																																																																							
Prüfung : vor / nach / ohne Wärmebehandlung																																																																																																								
Prüfzeitpunkt : vor / nach / ohne Druckprobe																																																																																																								
Basisprüfung / Wiederholungsprüfung																																																																																																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Prüfkopf</th> <th style="width: 50%;">Bezeichnung</th> <th style="width: 25%;">V_k*) (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Prüfkopf	Bezeichnung	V _k *) (dB)	A			B			C			D			E																																																																																						
Prüfkopf	Bezeichnung	V _k *) (dB)																																																																																																						
A																																																																																																								
B																																																																																																								
C																																																																																																								
D																																																																																																								
E																																																																																																								
*) = Amplitudenkorrekturwert für K1 und K2																																																																																																								
Einschallpositionen																																																																																																								
	Eingesetzte Prüfköpfe in folgenden Einschallpositionen:																																																																																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>															1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A															B															C															D															E														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																																																																										
A																																																																																																								
B																																																																																																								
C																																																																																																								
D																																																																																																								
E																																																																																																								
<u>Prüferegebnis:</u>																																																																																																								
*)q= Mittenabstand																																																																																																								
Datum	Prüfer	Prüfaufsicht																																																																																																						
		Der Sachverständige																																																																																																						

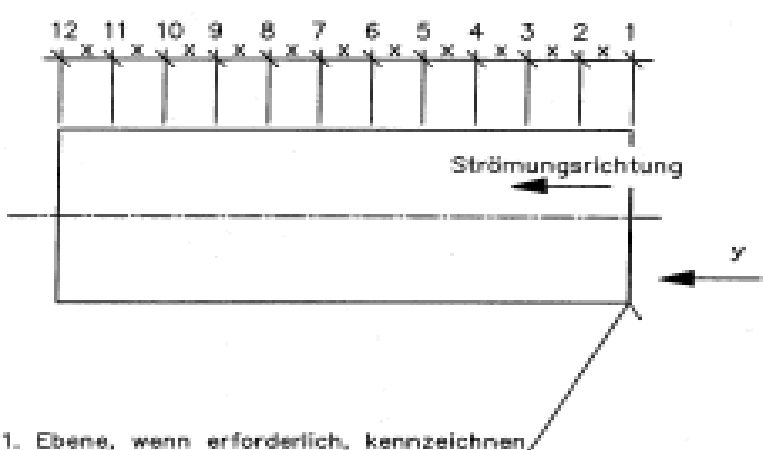
Arbeitsprobe		
Werkstoffprüfung		

33 Anlage 12: Istmaßprotokoll – Rohre

Istmaßprotokoll	<h1 style="margin: 0;">Rohre</h1>	Blatt : Seite :
Korn.-Nr.: _____		Anlage : _____
Pos.-Nr.: _____		Rohr Nr.: _____
Abmessung : _____		Werkstoff: _____
System: _____		

Ansicht y



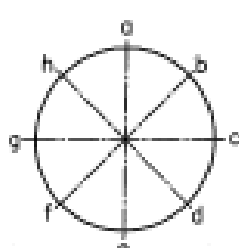
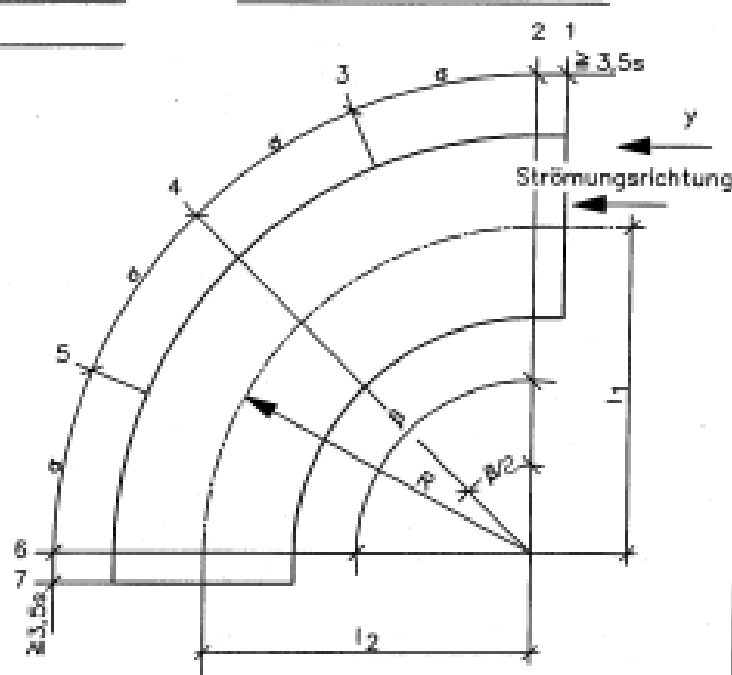


1. Ebene, wenn erforderlich, kennzeichnen

Ebene	Wanddicke (mm)								Durchmesser (mm)		Umfang (mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	c-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:
--------	-------------	------	------------

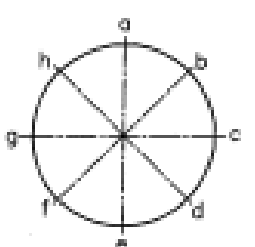
34 Anlage 13: Istmaßprotokoll – Rohrbogen $\geq 60^\circ$

Istmaßprotokoll	Rohrbogen $\geq 60^\circ$	Blatt : Seite :									
Kom.-Nr.:		Anlage :									
Pos.-Nr.:		Rohr Nr.:									
Abmessung :		Werkstoff:									
System:											
<p style="text-align: center;">Ansicht y</p>  <p style="margin-top: 10px;">R = _____ $\alpha \approx 222,5^\circ$ $\beta =$ _____</p>											
	Wanddicke (mm)	Durchmesser (mm)	Umfang (mm)								
Ebene	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	a-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:								

35 Anlage 14: Istmaßprotokoll – Rohrbogen $\leq 60^\circ$

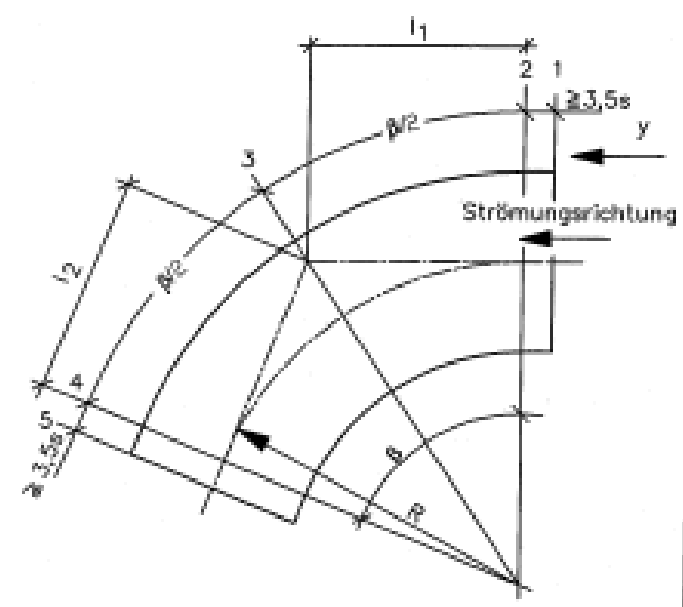
Istmaßprotokoll	Rohrbogen $\leq 60^\circ$	Blatt : Seite :
Kom.-Nr.:		Anlage :
Pos.-Nr.:		Rohr Nr.:
Abmessung :		Werkstoff:
System:		

Ansicht y



R = _____

β = _____



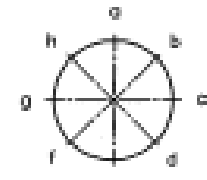
Ebene	Wanddicke (mm)								Durchmesser (mm)		Umfang (mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	c-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:
--------	-------------	------	------------

36 Anlage 15: Istmaßprotokoll – Biegung > 60°

Istmaßprotokoll	Biegungen $\geq 60^\circ$	Blatt : Seite :
Kom.-Nr.:		Anlage :
Pos.-Nr.:		Rohr Nr.:
Abmessung :		Werkstoff:
System:		

Ansicht y

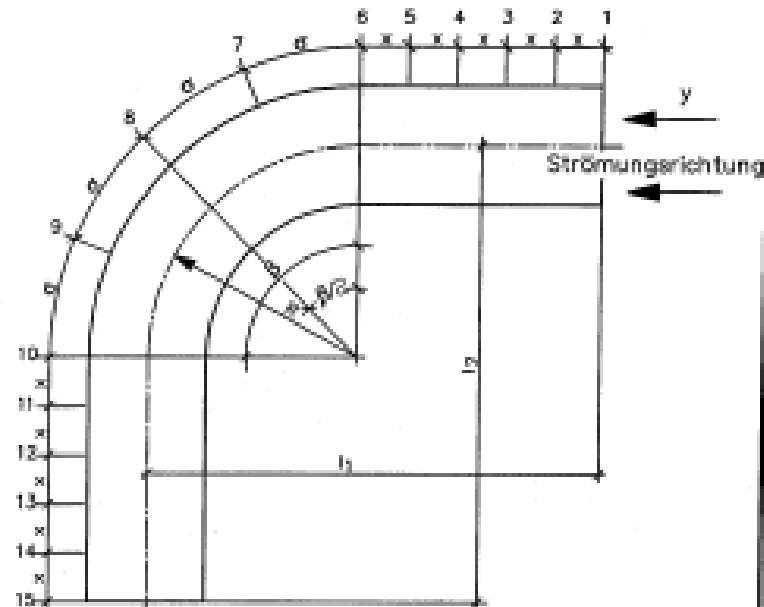


R = _____

$\alpha \geq 22,5^\circ$

$\beta =$ _____

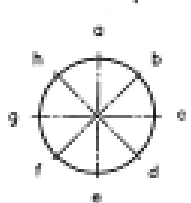
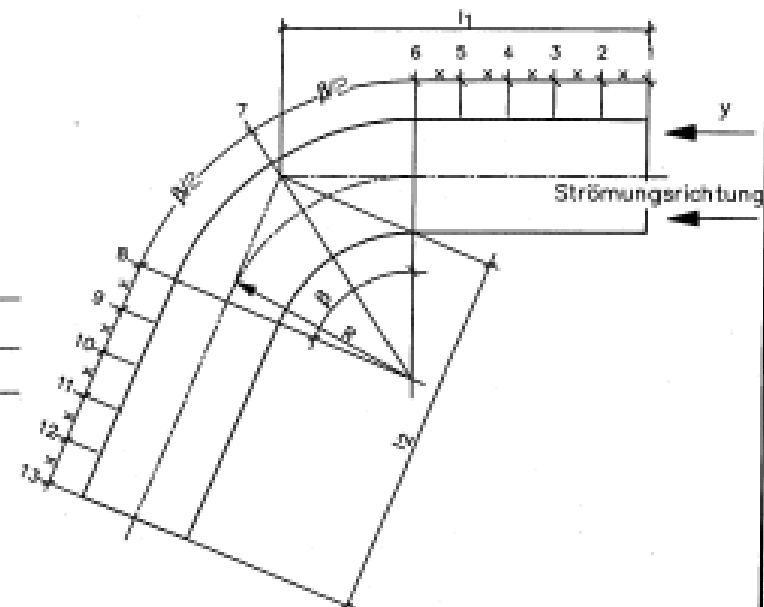
$x \geq 100 \text{ mm}$



Ebene	Wanddicke (mm)								Durchmesser (mm)		Umfang (mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	c-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:
--------	-------------	------	------------

37 Anlage 16: Istmaßprotokoll – Biegung $\leq 60^\circ$

Istmaßprotokoll	Biegungen $\leq 60^\circ$	Blatt : Seite :	
Kom.-Nr.: _____		Anlage : _____	
Pos.-Nr.: _____		Rohr Nr.: _____	
Abmessung : _____		Werkstoff: _____	
System: _____			
<p style="text-align: center;">Ansicht y</p>  <p>R = _____</p> <p>β = _____</p> <p>x ≥ 100 mm</p>			
	Wanddicke (mm)	Durchmesser (mm)	Umfang (mm)
Ebene	a b c d e f g h	a-e c-g	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:

38 Anlage 17: Istmaßprotokoll – T-Formstück

Istmaßprotokoll	T-Formstück	Blatt : Seite :
Kom.-Nr.: _____		Anlage : _____
Pos.-Nr.: _____		Rohr Nr.: _____
Abmessung : _____		Werkstoff: _____
System: _____		

Ansicht y
gilt analog für
die Ebenen

Maße (mm)

L =	_____
L1 =	_____
L2 =	_____
L3 =	_____
A1 =	_____
B1 =	_____
C1 =	_____
D1 =	_____
E1 =	_____
A2 =	_____
B2 =	_____
C2 =	_____
D2 =	_____
E2 =	_____
A3 =	_____
B3 =	_____
C3 =	_____

Punkt 2a durch zwei Kugelkörper kennzeichnen

Ebene	Wanddicke (mm)								Durchmesser (mm)		Umfang (mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	c-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Datum:	Hersteller:	TÜO:	Bemerkung:
--------	-------------	------	------------

40 Anlage 19: Istmaßprotokoll – Kugel-Formstück

Istmaßprotokoll	Kugel-Formstück	Blatt : Seite :
Kom.-Nr.:		Anlage :
Pos.-Nr.:		Rohr Nr.:
Abmessung :		Werkstoff:
System:		

Ansicht y gilt analog für alle Ebenen

Maße (mm)

L ₁ =
A ₁ =
B ₁ =
C ₁ =
D ₁ =
L ₂ =
A ₂ =
B ₂ =
C ₂ =
D ₂ =
L ₃ =
A ₃ =
B ₃ =
C ₃ =
D ₃ =
S =

Ebene	Wanddicke (mm)								Durchmesser (mm)		Umfang (mm)
	a	b	c	d	e	f	g	h	a-e	c-g	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Datum:	Hersteller:	TÜD:	Bemerkung:
--------	-------------	------	------------

42 Anlage 21 Prüfprotokoll/Innendruckprüfung

über die Innendruckprüfung einer Druckrohrleitung für _____

Anlage: _____

1. Besteller: _____

2. Bezeichnung der Leitung: _____

3. Bezeichnung des Leitungsabschnittes: _____

4. Angaben über den Leitungsabschnitt: _____

4.1 Länge: _____

4.2 Nennweite: _____

4.3 Zulässiger Betriebsüberdruck: _____

4.4 Rohrart: _____

4.5 Rohrwerkstoff: _____

4.6 Abmessungen: _____

4.7 Isolierung: _____

4.8 Prüfgrundlagen: _____

5. Angaben über die Verlegearbeiten: _____

5.1 Ausführende Firma: _____

5.2 Prüfung durch: _____

5.3 Auswertung durch: _____

5.4 Die Verlegearbeiten wurden von: _____

überwacht.

6. Durchführung der Prüfung:

Prüfung	Zeit		Temperatur		Druck bar
	Tag	Uhrzeit	Luft / °C (Umgebung)	Wasser / °C	
Prüfbeginn:					
Prüfende:					
Prüfdauer			Prüfmedium:		

Bemerkungen: _____

Ergebnis: _____

Ort

Datum

Besteller

TÜV

Herausgeber:
vgbe energy e. V.
Deilbachtal 173
45257 Essen
Deutschland

Verlag:
vgbe energy service GmbH
Deilbachtal 173
45257 Essen
Deutschland

t +49 201 8128-0
e sales-media@vgbe.energy

be informed

www.vgbe.energy
www.vgbe.services

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

ISBN 978-3-96284-413-4 (Print, Deutsch)
ISBN 978-3-96284-414-1 (E-Book, Deutsch)